

BI  **ICT**

IT'16
ŽABLJAK

XXI

međunarodni naučno - stručni skup

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'16

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -

Urednik
Božo Krstajić

*Zbornik radova sa XXI međunarodnog naučno - stručnog skupa
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održanog na Žabljaku od 29. februara do 05. marta 2016. godine*

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2016

Glavni urednik
Prof. dr Božo Krstajić

Izdavač
Univerzitet Crne Gore
Elektrotehnički fakultet
Džordža Vašingtona bb., Podgorica
www.etf.ucg.ac.me

Tehnička obrada
Aleksandra Radulović
Centar informacionog sistema
Univerziteta Crne Gore

Tiraž
150

Podgorica 2016.

Sva prava zadržava izdavač i autori

Organizator

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Suorganizatori:

BIO-ICT Centar izvrsnosti

Skup su podržali:

Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije

Ministarstvo nauke

Programski odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ljubiša Stanković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, Podgorica, MNE
Dr Branko Kovačević, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, BIH
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Zoran Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Despina Anastasiadou, Research & Development Innovation Academy, Solun, GRC
Dr Dejan Popović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Le Xie, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, Radoviš, MKD
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Alex Sprintson, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Nikša Tadić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za Informacione Tehnologije, Podgorica, MNE
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica, MNE

Organizacioni odbor

Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Saša Mujović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Vladan Tabaš, dipl.ing., Čikom, Podgorica, MNE

Sekretarijat

Aleksandra Radulović, CIS Univerzitet Crne Gore, MNE

P R E D G O V O R

Poštovani učesnici i čitaoci,

Čitate XXI zbornik radova Međunarodnog naučno-stručnog skupa "INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost" (IT'16) koji je uspješno održan od 29. februara do 05. marta 2016. godine na Žabljaku. Programski odbor je izvršio selekciju kvalitetnih radova koji su prezentovani i publikovani ovdje, a najbolji (prema ocjenama recenzenata) će biti prošireni i objavljeni u časopisu Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore ("ETF Journal of Electrical Engineering").

Šta bih izvdjio kao karakteristiku ovogodišnjeg Skupa i samih radova koji su pred vama. Prije svega, tematsku obojenost konferencije i velikog broja autorskih radova bioinformatikom kao jednim od savremenih pravaca razvoja ICT-a i nauke uopšte. Ovome je poseban doprinos dao prvi Centar izvrsnosti u oblasti bioinformatike u Crnoj Gori koji je bio suorganizator ovogodišnje konferencije. Rezultati multidisciplinarnih istraživanja i prezentacija inovativnih rješenja BIO-ICT centra izvrsnosti, koja su rezultat saradnje i rada više naučno-istraživačkih institucija i partnera iz inostranstva, su pobudili najviše interesovanja i dali dodatni kvalitet Skupu.

I ove godine je nastavljeno tradicionalno učešće studenata na Skupu. Novi kvalitet je da su, pored studenata ETF-a, učestvovali u radu i studenti druga dva univerziteta - "Univerzitet Mediteran" i "Univerzitet Donja Gorica". Studentske aktivnosti su obilovale temama i gostima, a cilj studentske sekcije je bilo motivisanje studenata za uključivanjem u naučno-istraživački rad i predstavljanje dijela mogućnosti koje im se nude.

Na kraju, treba dodati, da je Durmitor i ove godine bio nestvarno topao prema učesnicima i u bukvalnom i u prenosnom značenju. Snijega je bilo taman za slikanje, temperature su bile proljećne i ugodne za šetnju, a gostoprimstvo i druženje u skladu sa vremenom.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na web adresi konferencije www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

Mirjana Kranjac (<i>Rad po pozivu</i>) STRATEŠKI RAZVOJ NA PRINCIPIMA PAMETNE SPECIJALIZACIJE, PRIMER VOJVODINE STRATEGIC DEVELOPMENT BASED ON PRINIPLS OF SMART SPECIALIZATION, CASE OF VOJVODINA.....	1
Jelena Ljucović, Tripo Matijević, Snežana Šćepanović, Ranka Stanković, Ivan Obradović REALIZACIJA PLATFORME ZA POVEZIVANJE AKADEMSKOG I PRIVREDNOG SEKTORA PRIMJENOM OTVORENIH OBRAZOVNIH RESURSA REALIZATION OF PLATFORM FOR BLENDING ACADEMIC AND ENTREPRENEURIAL SECTOR BY USING OPEN EDUCATIONAL RESOURCES	6
Snežana Šćepanović, Ivan Mraković PRIMJENA AMOS EMS APLIKATIVNOG SOFTVERA U PROCESU UPRAVLJANJA SOFTVERSKIM ZAHTJEVIMA USAGE OF AMOS EMS APPLICATION SOFTWARE IN PROCESS OF SOFTWARE REQUIREMENTS MANAGEMENT	10
Jelena Šuh, Jelena Petrović PRIMENA KONCEPTA BLENDED UČENJA U KORPORATIVNOM OKRUŽENJU TELEKOMUNIKACIONE KOMPANIJE IMPLEMENTATION OF THE BLENDED LEARNING CONCEPT IN A CORPORATE ENVIRONMENT OF TELECOMMUNICATION COMPANY	14
Mladen Bukilić, Tripo Matijević SKENIRANJE RANJIVOSTI INFORMACIONOG SISTEMA KORIŠĆENJEM OPEN SOURCE ALATA VULNERABILITY SCANNING OF INFORMATION SYSTEM USING OPEN SOURCE TOOLS.....	18
Hristina Bojović, Bratislav Bojović, Risto Bojović ZNAČAJ IT ZA IZOLOVANE ZAJEDNICE IMPORTANCE OF IT FOR ISOLATED COMMUNITIES	22
Gordana Laštovička-Medin STEAM PEDAGOGY & ICT ENHANCED LEARNING: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE AND PARALLAX'S FORUMS AS WEB-ENABLED MENTORS STEAM PEDAGOGIJA & UNAPRIJEDJENO UČENJE ICT TEHNOLOGIJOM: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE I PARALLAX FORUMI KAO WEB MENTORI.....	26
Gordana Laštovička-Medin LEARNING COREOGRAPHY AS INTERPLAY OF SCIENTIFIC AND AESTHETIC DIMENSION OF KNOWING: CRAFTING KNOWLEDGE WITH CONDUCTIVE PAINT AND MICROCONTROLLERS KOREOGRAFIJA UČENJA KAO INTERPLEJ NAUČNE I ESTETSKE DIMENZIJE SAZNAVANJA: KRAFTING ZNANJA POMOCU PROVODNE BOJE I MIKROKONTROLORA	30

Gordana Laštovička-Medin EMERGING INTERFACES FOR CONCEPTUAL CHANGE: CO-DESIGNING MODEL OF COPERATION OF LEARNER, ARTIFACT – LEGO NXT AND REMOTE LAB EMERGING INTERFEJSI ZA KONCEPTUALNE PROMJENE: KODIZAJNIRANI MODEL KOOPERACIJE UČENIKA, ARTIFACTA – LEGO NXT I UDALJENE LABORATORIJE	34
Vasilija Šarac, Sašo Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Čingoski PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U SIMULACIJI ENERGETSKIH PRETVARAČA APPLICATION OF SOFTWARE PSIM IN SIMULATION OF POWER CONVERTERS	38
Sanja Bauk IoT PRIMJENE I NJIHOV UTICAJU NA DIGITALNU PODJELU IoT's APPLICATIONS AND THEIR IMPACT ON DIGITAL DIVIDE	42
Aleksandar Ristić, Sandra Ristić ŠKOLSKI I POSLIJEŠKOLSKI PROGRAMI – INFORMACIONO DRUŠTVO REPUBLIKE SRPSKE SCHOOL AND AFTERSCHOOL PROGRAMS – IT SOCIETY OF REPUBLIC OF SRPSKA	46
Maja Kukusheva Paneva, Biljana Chitkusheva Dimitrovska, Goce Stefanov, Vasilija Šarac PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U PROUČAVANJA DIODNOG ISPRAVLJAČA PSIM AS EDUCATIONAL TOOL FOR TEACHING DIODE RECTIFIER	50
Marko Bošković UMREŽENI UPRAVLJAČKI SISTEMI NETWORKED CONTROL SYSTEMS.....	53
Tomislav B. Šekara, Marko Bošković, Milovan Radulović, Boško Cvetković NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PIDC REGULATORA POD OGRANIČENJIMA NA PRETEK FAZE I OSJETLJIVOST NA MJERNI ŠUM A NOVEL METHOD FOR OPTIMIZATION OF PIDC REGULATORS UNDER CONSTRAINTS ON PHASE MARGIN AND SENSITIVITY TO MEASUREMENT NOISE	57
Marko Bursać, Goran Tričković, Radislav Vulović PROJEKTOVANJE INFORMACIONOG SISTEMA ZA AUTOMATIZACIJU POSLOVNIH PROCESA RADIO LOKOMOTIVSKIH UREĐAJA DESIGN INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATION BUSINESS PROCESSES OF RADIO LOCOMOTIVE DEVICES	61
Bojan Ćuković, Saša Mujović NEOVLAŠĆENO KORIŠĆENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U USLOVIMA PRIMJENE BROJILA NA DALJINSKO OČITAVANJE UNAUTHORIZED USE OF ELECTRICITY IN TERMS OF APPLICATION OF SMART METERS	65
Boško Cvetković, Mihailo Lazarević, Taško Maneski, Petar Mandić, Budimir Lutovac, Tomislav B. Šekara AKVIZICIJA PODATAKA KORIŠĆENJEM RAZVOJNE PLOČE RASPBERRY PI MODEL B DATA ACQUISITION USING SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI MODEL B	69
Duško Parezanović, Dragan Vidaković PRAKSA RSA ŠIFROVANJA THE PRACTICE OF RSA ENCRYPTION	73

Žarko Zečević, Tomo Popović, Zdravko Uskoković, Božo Krstajić ALGORITAM ZA ESTIMACIJU SINHROFAZORA I FREKVENCIJE SYNCHROPHASOR AND FREQUENCY ESTIMATION ALGORITHM.....	77
Aleksandar Sošić MACHINE-TO-MACHINE KOMUNIKACIJA U LTE-ADVANCED MREŽAMA MACHINE-TO-MACHINE COMMUNICATIONS IN LTE-ADVANCED NETWORKS.....	81
Alija Dervić, Nikša Tadić, Milena Erceg KONTROLABILNI STRUJNI POJAČAVAČ U CMOS TEHNOLOGIJI OPTIMIZOVAN ZA PRIMJENE U OPTO-ELEKTRONSKIM INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIM TEHNOLOGIJAMA CMOS CONTROLLABLE CURRENT AMPLIFIER OPTIMIZED FOR OPTO-ELECTRONIC INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES.....	85
Milan Mišić, Bojan Prlinčević, Stefan Panić, Petar Spalević, Bojana Milosavljević ZAVISNOST PERFORMANSI PRENOSA SLIKE POŽARA KROZ RICIJAN FSO KANAL OD INDEKSA SCINCILACIJE DEPENDENSE OF PERFORMANCE FSO TRANSMISSION ON IMAGE FIRE DETECTION OVER RICEAN TURBULENCE CHANNELS OF ON SCINCILACION INDEX.....	89
Aleksandar Dedić, Budimir Lutova JEDAN PRIMJER HARDVERSKO REALIZACIJE FIR FILTRA KORIŠĆENJEM MIKROKONTROLERA AN EXAMPLE OF HARDWARE INPLEMENTATION OF A FIR FILTER USING A MICROCONTROLLER	93
Aleksandar Milenković, Dragan Janković, Miloš Marjanović, Petar Rajković PREDLOG HARDVERSKO-SOFTVERSKOG MODULA ZA EVIDENTIRANJE DOLASKA PACIJENATA U ČEKAONICI IZABRANOG LEKARA UPOTREBOM RFID TEHNOLOGIJE PROPOSAL FOR HARDWARE-SOFTWARE MODULE FOR RECORDING ARRIVAL OF PATIENTS IN THE WAITING ROOM OF THE CHOSEN DOCTOR BY USING RFID TECHNOLOGY	97
Violeta Stojanović, Dijana Kostić, Zoran Milivojević, Zoran Veličković OCENA SUBJEKTIVNE RAZUMLJIVOSTI CVC LOGATOMA U AMBIJENTU PRAVOSLAVNE CRKVE ASSESSMENT OF THE SUBJECTIVE INTELLIGIBILITY OF CVC LOGATOMS IN THE ENVIRONMENT OF ORTHODOX CHURCH	101
Zoran Veličković, Zoran Milivojević, Miloško Jevtović UTICAJ PREDIKCIONIH STRUKTURA H.264 KODERA NA KVALITET EKSTRAHOVANOG VODENOG ŽIGA IZ HAOS DOMENA THE EFFECT OF PREDICTION STRUCTURES H.264 ENCODER TO QUALITY OF EXTRACTED WATERMARK FROM THE CHAOS DOMAIN.....	105
Nataša Savić, Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, Darko Brodić OPTIMIZACIJA PARAMETRA GREVILLE-OVOG INTERPOLACIONOG JEZGRA U SPEKTRALNOM DOMENU OPTIMIZATION OF THE PARAMETER OF GREVILLE INTERPOLATION KERNEL IN THE SPECTRAL DOMAIN	109

Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, Marina Milivojević PERCEPTUALNA EFIKASNOST DISPLEJA MOBILNIH TELEFONA SONY XPERIA THE PERCEPTUAL EFFICIENCY OF THE DISPLAY OF SONY XPERIA MOBILE.....	113
Tomo Popović, Milutin Radonjić, Žarko Zečević, Božo Krstajić JEDNO IOT CLOUD RJEŠENJE NA BAZI OPEN SOURCE ALATA AN IOT CLOUD SOLUTION BASED ON OPEN SOURCE TOOLS	117
Ana Miletić, Aleksandra Radulović, Božo Krstajić “ZELENA” RAČUNARSKA UČIONICA THE GREEN COMPUTER ROOM.....	121
Nataša Popović, Tomo Popović FRAKTALNA ANALIZA DIGITALNIH SLIKA RETINE FRACTAL ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES OF RETINA	125
Jelena Končar, Sonja Leković ANALYSIS OF MAIN CONDITIONS FOR DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC COMMERCE IN THE REPUBLIC OF SERBIA ANALIZA OSNOVNIH USLOVA ZA RAZVOJA I PRIMENU ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI	129
Eleonora Milić, Milena Stanković KORIŠĆENJE WEB SOKETA ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA U REALNOM VREMENU NA WEB-U USING THE WEB SOCKETS FOR REAL TIME DATA COLLECTION ON THE WEB	133
Ana Miletić, Slavica Tomović, Igor Radusinović SOFTVERSKI DEFINISANA INFRASTRUKTURA ZA MOBILNI CLOUD A SOFTWARE DEFINED INFRASTRUCTURE FOR THE MOBILE CLOUD	137
Miloš Kosanović, Mirko Kosanović PRIMENLJIVOST RESTful WEB SERVISA U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA APPLICABILITY OF RESTful WEB SERVICES IN WIRELESS SENSOR NETWORKS	141
Katerina Cekova, Sašo Gelev BLUETOOTH UPRAVLJANJE MOBILNIM ROBOTOM CONTROLLING MOBILE ROBOT VIA BLUETOOTH	145
Jasna Cekova, Blagoj Delipetrev SISTEM ZA ZDRAVSTVENO PRAĆENJE KORIŠĆENJEM MOBILNIH TELEFONA I NOSIVIH UREĐAJA HEALTH MONITORING SYSTEM USING MOBILE PHONES AND WEARABLE DEVICES	149
Aleksa Srdanov, Dragan Milovanović DEKOMPOZICIJA ALGORITMA ZA REŠAVANJE SUDOKUA DECOMPOSITION OF SUDOKU ALGORITHM	153
Aleksa Srdanov, Nada Ratković Kovačević NEODLUČIVOST U PROBLEMIMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE UNDECIDABILITY IN PROBLEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	157

Radiša Stefanović, Aleksa Srdanov POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI ALGORITMA BEZ IZMENE KODA IMPROVING EFFICIENCY ALGORITHM WITHOUT CHANGES CODE.....	161
Petar Sekulić, Milija Bajčeta, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, Andrej Mihailović JEDAN PRISTUP OPTIMIZACIJI GRADSKOG SAOBRAĆAJA ONE APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF PUBLIC TRANSPORT.....	165
Petar Sekulić, Slobodan Đukanović, Igor Đurović PRIMJENA METODE VEKTORA NOSAČA U DETEKCIJI PLAMENJAČE VINOVE LOZE DETECTION OF DOWNY MILDEW IN GRAPEVINE LEAVES USING SUPPORT VECTOR MACHINE	169
Elma Hot, Vesna Popović-Bugarin ANALIZA FUZZY K-MEANS KLASERIZACIJE KORISTEĆI PEDOLOŠKU BAZU PODATAKA CRNE GORE ANALYSIS OF FUZZY K-MEANS CLUSTERING METHOD USING DATABASE OF SOIL SAMPLES SAMPLED IN MONTENEGRO	173
Nikola Bulatović, Trifun Savić, Nikola Žarić, Ana Pešić, Aleksandar Joksimović, Marko Nikolić MONITORING OF SEA WATER PARAMETERS – “SMART BUOY” SYSTEM DEVELOPMENT MONITORING PARAMETARA MORSKE VODE – RAZVOJ SISTEMA "PAMETNA BOVA"	177
Trifun Savić, Milutin Radonjić PREDLOG RJEŠENJA ZA DALJINSKU KONTROLU PUTEM INTERNET APLIKACIJE ONE SOLUTION FOR REMOTE CONTROL THROUGH INTERNET APPLICATION	181
Stefan Vujović, Miloš Brajović, Vesna Popović-Bugarin, Nedeljko Latinović, Jelena Latinović, Milija Bajčeta WEB SERVIS ZA MONITORING VINOGRADA I PREDVIĐANJE OBOLJENJA VINOVE LOZE A WEB SERVICE FOR GRAPEVINE MONITORING AND FORECASTING A DISEASE	185
Miloš Brajović, Stefan Vujović, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, Mirko Knežević, Ana Topalović BAZA PODATAKA ZA ANALIZU ZEMLJIŠTA I EKSPERTNI SISTEM ZA DAVANJE PREPORUKA ZA ĐUBRENJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA SOIL ANALYSIS DATABASE AND THE EXPERT SYSTEM FOR RECOMMENDATIONS OF FERTILIZATION IN AGRICULTURE.....	189
Vlatko Cingoski, Saso Gelev, Goce Stefanov, Vasilija Sarac INTEGRIRANE SOLARNE TERMoeLEKTRANE: SLUCAJ TE BITOLJ INTEGRATED SOLAR-THERMAL POWER PLANTS: TPP BITOLA CASE STUDY	193
Vladan Durković, Željko Đurišić IDEJNO REŠENJE I EKONOMSKA OPRAVDANOST IZGRADNJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KROVU LABORATORIJE TEHNIČKIH FAKULTETA U PODGORICI CONCEPTUAL DESIGN AND ECONOMIC FEASIBILITY OF BUILDING ROOF TOP PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE LABORATORY OF TECHNICAL FACULTY IN PODGORICA	197

Biljana Petrevska, Vlatko Cingoski, Saso Gelev OD PAMETNIH SOBA DO PAMETNIH HOTELA FROM SMART ROOMS TO SMART HOTELS	201
Nebojša Delibašić, Novak Jauković, Milovan Radulović KOMUNIKACIONI PROTOKOLI U INTELIGENTNIM OBJEKTIMA COMMUNICATION PROTOCOLS IN INTELLIGENT BUILDINGS	205
Ana Grbović CFC U STEP7 OKRUŽENJU - INTERKONEKCIJA I PARAMETRIZACIJA UMJESTO PROGRAMIRANJA CFC IN THE STEP 7 ENVIRONMENT - INTERCONNECTION AND PARAMETERIZATION INSTEAD OF PROGRAMMING	209
Kenan Duraković, Ramo Šendelj ANALIZA SAJBER INCIDENATA U CRNOJ GORI ANALYSIS OF CYBER SECURITY INCIDENTS IN MONTENEGRO.....	213
Saso Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Cingoski, Vasilija Šarac DETEKCIJA I IZOLACIJA NEISPRAVNOSTI U SISTEMIMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA SYSTEMS FOR DETECTION AND IDENTIFICATION OF AUTOMATION SYSTEM FALURES	217
Tijana Radulović, Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić HAOS U MIKROTALASNOM KOLPICOVOM OSCILATORU CHAOS IN MICROWAVE COLPITTS OSCILLATOR	221
Marko Babić, Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić HAOTIČNA DINAMIKA U VIBRACIJAMA NA HELIKOPTERU CHAOTIC DYNAMICS IN HELICOPTERS VIBRATIONS	225
Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić, Dragan Filipović IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKOG PAKETA AWR ZA PROJEKTOVANJE MIKROTALASNIH FILTARA IMPLEMENTATION OF AWR FOR MICROWAVE FILTER DESIGN	229
Luka Lazović, Žarko Zečević, Vesna Rubežić, Ana Jovanović PREDLOG ALGORITMA ZA ADAPTIVNI BEAMFORMING A NEW ALGORITHM FOR ADAPTIVE BEAMFORMING	233
Arsenije Maliković, Milica Ljumović, Dragan Filipović IMPLEMENTACIJA WIPL-D SOFTVERSKOG PAKETA U PROJEKTOVANJE MULTISEKCIONOG ČEBIŠLJEVLJEVOG TRANSFORMATORA IMPLEMENTATION OF WIPL-D SOFTWARE PACKAGE IN CHEBYSHEV MULTISECTION MATCHING TRANSFORMER DESIGN	237
Jelena Šoškić, Budimir Lutovac, Dragan Filipović ANALIZA PATCH ANTENE NA OSNOVU REZONATORSKOG MODELA PATCH ANTENNA ANALYSIS BASED ON CAVITY MODEL	241

STRATEŠKI RAZVOJ NA PRINCIPIMA PAMETNE SPECIJALIZACIJE, PRIMER VOJVODINE

STRATEGIC DEVELOPMENT BASED ON PRINIPLS OF SMART SPECIALIZATION, CASE OF VOJVODINA

Mirjana Kranjac, *Univerzitet Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad; Pokrajinski sekretarijat za privredu, zapošljavanje i ravnopravnost polova, Novi Sad*

Sadržaj: *Strategija smart specijalizacije RIS3 je dokument koji opredeljuje strateški pravac razvoja regije u oblasti istraživanja i inovacija kako bi se ograničeni resursi država i regija za aktivnosti u ovoj oblasti razumno koRIStili u skladu sa specifičnostima i potencijalima određene zemlje ili regije. Smart specijalizacija ipak podrazumeva i integRISanje resursa država i regiona u transnacionalnu mrežu koja treba da ojača konkurentnost Evropske unije i spreči fragmentisanje u ovoj oblasti i pojavu sebičnog regionalog interesa na štetu internacionalnog, evropskog interesa.*

Abstract: *Strategy for smart specialization RIS3 is a document that defines the strategic development direction of a region in the area of research and innovation that limited resources of the countries and regions for activities in this area have to be used reasonably in accordance with the specificity and potentials of specific countries or regions. Smart specialization still involves integration of the resources within the countries and regions in the transnational network which should strengthen competitiveness of the European Union and prevent fragmentation in this field and occurrence of regional selfish interests at the expense of international, European interest.*

1. INTRODUCTION

Program for smart specialization in research and innovation of the Autinonomous Province of Vojvodina for the period 2014-2020 is elaborated within the framework of the Pre-accession program for cross-border cooperation Hungary-Serbia IPA CBC Hu-Srb. In this project participated two partners, from Hungary: Regional Innovation Agency of South Great Plain of Szeged and partner from Serbia: Information Centre for Business Standardization and Certification, BSC Center, Novi Sad. The project is of great importance for the process of Serbia's accession to the European Union. It was elaborated for the necessity of strategic planning in the field of innovation in both regions and cooperation with neighboring regions to the alignment and optimal use of resources. In the course of the project partner from Hungary shared his knowledge of European methodology for the preparation of the Strategy for smart specialization and thus enable Vojvodina to make Strategy and thereby becomes the only region outside the European Union, which has its own program of smart specialization, at that moment. The document is called Program, not the Strategy because Vojvodina province has no jurisdiction to make a strategic document, but only programs. In the course of making the program a survey was conducted which was attended by about 2000 stakeholders from Vojvodina. With the support of the European Union a workshop was organized in April 2014 in Novi Sad where together with guests from EU countries the smart specialization program was discussed.

The team who made the Strategy of Vojvodina is available to support Montenegro on its way to become a

smart specialized EU region by defining its Smart specialization strategy that needs to be continuously implemented and innovated and that will be a base for further application of EU funds in the field of research, development and innovation.

2. LITERATURE REVIEW

Smart specialization (Research and Innovation Strategy for Smart Specialisation - RIS3) is a strategic approach to the economic development of a country or region through targeted support of research and innovation [1]. For smart specialization is necessary a good vision of the development of the region or nation, identifying areas with the greatest strategic potential, developing management systems based on the participation of multiple stakeholders, appointing strategic priorities and the use of smart policies to maximize the development potential based on knowledge.

The origin of the concept comes from many sources. Partly has been downloaded by Dominica Foray and Knowledge for Growth expert group within the European Research Area (the European Authority on Development - ERA). The aforementioned group of experts investigated why Europe lags behind the USA in competition with an emphasis on differences in research and development, R & D capacity and distribution of new technologies. The group identified that is the area of research in Europe too fragmented and lacks coordination of investment in research and innovation (R & I) by the parties concerned, ie. that there is no critical mass among stakeholders. It was noted that there

exists syndrome "just me" and investment into similar areas, like: modern information and communication technologies (ICT), nano- and bio-technology [2].

Their recommendation is to support structural change and enable development of new sectors and industries by investing in R & I in the areas that contain strategic potential in each of the European regions accepting that regions differ in strength and potential [3], [4].

Strategies for research and development must therefore be different for different regions, taking into account the specificities of the region, for example, in some regions it is more logical to invest in basic research for new technologies, and in other in applied sciences, which are practically oriented. In addition, the regions must be able to see their strategies with eyes of others, to identify niches for themselves and to align their policies with policies of other regions [5].

Cohesion Policy of the European Commission aims to reduce disparities between regions of Europe and to ensure the development throughout Europe. The Structural Funds are the main tool to implement this policy and within that process is introduced Smart specialization [6], [7].

In the budget period 2007-2013, an average of Cohesion Fund investment in R & I in Europe amounted to 25%. In the current programming period from 2014 to 2020, in the developed countries and countries in transition to 80% of investment should to be channeled into energy efficiency, renewable energy, competitiveness of SMEs and R & I. In less developed regions, the goal is 50%. In order to obtain funds from the EU (ERDF) must be developed strategy for smart specialization (RIS3).

Ideas on Smart specialization in line with the strategy and the EU 2020 Strategy should be the response to the current economic crisis. So she identifies niches for competitive advantage, solve major social problems (supply-demand), the real innovation partnerships with a focus on greater cooperation between different social stakeholders and compensates for public or private resources and strategy. Smart specialization has the task, and that EU R & D investments were mostly in the northern countries transposed the southern regions in order to strengthen those, find your strength, develop innovative potential and benefit from dedicated funds [8].

The concept of Smart specialization is based on the accumulated knowledge gleaned while working on the Regional Innovation Strategies Regional Innovation Strategies (RIS and RITTS). This is a successful concept, except that it was noticed that many of the regions used external experts for the development of strategies, rather than regional interest groups, which led to problems. Also, in the first group strategy, lacking the participation of entrepreneurs, and less is used methodology of bottom-up (bottom-up), a more regional approach. He was too great a focus on technology and R & D, leading to not recognize other areas of

innovation, such as service innovation and the need for greater integration policy [9], [10].

In short, smart specialization aims to identify and select a limited number of priority areas for investments based on knowledge, with a focus on their own strengths and comparative advantages. Refers to the specialization of the region in research and innovation and can be national or regional [11].

The objective of smart specialization is that limited natural and human resources in the territory of the European Union are used rationally. This means, you do not need all of the region to carry out research and innovation activities in all areas but should focus on those sectors where they can achieve the best results that will be used by other regions and the whole European Union.

In the process of creating and implementing RIS3 must involve all stakeholders involved in the innovation process:

SMEs, large companies, universities, research institutions, consulting companies ...

In addition, RIS3 focuses on strategic cross-border and transregional networking and cooperation in order to increase the critical resources and diversity.

3. THE DEVELOPMENT OF RIS3 FOR VOJVODINA REGION

The goal of the RIS3 is to:

promote innovation as a "core" principle of knowledge societies

implement innovation as the basis for encouraging the economic competitiveness of AP Vojvodina, by the introduction of communication and integration platform, innovation of public administration (presentation of transnational and cross-border innovation policy).

identify key innovation sectors and activities

establish a sustainable system of monitoring and correction which is characteristic of AP Vojvodina.

include AP Vojvodina in transnational innovation system and processes.

Program of smart specialization for AP Vojvodina recognizes the specificity and advantages of Vojvodina, namely:

- geographical position,
- clima,,
- human Resources,
- culture and traditions.

These characteristics determine the position of Vojvodina in the field of research and development.

At one moment, Vojvodina was the only region outside the EU region that had RIS3 and which was included in the S3 platform of the EU, as shown in Figure 1.

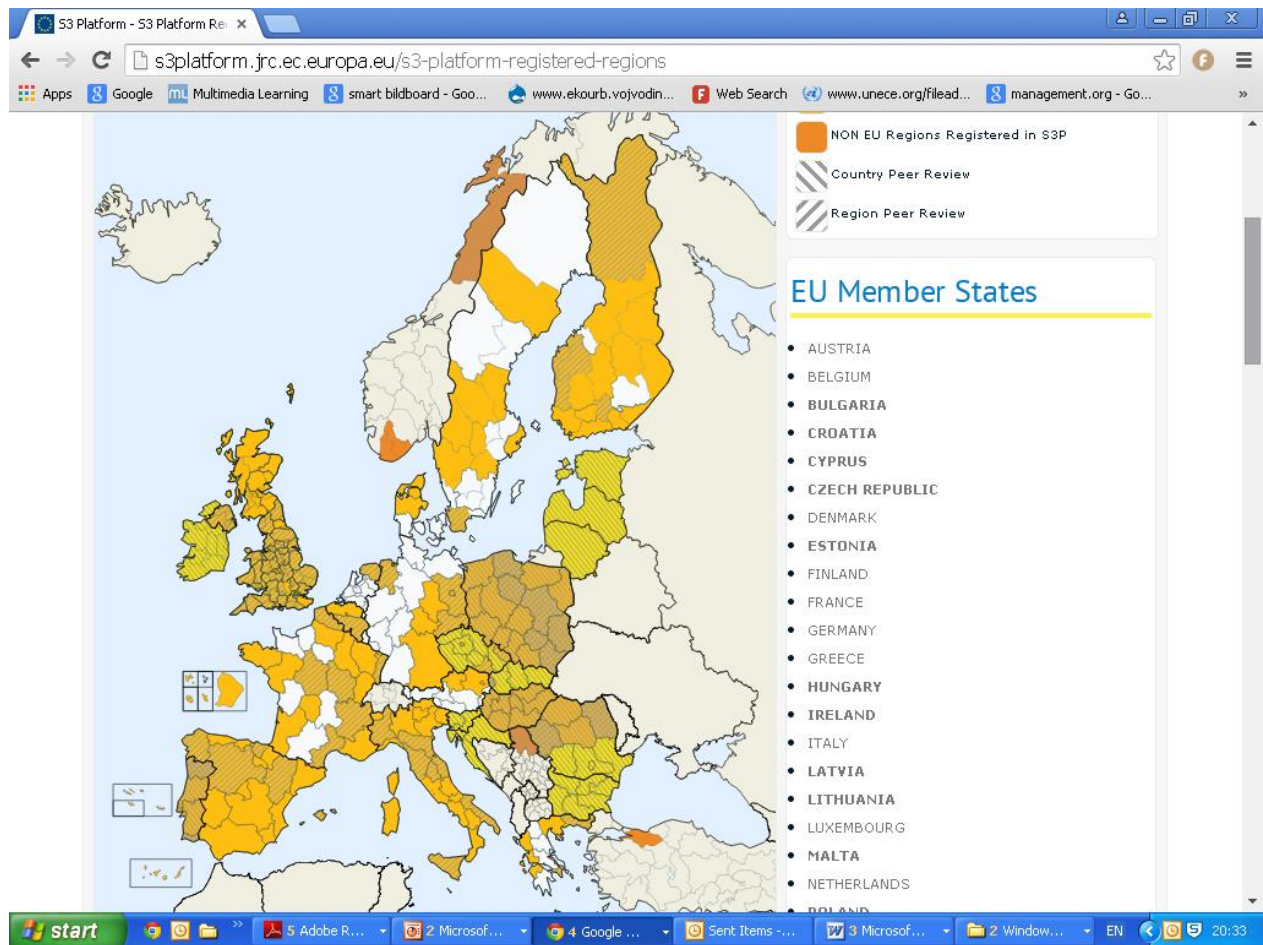


Figure 1. Presentation of the Vojvodina region included in the S3 platform

Future Vision of AP Vojvodina in the RIS3:

Vojvodina is establishing and developing a sustainable innovation system that takes into account its specific features that will make it recognizable European region linked to the European innovation processes.

RIS3 defines:

- Innovation principles of decision-making at the strategic level
- Key sectors with the potential of smart specialization at the regional level
- Processes for achieving goals
- Processes for monitoring, evaluation and correction of innovation process.

EU methodology which was base for the elaboration of RIS3 is: Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd edition, OECD, Paris.

Public discussion was conducted on Peer review workshop in April 2014 in Novi Sad. It was organized together with the Joint Research Centre of the European Union (JRC), which is responsible for creating regional smart specialization strategies.

The structure of the RIS3 consists of the following units:

- Innovation process in Serbia - current state

- International "benchmarking" activity
- Collection of secondary data: literature and statistics
- Primary data collection: questionnaires
- Stakeholder Analysis
- Conclusions: Strategic framework and priorities.

The survey was conducted over the 3 groups of organizations (1292 questionnaires were sent). Research subjects (Figure 2) were divided into three groups:

- Economic organizations: large companies, medium, small and micro enterprises and entrepreneurs
- Scientific-research organizations: universities, colleges and institutions
- Organizations to connect ("bridging organizations"): the provincial administration, local governments, consulting organizations, chambers of commerce, professional associations.

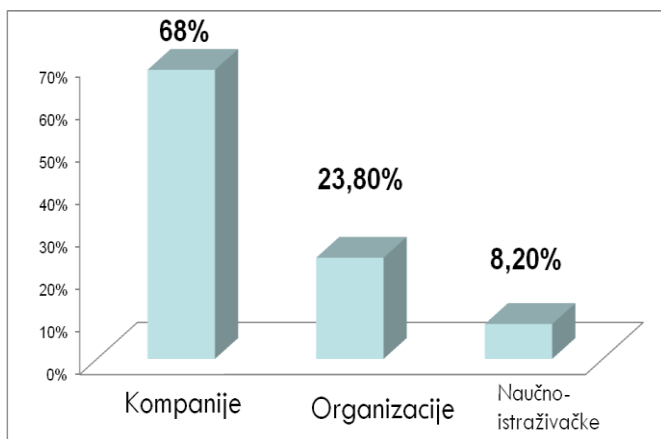


Figure 2. Structure of respondents

Group of questions that analyzed with all the stakeholders are:

- Basic information on the organization
- Sources of innovation
- Barriers to innovation
- Financial resources for innovation
- Cooperation in the field of innovation
- Deciding on innovation.

At the regional level, the following sectors with potential for smart specialization have been identified:

- Agricultural production and food industry
- Information and communication technology and professional electronics.

These sectors reflect the specificity of Vojvodina and are suitable to be "brands" to attract investment and attention of the EU and the world.

In addition, important sectors:

- Metal industry and
- Tourism.

The horizontal sectoral priorities are:

- Ecology and environmental protection
- Wastewater management
- Recycling
- Reducing greenhouse gas emissions
- Energetic efficiency
- Renewable energy
- Establishment of regional and local innovation centers.
- The development of innovation competencies for future generations.

Defined priorities are:

- The development of innovation competencies for future generations

- Establishment of cooperation between the economic and the educational system
- Technical support.

Within Priority 1: Developing innovation competencies for future generations.

Proposed measures:

Measure 1.1: Increase awareness of the importance of innovation in priority sectoral areas

Measure 1.2: Establishing cooperation between the economic and the educational system

Measure 1.3: Increased role of the creative sector in industrial production.

Within Priority 2: Support businesses to become and remain innovative in the Vojvodina region.

Proposed measures:

Measure 2.1: Support services to convert innovative ideas into business

Measure 2.2: Implementation of financial instruments to encourage the establishment and development of new innovative companies in the region.

Within Priority 3: Technical Assistance

Proposed measure:

Measure 3.1: Development RIS3 system implementation, monitoring and evaluation.

4. IMPLEMENTATION MONITORING SYSTEM OF RIS3

Monitoring the implementation of the program smart specialization RIS3 already carried out the Information Centre for Business Standardization and Certification - BSC center, which should have a leading role in the implementation of the tasks arising from RIS3, so it will turn into a center for standardization, certification and innovation.

Indicators of results: Will be identified and presented in the annual reports of the implementation period RIS3 for the period 2015-2020

Indicators of effects: From secondary sources and statistical data of the Republic Institute for Statistics.

Benchmarking indicators: comparison with results of other selected regions:

Best: Finland, Singapore, Israel

Similar: Hungary and Croatia

Target: Slovenia and Slovakia

Additional indicators: Use of complementary questionnaires for monitoring, with organizations that implement the relevant innovation projects.

Functional knowledge: PISA tests should be mandatory and permanent part of the education process.

5. ASSESSMENT WHEEL

Rating activities in preparing the document RIS3 was done by the use of Assessment wheel tool.



Figure 3 Assessment wheel

The weakest points in the process of RIS3 creation were: scenarios development, communication and wider participation of stakeholders.

The strongest is the broader view to innovation and investigation of previous priorities.

6. CONCLUSION

Program for smart specialization in research and innovation of the Autonomous Province of Vojvodina for the period 2015-2020. was adopted in May 2015 by the Assembly of AP Vojvodina.

For his successful implementation, it is necessary to perform the following steps:

- The Regional Innovation Centre leads operational activities of RIS3

Establishment of The Regional Council for smart specialization

Adoption of RIS3 Action Plan with monitoring and correction system

Establishment of monitoring and evaluation system with: Annual report and Innovation portal

Inclusion of Vojvodina in transnational innovation processes through the development of joint cross-border and transnational RIS3 programs within the EU.

RIS3 should be included in all future strategic documents of vojvodina.

It should be maintained the constant involvement and consensus of all interested in innovation processes.

Initiate the development of a national RIS3 and involve experts from Vojvodina in national team.

Develop a very important system for funding.

REFERENCES

- [1] Midtkandal, I., Sörvik, J., (2012) "What is smart specialization", *Back to Nordregio News, Issue 5, pp. 55-60*
- [2] http://ec.europa.eu/research/regions/index_en.cfm?pg=mart_specialisation&lg=en (pristupljeno 23.04.2015)
- [3] Foray, D., David, P., Hall, B., (2011) „Smart specialization From academic idea to political instrument, the surprising career of a concept and the difficulties involved in its implementation”, *Mtei-working_paper-2011-001*, Ecole polytechnic, Laussane
- [4] McCann, Ph., Ortega-Argilés, R., (2011) „Smart specialisation, regional growth and applications to EU cohesion policy“, *Document de treball de l'IEB 2011/14*, Institute di economia, Barcelona
- [5] Boschma, R.A., Minondo, A., and Navarro, M., (2012), "Related Variety and Regional Growth in Spain", *Papers in Regional Science*, Forthcoming
- [6] Dow, S.C., (1987); "The Treatment of Money in Regional Economics", *Journal of Regional Science*, 27.1, pp. 13-24
- [7] Soete, L., (2009), "Research without Frontiers", in Foray, D., (ed.), *The New Economics of Technology Policy*, Edward Elgar, Cheltenham
- [8] Carlino, G.A., Chatterjee, S., and Hunt, R.M., (2007), "Urban Density and the Rate of Invention", *Journal of Urban Economics*, 61.3, pp. 389-419
- [9] Boschma, R.A., Iammarino, S., (2009), "Related Variety, Trade Linkages and Regional Growth", *Economic Geography*, 85.3, pp. 289-311
- [10] Karlsson, C., Johansson, B., and Stough, R.R., (2010), *Entrepreneurship and Regional Development: Local Processes and Global Patterns*, Edward Elgar, Cheltenham
- [11] Kranjac, M., Sikimič, U., Vujaković, M. (2012), Cross-border innovation process within the EU economy, *SYMORG 2012 proceedings*, Jahorina, pp. 213-225

REALIZACIJA PLATFORME ZA POVEZIVANJE AKADEMSKOG I PRIVREDNOG SEKTORA PRIMJENOM OTVORENIH OBRAZOVNIH RESURSA REALIZATION OF PLATFORM FOR BLENDING ACADEMIC AND ENTREPRENEURIAL SECTOR BY USING OPEN EDUCATIONAL RESOURCES

Jelena Ljucović, Tripo Matijević, Snežana Šćepanović, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet „Mediterran“ Podgorica*

Ranka Stanković, Ivan Obradović, *Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu*

Sadržaj: *Mana tradicionalnog obrazovanja u današnjem vremenu je relativno spor odziv na brze promjene okruženja i isto tako brze promjene i inovacije koje nameće tržište rada. Ova činjenica je poslužila kao osnovna problematika BAEKTEL projekta, koji za cilj ima da bolje uveže akademsko obrazovanje i privredni sektor i da uspostavi trajnu i održivu saradnju između njih u pogledu razmjene znanja. U tom cilju je kreirana platforma za elektronsko učenje bazirana na otvorenim obrazovnim resursima. U ovom radu će biti predstavljena hardverska i softverska realizacija te platforme, kao i didaktički kriterijumi koji su ustanovljeni za kreiranje materijala i kurseva na njoj u cilju adekvatnog obezbjeđenja kvaliteta.*

Abstract: *The drawback of traditional education today is relatively slow response to quick changes in environment, as well as changes and innovations that are imposed by labor market. This fact served as the basic issue the BAEKTEL project was founded upon, having the goal to better link the academic education and the commercial sector, regarding knowledge exchange. To that goal the open educational resource based e-learning platform was created. In this paper authors will present hardware and software realization of that platform, as well as didactic criteria that were established for creating platform's materials and courses, for purpose of adequate quality ensurance.*

1. UVOD

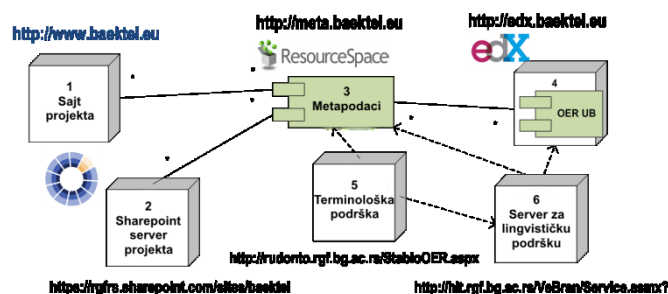
BAEKTEL (Blending Academic And Entrepreneurial Knowledge In Technology Enhanced Learning) [1] projekat, vođen od strane jedanaest univerziteta iz južne i jugoistočne Evrope, ima za cilj povezivanje akademskih znanja sa privrednim sektorom kroz upotrebu otvorenih obrazovnih resursa (OER) [2]. Naime, znanje koje nude klasični obrazovni programi često zaostaje za znanjem koje je dostupno i potrebno u velikim preduzećima. Trenutne informatičke tehnologije nude rješenje ovog problema kroz tehnološki poboljšano učenje koje se zasniva na upotrebi otvorenog obrasca putem nekog obrazovnog softvera, što omogućava brže usklađivanje i inoviranje nastavnih planova i materijala. Slični obrazovni sistemi glavni akcenat stavljaju na akademsko visokoškolsko obrazovanje, dok se BAEKTEL projektom pokušava postići korak dalje – sjedinjavanje preduzetničkih privrednih znanja i akademskih znanja spojenih u metodički oblikovane kurseve i OER materijale [3].

Bitan argument u korist upotrebe OER u odnosu na tradicionalne obrazovne resurse je što univerziteti ne zadržavaju znanja zaključana u okviru institucije, već ih čine dostupnim kolegama predavačima i istraživačima sa drugih institucija, a kod BAEKTEL projekta i privrednom sektoru. U ovom procesu privredni sektor ima dvojaku ulogu: kao potencijalnim korisnicima OER materijala omogućeno im je jednostavnije i ekonomičnije proširenje znanja, dok sa druge strane imaju direktan uticaj i mogućnost učestvovanja u kreiranju samih sadržaja.

U dosadašnjem razvoju BAEKTEL projekta glavne aktivnosti su bile usmjerene ka razvoju jedinstvenog

tehnološkog rješenja upotrebom softvera otvorenog koda što je rezultiralo kreiranjem višeslojne BAEKTEL platforme, koja je detaljnije predstavljena u poglavlju 2. Budući da se radi o međunarodnom projektu materijali na BAEKTEL platformi će biti veoma raznoliki i kreirani na različitim jezicima. Kako bi se omogućila što kvalitetnija pretraga, neophodno je sve materijale detaljno opisati metapodacima o čemu će biti riječi u 3. i 4. poglavlju. Drugi dio aktivnosti projekta se bazira na obezbjeđenju kvaliteta u procesu kreiranja OER materijala i na dalje preporuke u povezivanja privrednog sektora sa akademskim obrazovanjem, što je predstavljeno u poglavlju 5.

2. MREŽNA TOPOLOGIJA BAEKTEL PLATFORME

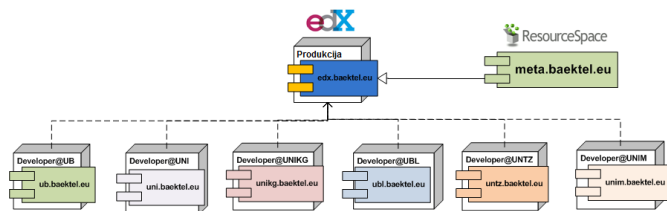


Slika 1. Logička topologija BAEKTEL platforme

Tehničko rješenje BAEKTEL platforme sastoji se od edX platforme za elektronsko učenje [4], Resource space softvera za upravljanje metapodacima [5], i pomoćnog softvera za terminološku i lingvističku podršku. Sistem je takođe povezan i sa web sajtom BAEKTEL projekta i serverom za grupnu

kolaboraciju. Logička topologija BAEKTEL platforme se može vidjeti na slici 1. [6]

Topologija BAEKTEL mreže, odnosno konceptualna mapa koja obuhvata grafički prikaz i informatički model svih segmenata BAEKTEL OER softverskog rješenja prikazana je na slici 2. [6]



Slika 2. Konceptualna mapa BAEKTEL mreže

BAEKTEL mreža povezuje centralni čvor sa lokalnim edX platformama, koje su pojedinačno implemetirane na svakom univerzitetu – partneru na projektu, i objedinjuje sve kurseve preko jedinstvene pretrage u okviru centralnog repozitorijuma.

Centralni repozitorijum čine:

- BAEKTEL portal sa metapodacima o publikovanom OER sadržaju na lokalnim edX platformama;
- Terminološka web aplikacija za rukovanje, prelistavanje i pretragu terminoloških resursa;
- Web servisi za lingvističku podršku (proširenje upita, pretragu informacija, indeksiranje OER, itd.);
- Anotacija izabranih resursa;
- OER repozitorijumi na lokalnim edX platformama.

Hardverska struktura produkcionog edX portala je sastavljena od sljedećih resursa:

- 2 Procesora Intel Xeon E5-2630v2;
- 64GB RAM memorije na frekvenciji 1866MHz;
- 4TB fizičkog prostora za skladištenje podataka.

EdX platforma je instalirana na operativnom sistemu Linux Ubuntu 14.04 LTS i trenutno broji preko dvadeset kurseva na platformi čiji se broj svakodnevno povećava.

Alati Google analytics se koriste za praćenje aktivnosti na kursovima, kao i za uvid u način korišćenja čvorova mreže i pojedinih web alata.

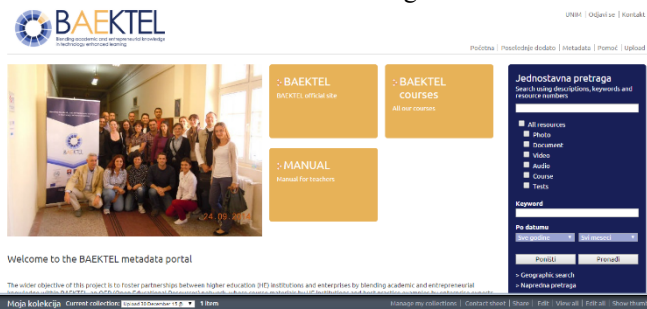
3. BAEKTEL PLATFORMA METAPODATAKA

BAEKTEL portal sa metapodacima (slika 3) je web aplikacija za rukovanje, prelistavanje i pretragu metapodataka o kreiranim OER sadržajima. Putem BAEKTEL mreže, portalom se omogućava sistematičan i strukturiran pristup OER resursima koji su postavljeni na lokalnim edX platformama. Naime, portal pomoću metapodataka omogućava efikasnu pretragu koja vodi do lokalnih edX čvorova na kojima se nalaze objavljeni OER sadržaji. Portal koristi i web servise za terminološku i lingvističku podršku imajući u vidu da objavljeni sadržaji mogu biti publikovani na različitim jezicima. Ovakav portal predstavlja centralni repozitorijum sa metapodacima za sve publikovane OER sadržaje u okviru BAEKTEL mreže.

Razvoj centralizovanog portala za metapodatke je zasnovan na postojećem softverskom rješenju otvorenog koda *ResourceSpace*, koje je publikovano pod BSD licencom [7]. Za njegov rad potreban je PHP, MySQL, i GD biblioteka (*Graphics Library*), a radi na većini web servera, između ostalog i na *Apache*-u.

Neke od prednosti korišćenja *ResourceSpace*-a su [8]:

- Inteligentna pretraga – resursi se rangiraju prema svakoj ključnoj riječi korišćenoj u pretrazi;
- Grupisanje resursa prema unaprijed formiranim grupama;
- Dozvole pristupa – prava pristupa svakom resursu, prema grupi kojoj korisnik pripada;
- Višejezičnost – interfejs postoji na više jezika, a korisnik sam može da mijenja svoj prikaz platforme;
- Automatsko kreiranje ikonica za sve kurseve;
- Istovremeno postavljanje više fajlova korišćenjem SWF uploada;
- Mogućnost pretrage po geolokaciji;
- Mogućnost mijenjanja šeme metapodataka;
- Licenca: BSD softver otvorenog koda.



Slika3. Baektel platforma metapodataka

Osnovna namjena portala za metapodatke je opisivanje kurseva kreiranih na edX portalu. Osim kurseva, na portal se mogu postaviti različiti materijali praćeni opisom, različitih formata, koji se kasnije mogu preuzimati sa sajta. Sa druge strane, korisnicima se olakšava pronalaženje željenog resursa, kao i pristup kursovima. Postoje tri različite uloge korisnika na portalu:

- Administrator – kreira naloge, kontrolise postavljanje resursa na portal, upravlja portalom.
- Kreator kursa – opisuje kurs kreiran na edX portalu.
- Polaznik kursa – pregleda opisane kurseve i preuzima postavljene resurse.

Svako ko želi da postavlja materijale ili opisuje kurseve na portalu, mora da posjeduje nalog na sajtu odobren od strane administratora. Budući da se radi o otvorenom obrazovnim resursima, nakon puštanja u rad konačne verzije platforme, otvaranje naloga i postavljanje resursa će biti omogućeno svima sa odgovarajućim referencama i praćeno od strane administratora.

4. OZNAČAVANJE METAPODATAKA NA BAEKTEL PLATFORMI

Baektel portal kreatorima OER-a obezbjeđuje unos metapodataka o kreiranom kursu i resursu, čime se omogućava

brži i efikasniji pristup od strane korisnika – učenika. Sa druge strane učenicima omogućava jednostavan, lak i brz način pretraživanja kao i direktan pristup obrazovnim resursima, poput kurseva, materijala za obuku, uputstava, studija slučaja, primjera dobre prakse, itd., bez obzira na to na kojoj se lokalnoj platformi resurs nalazi.

Za standard upotrebe BAEKTEL metapodataka se koristi Learning Resource Metadata inicijativa (LRMI). LRMI je predložena kao proširenje Schema.org rječnika metapodataka koji treba da zadovolji potrebe obrazovne zajednice. Publikovana je 2011, kao zajednička inicijativa Google-a, Yahoo-a, Microsoft-a, Bing-a, Yandex-a i W3C-a. Schema.org obezbeđuje kolekciju shema za označavanje HTML strana etiketama i atributima koje glavne pretraživačke mašine mogu da prepoznaju i potom koriste za interoperabilnost strukturiranih upita [9]. Glavni razlog ovakvog pristupa koji podržava IMS GLC (*IMS Global Learning Consortium*) je što standardizacija rječnika metapodataka obrazovnih objekata ima značajne i korisne institucionalne i pedagoške implikacije.

Kompanije sve više shvataju da obilježavanje sadržaja LRMI metapodacima može doprineti njihovoj vidljivosti na webu, povećanjem dostupnosti publikovanih materijala potencijalnim korisnicima. Inicijativa Schema.org je rezultat eksponencijalnog rasta količine podataka koja se publikuje na webu i u lokalnim intranet mrežama, što sve više otežava pristup web stranicama koje sadrže podatke od interesa. Rješenje ovog problema je pronađeno u uvođenju metapodataka sa ciljem da se unaprijedi prikaz rezultata pretrage i tako olakša pronalaženje relevantne strane, odnosno dokumenta. U tu svrhu, onaj koji publikuje sadržaj ubacuje mašinski čitljive informacije u kod web stranice, koji pomaže pretraživaču da tumači smisao teksta na tim stranicama. Primjer takvog označavanja za stranicu koja sadrži jedan istraživački članak je:

```
<div itemscope
  itemtype="http://schema.org/ScholarlyArticle">
  <h1 itemprop="name">Raster georeferencing</h1>
  <p itemprop="author" itemscope
    itemtype="http://schema.org/Person">
    <span itemprop="name">Ranka Stanković</span>,
    <span itemprop="affiliation">University of Belgrade
      – Faculty of Mining and Geology</span>
  </p>
</div>
```

U tabeli 1 je dat spisak metapodataka po LRMI inicijativi koji se koristi na BAEKTEL portalu. [8]

Tabela 1. Opisi metapodataka po LRMI

Naziv metapodatka	Opis metapodatka
<i>Title</i>	Naziv resursa
<i>Creator</i>	Autor resursa
<i>Description</i>	Kratak opis
<i>Language</i>	Jezik na kojem je resurs publikovan
<i>Date</i>	Datum od kada je resurs dostupan
<i>Type</i>	Tip resursa (primjer dobre prakse, vježba, lekcija)

<i>Identifier</i>	Identifikacioni broj
<i>Version</i>	Verzija (1.1, 2.1, 2.3, ...)
<i>Status</i>	Trenutno u fazi dorade
<i>Format</i>	Formati dostupnih resursa na kursu koji mogu biti preuzeti
<i>Size</i>	Veličina resursa
<i>Location</i>	Web adresa koja vodi na resurs
<i>Interactivity Level</i>	Nivo interaktivnosti: "vrlo nizak": dokumenta koja mogu da se štampaju "nizak": video klipovi "srednji": hipertekst "visok": lekcije sa više različitih tipova vježbi i predavanja "vrlo visok": virtuelno 3D okruženje
<i>Context</i>	Kontekst resursa: Škola, Visoko obrazovanje, Obuka, Cjeloživotno učenje
<i>Intended End User Role</i>	Korisnici kojima je kurs namijenjen
<i>Typical Learning Time</i>	Vrijeme koje je potrebno za savladavanje kursa
<i>Publisher</i>	Izdavač (USB, UB, UNIKG, UNI, UBL, UNITZ, UNIM, UL, TUIASI, ACMP, NIS...)
<i>Rights</i>	Prava korišćenja OER resursa
<i>Cost</i>	Cijena koštanja
<i>Keywords</i>	Ključne riječi koje opisuju resurs
<i>Coverage</i>	Kontinent i država
<i>Subject</i>	Oblast nauke (npr. Informacioni sistemi...)

5. DIDAKTIČKI KRITERIJUMI ZA KREIRANJE OER

U poglavlju 2 je prikazano kako svaki mrežni čvor posjeduje lokalnu edX platformu i podržava glavni cilj projekta, koji podrazumijeva kreiranje obrazovnog sadržaja iz različitih predmetnih oblasti od strane akademskih ustanova i privrede. Očekivano je da nastavni materijali budu kreirani i publikovani u različitim formama. Forma obrazovnog materijala zavisi od odluke kreatora OER-a: koji će materijal odabrati, načina njegovog korišćenja, i u slučaju da se radi o kursu, prilagođavanja ciljevima kontekstu kursa i integraciji u nastavne aktivnosti. [10]

Jedan od osnovnih didaktičkih kriterijuma prilikom kreiranja obrazovnih materijala je prilagođenost sadržaja ciljnoj grupi. S obzirom na to da se u projektu BAEKTEL radi o otvorenim obrazovnim sadržajima koji imaju određenu vezu sa institucijama visokog obrazovanja kao i sa partnerima iz privrede, teško je jednoznačno definisati potrebe krajnjih korisnika. Kako nije lako unaprijed predvidjeti nivo obrazovanja krajnjih korisnika, starosno doba, kao i motivaciju za korišćenje ovog vida obrazovanja, kursevi se kreiraju na takav način da korisnici mogu unaprijed da se informišu o cilju kursa kao i skupu znanja i kompetencija koje je moguće steći na datom kursu. U tom cilju, daje se opis kursa kao i opis neophodnih predznanja i kompetencija koje korisnik mora posjedovati kako bi mogao da prati sadržaj kursa, što je glavni cilj platforme metapodataka.

Softver i hardver u okviru BAEKTEL čvorova omogućava kombinovanje različitih vidova nastavnog sadržaja poput klasičnog i dinamičkog teksta, ppt prezentacija, video snimaka i animacija, itd., kako bi se obrazovni sadržaj prilagodio raznolikim potrebama i stilovima učenja krajnjih korisnika. Kombinovanje različitih audio-vizuelnih komponenti je od posebnog značaja i utiče na podizanje kvaliteta ishoda učenja, kao i dublje razumijevanje prezentovanih sadržaja.

Drugi važan didaktički princip je princip sistematičnosti i postupnosti u nastavi. Ovaj princip se jednim dijelom može ostvariti kroz strukturiranje i organizaciju kursa [11]. BAEKTEL čvorovi omogućavaju kreiranje modularnih kurseva kroz koje korisnik postepeno napreduje do samog kraja kursa. Dobro kreiran sadržaj obezbjeđuje kombinovanje svih djelova kursa tako da oni čine jednu koherentnu cjelinu.

Još jedan od važnih didaktičkih principa je povezivanje teorije i prakse što je jedan od glavnih ciljeva BAEKTEL projekta. Naime, na lokalnim platformama se objavljuju kako prezentacije teorijskih znanja od strane akademskih institucija praćenih ilustracijama i praktičnim primjenama, tako i prezentacije primjera dobre prakse od strane partnerskih kompanija. Softver i hardver na univerzitetskim čvorovima omogućava objavljivanje otvorenih obrazovnih sadržaja i kompanijama u okviru svojih lokalnih platformi [12].

Konačno, OER kreirane u okviru BAEKTEL mreže potrebno je uskladiti i sa didaktičkim principom svjesne aktivnosti učenika u nastavi. Sam princip podrazumijeva ulogu korisnika u procesu učenja kao aktivnog subjekta, sposobnog da prilagodi proces učenja svojim potrebama. Stoga hardver i softver svakog čvora omogućava interakciju između korisnika i kreatora kursa kao i između korisnika i same platforme [13].

6. ZAKLJUČAK

BAEKTEL platforma predstavlja multifunkcionalno, višeslojno rješenje za kreiranje i razmjenu OER sadržaja. Korišćenjem postojećeg, popularnog softvera otvorenog koda (edX, ResourceSpace) kreirane su pojedine funkcionalnosti, BAEKTEL platforme što osigurava održivost i mogućnost daljeg razvoja i nakon završetka formalnog dijela projekta. Takođe, zbog principa nezavisnog funkcionisanja lokalnih čvorova i njihovog uvezivanja u centralni čvor putem metapodataka, a ne direktnog uvezivanja resursa, platforma ima veliki potencijal za skalabilnost i dalje proširenje broja partnera. Korišćenje standardizovane sheme metapodataka omogućava pored lakše pretrage i lakšeg pristupa resursima i eventualno uvezivanje BAEKTEL platforme sa drugim sličnim rješenjima baziranim na OER.

U Crnoj Gori je još uvijek prepoznavanje koncepta otvorenih obrazovnih resursa u povoju i zato se pred

BAEKTEL projektom nalazi zadatak motivacije prije svega privrednog ali i akademskog sektora za objavljivanje produkcionih OER kurseva i materijala, bilo kreiranjem potpuno novih ili adaptacijom postojećih u skladu sa OER principom. Postojećih dvadesetak kurseva je uspješno poslužilo kao osnov za testiranje i evaluaciju kako same platforme, tako i didaktičkih principa koji su usvojeni u okviru projekta i predstavljeni u ovom radu.

BAEKTEL projektom Crna Gora i Balkanske zemlje se približavaju aktuelnim trendovima u obrazovanju i učestvuju u obrazovnoj reformi. Konačno, ovaj projekat doprinosi kvalitetu visokoškolskog obrazovanja kroz publikovanje OER u saradnji sa kompanijama. Njime se aktiviraju akademski radnici i privredni preduzetnici da ujedine znanja i vještine i plasiraju ih javnosti putem BAEKTEL platforme.

LITERATURA

- [1] Blending Academic And Entrepreneurial Knowledge In Technology Enhanced Learning – BAEKTEL, URL: <http://baektel.eu/>
- [2] Yuan, L., MacNeill, S. i Kraan, W., „Open Educational Resources – Opportunities and Challenges for Higher Education”, 2009
- [3] Ljucović, J., Šćepanović, S., Dragutinović, M., „Merging of academic and business knowledge through network of open educational courses“, 2014
- [4] Open edX BAEKTEL platform, URL: <http://edx.baektel.eu/>
- [5] ResourceSpace, URL: <http://www.resourcespace.org/>
- [6] Vorkapić, D., Vulović, N., Obradović, I., Stanković, R., „Implementation of OER procedures and guidelines through development of BAEKTEL nodes in WB PC”, 2015
- [7] BAEKTEL metadata portal, URL: <http://meta.baektel.eu/>
- [8] Kitanović, O., Vulović, N., Stanković, R., Obradović, I., „Common BAEKTEL portal for indexing all available OER and other supporting TEL content“, 2015
- [9] Barker, P., Campbell, L. M., „Learning Resource Metadata Initiative: using schema.org to describe open educational resources“, 2014
- [10] UNESCO/COL, „Guidelines for Open Educational Resources (OER) in Higher Education- Draft for discussion at the OER Workshop“, 2011.
- [11] Papić, Z., Aleksić, V. „Metodika nastave tehničkog i informatičkog obrazovanja.“ Tehnički fakultet Čačak, p. 84, 2011
- [12] Obradović, I., Stanković, R., Radojičić, Lj., „OER obrazovni sadržaji kao spona između akademskog i preduzetničkog znanja“, 2014
- [13] Kahn, S., „Rethinking Education“, 85,487,485 Lessons Delivered (URL: <http://youtu.be/z9JCpMCQ5qM>)

PRIMJENA AMOS EMS APLIKATIVNOG SOFTVERA U PROCESU UPRAVLJANJA SOFTVERSKIM ZAHTJEVIMA USAGE OF AMOS EMS APPLICATION SOFTWARE IN PROCESS OF SOFTWARE REQUIREMENTS MANAGEMENT

Snežana Šćepanović, Ivan Mraković, *Fakultet za Informacione Tehnologije, Univerzitet "Mediterran", Podgorica*

Sadržaj: AMOS EMS aplikativni softver predstavlja kompletno softversko rješenje koje kroz holistički pristup omogućava praćenje stanja zaliha, sprovođenje poslova održavanja i menadžmenta resursa na nivou pomorske kompanije. U cilju unapređenja i poboljšanja performansi poslovanja i povećanja zadovoljstva korisnika pomorskih kompanija neophodna je konstantna analiza, specifikacija i blagovremeno planiranje zahtijeva za održavanje broda. U tom smislu AMOS EMS omogućava velike prednosti.

Abstract: AMOS EMS application software represents complete software solution which, through holistic approach, enables control of spares, carrying out of maintenance tasks and management of shipping company resources. In order to improve business performances and enhance satisfaction of shipping companies' customers, it is necessary to analyze, specify and plan maintenance of ships continuously and on time. In that sense, AMOS EMS enables huge benefits.

1. UVOD

Održavanje savremenih brodova prilikom plovidbe je složen posao koji uključuje praćenje stanja različitih djelova broda, traženje rezervnih djelova na lageru ili od snabdjevača u različitim lukama, izvođenje popravki na najefikasniji način u skladu sa rasporedom plovidbe. Cilj svake pomorske kompanije je da u optimalnom vremenskom intervalu i uz minimum novčanih gubitaka organizuje održavanje broda u lukama koje su predviđene rasporedom putovanja.

Intezivan razvoj softverskog inženjstva u posljednje dvije decenije omogućio je pomorskim kompanijama savremena rješenja za efikasnije planiranje i organizovanje održavanja broda. Brojne pomorske kompanije odlučile su se da u svoje poslovanje uključe sofisticirana softverska rješenja iz domena *Enterprise Resource Planning-a* (ERP).

AMOS EMS (eng. EMS - *Enterprise Management System*) je najzastupljeniji softver na tržištu pomorske industrije [1] za menadžment resursima i održavanje broda. AMOS EMS je modularan softver projektovan za rad u *Windows* operativnom okruženju. Omogućava obavljanje svakodnevnih poslova iz sfere ERP-a prilikom plovidbe, kao što su održavanje broda, vođenje stanja zaliha, poručivanje rezervnih djelova i slično.

AMOS EMS može funkcionisati ukoliko su ispunjene određene tehničke specifikacije poput toga da operativni sistem mora biti 32-bit verzija *Windows XP, Vista, 7* ili *8*, kao i da se na računaru mora nalaziti odgovarajuća platforma za pokretanje baze podataka AMOS EMS-a kao što su *MS SQL, Oracle* ili *Sybase*.

U cilju unaprijeđenja i poboljšanja performansi poslovanja i povećanja zadovoljstva korisnika pomorskih

kompanija neophodna je konstantna analiza, specifikacija i blagovremeno planiranje zahtijeva za održavanje broda. U tom smislu AMOS EMS omogućava velike prednosti.

U ovom radu opisan je način specifikacije zahtjeva za održavanje broda prilikom plovidbe primjenom AMOS EMS softvera. Poseban akcenat u radu je na anilizi procesa stvaranja i prilagođavanja softvera potrebama korisnika.

U narednom poglavlju dat je prikaz didaktičkih kriterijuma koji se koriste prilikom izrade projektnih zadataka. U trećem poglavlju su prikazane glavne osobine softverskog rješenja, a nakon toga su predstavljeni zaključci.

2. RAZVOJ AMOS EMS SOFTVERA

Cilj svake pomorske kompanije je smanjenje poslovnih troškova i povećanje profita. Kako bi ostvarile svoj poslovni cilj, pomorske kompanije moraju planirati kontrolu i praćenje resursa, i to na način da se ostvari balans između troškova održavanja i eksploatacije na jednoj, i pouzdanosti broda kao kompleksnog sistema na drugoj strani.

Kompanija *SpecTec* je lider IT sektora u razvoju softverskih rješenja koja se primjenjuju u pomorskoj industriji [1]. AMOS EMS je proizvod grupacije *SpecTec*. Od svog nastanka 1985. godine pod imenom *SpecTec Consult AS* ova kompanija bavi se inovacijama na polju IT-a za potrebe pomorske industrije, i to kroz pružanje ERP softverskih rješenja. Danas, na tržištu postoji oko 12000 jedinica sa AMOS EMS licencom [2], prepoznatljivim brendom ove kompanije.

U toku stvaranja grupacije *SpecTec* i razvoja AMOS EMS softvera održavana je kontinuirana saradnja sa brodovlasnicima, menadžerima, regulatornim tijelima, klasifikacionim društvima i važnim međunarodnim

pomorskim institucijama u cilju zadovoljenja različitih standarda.

U posljednjih dvadeset godina, posebno nakon terorističkog napada 11. septembra 2001. godine, pomorska industrija je administrativno i zakonski doživjela velike promjene. Postavljeni su novi, strožiji zahtjevi vezani za bezbjednost i kontrolu svih segmenata poslovanja, sa posebnim akcentom na održavanje brodova. Pomorci su donošenje novih regulativa i propisa nerado prihvatili, jer je to značilo promjenu dotadašnjeg načina rada, veću kontrolu i veći obim posla.

Primjena Internet tehnologija i savremenih softverskih rješenja predstavljaju jedini način da pomorske kompanije uspješno organizuju poslovanje. Od svog nastanka 1985. godine *AMOS* se konstantno unapređuje i prilagođava savremenim trendovima u razvoju softvera kao i novim zahtjevima pomorskih kompanija. Fleksibilnost *AMOS EMS* softvera najbolje opisuje sledeći moto: „Nemoguće je unaprijed predvidjeti sve softverske zahtjeve. Svijet se mijenja svojim razvojem: nove tržišne mogućnosti, promjena propisa, ..., biznis teži razvoju.“[3]

2.1. FUNKCIONALNOSTI *AMOS EMS* SOFTVERA

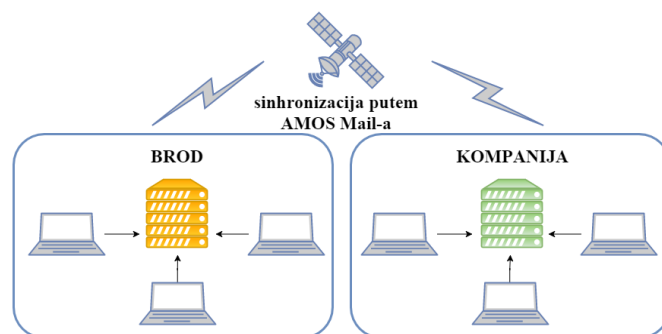
Uvođenje *AMOS EMS* softvera na nivou pomorske kompanije znači promjenu načina poslovanja, povećanje automatizacije, smanjenje papirologije, promjenu načina komunikacije na relaciji brod - obala i obrnuto. *AMOS EMS* kroz svoj interfejs daje mogućnost odabira različitih modula. Moduli ovog softvera su: *akcije, menadžment ljudskih resursa, upravljanje sistemom kvaliteta, sertifikati, upravljanje rizikom, inspekcije, auditi, pokazatelji ključnih performansi, materijali i rezervni djelovi, nabavke, održavanje, logistika, finansije, plate i obračuni.*

Iako su tehnički razdvojeni, moduli *materijali, održavanje i nabavke* su najvažniji i predstavljaju kičmu samog *AMOS EMS* softvera i njegovog razvoja a njihova međusobna povezanost i integracija je besprekorna. Naime kroz modul *materijali* omogućeno je pratiti stanje zaliha rezervnih djelova, vršiti povećanje ili smanjenje stanja, pogledati djelove određenog sistema, npr. priteznog vinča i tome slično. Ovaj modul je usko povezan sa modulom *nabavke* jer se po prijemu određene narudžbe (koja je prethodno kroz isti modul generisana) stanje u modulu *materijali* automatski ažurira. Isto tako, prilikom izvođenja određenih popravki i servisa na brodskom motoru potrebno je iskoristiti određena sredstva, izvršiti zamjenu i ugradnju rezervnog dijela, što se prijavljuje kroz modul *održavanja* a što se istovremeno održava u modulu *materijali*. Uz to, važno je napomenuti da modul *održavanja* daje mogućnost unošenja radnih sati različitih uređaja i opreme na osnovu čega se može vršiti planiranje održavanje na preventivnoj osnovi. Povezanost i operabilnost istaknutih modula najbolje oslikava kako je baza podataka *AMOS EMS*-a izvrsno koncipirana.

Na slici 1. dat je grafički prikaz integracije *AMOS EMS* sistema na brodu sa sjedištem pomorske kompanije gdje se

prati operativni ciklus i kretanje brodova, stanje zaliha, i tome slično. Naime, kroz prethodno pomenute module moguće je pratiti kompletan rad i stanje broda kao kompleksnog sistema.

Razmjena podataka između broda i obale obavlja se putem servera i *AMOS Mail* aplikacije koja je osmišljena kako bi se paketi podataka automatski razmjenjivali u tačno definisanim vremenskim intervalima, obično jednom ili više puta dnevno, kada se vrši sinhronizacija odnosno slanje svih poruka sa broda (iz *outbox*-a) ka serveru u sjedištu kompaniji, i istovremeno prijem svih poruka koje se nalaze na serveru u kompaniji. Osnovna prednost ovog *e-mail* klijenta jeste što nije namjenjen milionima korisnika, pa samim tim ne trpi probleme mreže kao što su crvi, virusi, napadi hakera i tome slično.



Slika 1. Grafička šema povezanosti *AMOS EMS* platforme na brodu sa sjedištem kompanije

Kada je riječ o serverima, važno je razumjeti da na brodu postoji nekoliko računara, koji sadrže *AMOS EMS*, povezanih u *LAN* mrežu, a od kojih je jedan server, i koji sadrži kompletnu bazu podataka za dati brod. Sa druge strane, u kompaniji postoji na desetine ili stotine računara koji su umreženi i koji posjeduju jedan server, koji integriše baze podataka sa svih brodova kompanije. Dakle, znatno složenija struktura nego na samom brodu.

Prilikom pokretanja *AMOS EMS* softvera na bilo kojem računaru dolazi do povezivanja, uz pomoć *ODBC* drajvera, kroz mrežu sa *AMOS EMS* bazom podataka. Već prilikom unošenja korisničkog imena i lozinke započinje povezivanje sa bazom podataka, naravno, ukoliko su unesene vrijednosti pronađene u tablicama baze podataka. Po uspješnom logovanju, pristup modulima *AMOS EMS* je omogućen.

Brodске baze podataka vrše replikaciju sa bazom podataka u sjedištu kompanije i obrnuto. Takva funkcija je omogućena pomoću *export/import* modula u okviru ovog softvera, koji omogućava razmjenu samo izmjenjenih djelova baze podataka. Dakle, ukoliko nije bilo promjena na bazi podataka datog broda, neće biti izvršena razmjena. Uzgred rečeno, razmjena se vrši u predefinisanim intervalima. Naravno, brodska baza podataka vrši sinhronizaciju samo sa bazom na kopnu, dok baza u sjedištu kompanije biva sinhronizovana sa svim bazama, na svakom pojedinačnom brodu. Dakle, sinhronizacija baza podataka broda i sjedišta kompanije je neizostavna i ključna karakteristika *AMOS EMS* softvera.

Operativni sistem *MS-DOS* bio je lider u domenu operativnih sistema od početka '80-ih pa sve do sredine '90-ih godina prošlog vijeka, kada na tržište dolaze prve verzije *Windows* operativnog sistema i polako potiskuju do tada neprevaziđeni *MS-DOS*. Samim tim, *AMOS* se morao mijenjati jer su se i konkurentne IT kompanije sve više okretale novim inovacijama i *Windows* operativnom sistemu. Sa dolaskom *Windows '95* na tržište, do tada aktualna verzija pod oznakom *AMOS-D* je morala biti prilagođena za rad na *Windows* platformi. Na taj način dolazi do stvaranja prve verzije softvera namijenjenog *Windows* okruženju pod oznakom *AMOS for Windows v1.0*. Ubrzo nakon toga, zahtjevi tržišta, poslovnih korisnika i naručioaca se mijenjaju. Konkurentne softverske kompanije počinju sa razvojem softverskih rješenja upotrebom metoda brzog razvoja softvera (eng. *RAD - Rapid Application Development*). Istovremeno *SpecTec* sa softverom *AMOS-D* pokazuje da prihvata promjene i nastoji pratiti konkurenciju, te prilagodi način rada savremenim zahtjevima pomorske industrije.

Promjena načina rada, značila je prelazak na drugačiju programsku platformu kakav je bio *PowerBuilder*. *PowerBuilder* je objektno orjentisana programska platforma sa jednostavno koncipiranim grafičkim korisničkim interfejsom (eng. *GUI - Graphical User Interface*) koji omogućava razvoj klijent/server aplikacija kakav je i sam *AMOS EMS*. Programski jezik koji se koristi u okviru *PowerBuilder*-a je *PowerScript*. Posljednje verzije *PowerBuilder*-a sve više su usmjerene i okrenute prema *.NET* programskom okviru kako bi se povećao broj korisnika [4], [5].

PowerBuilder kao i drugi programski paketi koji se nude na tržištu služe samo kao alat za oblikovanje materija koji čine softverski zahtjevi. Prema riječima gospodina Marina Sobina, predstavnika kompanije *Socius*, partnera grupacije *SpecTec*, *SRS* kao jedinstveni dokument po pitanju *AMOS EMS*-a ne postoji. S obzirom da se softver razvija toliki niz godina i da je tri decenije aktuelan na tržištu, aktivnosti na očuvanju i poboljšanju pozicije *AMOS EMS* softvera su i dalje koncentrisane u poslovima inženjerstva zahtijeva.

Izvršno sprovedeni poslovi u stvaranju i kreiranju *AMOS EMS* softvera, posebno u okviru inženjerstva zahtijeva, omogućavaju pomorskoj kompaniji upravljanje poslovima i resursima koji se ne nalaze na jednom mjestu već su disperzovani na desetine brodova širom svijeta, povezanih sa centralnim sistemom na kopnu.

Kada je riječ o poslovima *customizacije* i daljeg razvoja, *business analyst* vrši specifikaciju softverskih zahtijeva bez obzira da li zahtjevi dolazi od klijenata ili sa tržišta usled stupanja na snagu nove regulative. Kako pri razvoju softvera za specifičnu grupu korisnika moraju biti uključeni i predstavnici takve grupe [6] ne čudi što u *SpecTec*-u *business analyst* veoma dobro poznaje pomorsku industriju, kretanja i propise, kao i potrebe pomoraca i pomorskih kompanija. *System architect* radi dalju pripremu i dijagram toka, kako bi *developeri* odnosno programeri sve mogli pretvoriti u programski jezik, pomenuti *Power Builder*. Nove verzije

AMOS EMS-a donose nove funkcionalnosti koje osmišljava *business architect*.

AMOS EMS je softver koji koristi neku od sledeće tri baze podataka: *Sybase SQL Anywhere*, *MS SQL* i *Oracle*. Na brodovima kompanije *MSC* postoji instaliran *AMOS EMS* softver, *Sybase* softver i baza podataka koja sadrži, između ostalog, sve tehničke informacije o komponentama i rezervnim djelovima za sve strojeve i uređaje na datom brodu. Svaki brod ima različitu bazu podataka iako je sama struktura baze podataka ista za brodove jedne kompanije. Prosto rečeno, na različitim brodovima nalaze se uređaji i oprema različitih serijskih brojeva, što je jedna od brojnih razlika samih baza podataka. Čak ni *sister* brodovi nemaju istu bazu podataka. S toga, razlika u bazama podataka može biti veoma velika između brodarskih kompanija.

3. INŽINJERSTVO ZAHTIJEVA PRIMJENOM *AMOS EMS* SOFTVERA

AMOS EMS softver je IT rješenje koje se može prilagoditi potrebama različitih pomorskih kompanija. Naime, specifičnost pomorske industrije po pitanju različitih vrsta i namjene brodova, te njihovim različitim upravljanjem i održavanjem je poseban izazov sa kojim se *AMOS EMS* uspješno suočava. *AMOS EMS* različitim korisnicima – pomorskim kompanijama daje standardne module koji su u prethodnom poglavlju pomenuti, uz mogućnost vršenja različitih modifikacija. Naime, osnovna razlika od broda do broda jeste u bazi podataka. Prosto, ne postoje dvije identične baze, jer se svaka radi posebno za potrebe različitih brodova i različitih kompanija. Uz to, *SpecTec* nudi mogućnost modifikacija *AMOS EMS* softvera u cilju integracije sa već postojećim softverskim sistemima na nivou kompanije (npr. za obračun troškova) koji su se pokazali uspješnim i kojih se klijent - pomorska kompanija ne želi odreći.

Veliki broj novih funkcionalnosti dodaje se na osnovu povratne informacije od krajnjih korisnika. Ključna stvar u metodologiji *User Center Design*-a (UCD), koja se primjenjuje u ovom slučaju, je način na koji korisnici učestvuju u razvoju softvera. Naime, krajnji korisnici svoje sugestije daju preko Web-a uz pomoć *support desk*-a ili na druge načine, kao npr. prilikom organizovanja korisničkih konferencija (eng. *user conference*).

AMOS EMS je jako fleksibilan i konfigurabilan sistem. Ta karakteristika omogućava zadovoljenje potreba različitih klijenata – brodarskih kompanija. Naime, kroz jednostavnu konfiguraciju različitih maski za npr. kreiranje novih porudžbina može se značajno izmijeniti izgled i izvršnost *AMOS EMS*-a tako da razlike između kompanija budu više nego očigledne. U cilju otklanjanja nedoumica, važno je napomenuti da firma *SpecTec* vrši kako izradu softvera tako i kreiranje baza podataka za potrebe pomorske kompanije. *SpecTec* ima i svoje partnerske firme koje mogu za njihove potrebe vršiti izradu baza podataka, kakav je slučaj sa splitskom firmom *Socius*.

Database specification je jedan od prvih koraka prije nego se krene u realizaciju *AMOS EMS* za potrebe određenog klijenta. U kombinaciji sa tehničkim knjigama, preporukama o održavanju opreme, serijskim brojevima uređaja i opreme, standardima kompanije i međunarodnom regulativom dobija se idealna osnova za formiranje softverskih zahtjeva i njihovu realizaciju od strane programera.

Support desk ili *help desk* je jedan od načina kako postojeći klijenti mogu prijaviti probleme u radu ili iskazati neke preporuke po pitanju poboljšanja postojećih funkcionalnosti. *SpecTec* je u obavezi odgovoriti na prijavu klijenta. Ukoliko se radi o nekoj trenutno nepostojećoj funkcionalnosti, *SpecTec* može kroz svoj razvojni sektor odlučiti da li je nešto interesantno za većinu klijenata i krenuti u realizaciju ili samo jednom klijentu ponuditi tzv. *customization* i traženu funkciju uključiti samo u ponudu *AMOS EMS*-a za datu kompaniju.

Pregled razvojnih koraka *AMOS EMS*-a predstavljen je *road mapom* koji kreira sektor za razvoj softvera. U *road mapu* definiše se šta će se u narednim verzijama softvera poboljšati i kada će nove verzije postati zvanične i dostupne klijentima.

Do želja i potreba klijenata dolazi se i organizacijom konferencija koje se koriste kako bi klijenti međusobno razmijenili stavove i mišljenja i podstakli jedni druge na definisanje noviteta koji bi se mogli uključiti u budućim verzijama softvera.

Način funkcionisanja i prilagođavanja *AMOS EMS* softvera potrebama korisnika i naručioca idealno je predstavljen zvaničnom izjavom pomorske kompanije *Thenamaris* [7]. Naime, kompanije *Thenamaris* u svom menadžmentu upravlja sa 71 brodom a tokom 2016. i 2017. godine će na tržište stupiti 11 novih brodova. Sredinom 2008. godine kompanija je odlučila da u svoje poslovanje uključi sofisticirani način održavanja brodova, praćenja njihovog stanja, praćenja zaliha i rezervnih djelova kao i praćenje i upoređivanje različitih ponuda snabdjevača rezervnih djelova. Menadžment kompanije se odlučio da grupaciji *SpecTec* uputi zahtjev za informacijama (eng. *RFI - Request For Information*) u kojem su tačno precizirali šta bi im bilo potrebno, između ostalog, definišući preko stotinu funkcionalnih zahtjeva. Softver *AMOS EMS* već je uveliko osvajao tržište i bio više nego dvostruko jači od najjačeg konkurenta. Međutim, baza koju nudi *AMOS EMS* nije u potpunosti odgovarala potrebama naručioca, grčke pomorske kompanije *Thenamaris*. Osvajanje tržišta je neprestalna borba. Iz tog razloga se velike prilike za jačanjem položaja i profita ne propuštaju, pa je *SpecTec* u projekat stvaranja i prilagođavanja *AMOS EMS* za potrebe novog klijenta angažovao najbolje analitičare, developere i softverske inženjere. Više od dvije godine je trajala izrada i probno testiranje softvera dok se konačno nisu zadovoljili zahtjevi grčkog menadžmenta. Kroz tu saradnju stvorena su brojna

unapređenja *AMOS EMS* softvera, dok su pojedine *customizacije* ostale grčkom brodaru kao specifikum. Najveća specifičnost verzije razvijane za potrebe grčkog brodovlasnika bile su vezane za mogućnost integracije sa postojećim obračunskim programima koje koriste u *Thenamarisu*.

U duhu promovisanja zadovoljenja korisničkih zahtjeva, u zavisnosti od kupljene licence, *AMOS EMS* dozvoljava istovremen rad desetinama korisnika, koji će imati istovremen pristup bazi podataka. Na trgovačkim brodovima, dovoljno je da to bude do pet korisnika dok je u sjedištu kompanije taj broj znatno veći, pa može ići i do više od pedeset korisnika istovremeno.

4. ZAKLJUČAK

AMOS EMS je softver namijenjen upravljanju resursima na nivou pomorske kompanije, u prvom redu kroz planiranje poslova održavanja i popravki kao i praćenja stanja zaliha i nabavki. U radu je predstavljen *AMOS EMS* softver koji se zahvaljujući lako prilagodljivim bazama podataka može razviti u cilju zadovoljenja potreba različitih klijenata što je posebno evidentno kroz sinhronizaciju baza podataka i njihovih replika na relaciji brod - obala i obrnuto.

Kroz izgradnju i prilagođavanje softvera potrebama korisnika i klijenata predstavljeno je inženjerstvo softverskih zahtjeva kao ključ opstanka *AMOS EMS*-a čak tri decenije na pomorskom tržištu. Prilagodljivost softvera potrebama korisnika je ključna karakteristika koju *AMOS EMS* opravdava sa liderskom pozicijom na pomorskom IT tržištu.

Zahvalnost: Autor iskazuje zahvalnost gospodinu Marinu Sobinu, direktoru kompanije *Socius*, partnera kompanije *SpecTec*, za nesebičnu podršku pri izradi ovog rada.

LITERATURA

- [1] Internet izvor: www.spectec.com/en (pristup: decembar, 2015.)
- [2] Internet izvor: <http://socius.hr/?p=521> (pristup: januar, 2016.)
- [3] K. Weigers ; J. Beatty, "Software requirements", 3rd ed, *Microsoft press*, str. 471, Washington, 2013.
- [4] R. Babu, "Stay or not to stay", *ZSL*, 2010.
- [5] Servizi Consulenza Sistemi, "Specifica funzionale e tecnica sistema informativo computerizzato per la gestione di manutenzione - magazzini – risorse umane ed acquisti", n.d.
- [6] Alexander, I.; Dukić, L.B., "Discovering requirements: How to specify products and services", *Wiley*, str. 45, Chichester, 2009.
- [7] Internet izvor: <http://www.thenamaris.com/sustainability/business-systems/one-technology-challenge-two-leaders-in-partnership/> (pristup: januar, 2016.)

PRIMENA KONCEPTA BLENDED UČENJA U KORPORATIVNOM OKRUŽENJU TELEKOMUNIKACIONE KOMPANIJE IMPLEMENTATION OF THE BLENDED LEARNING CONCEPT IN A CORPORATE ENVIRONMENT OF TELECOMMUNICATION COMPANY

Jelena Šuh, Jelena Petrović, Telekom Srbija a.d.

Sadržaj: U radu su predstavljeni osnovni koncepti e-obrazovanja i blended učenja i opisana njihova primena u korporativnom okruženju telekomunikacione kompanije. Cilj rada je da se ukaže na značaj obrazovanja u korporativnom okruženju, pri čemu je posebno istaknut značaj edukacije u domenu računarstva i informacionih tehnologija. Brz tehnološki napredak, koji za posledicu ima pojavu velikog broja novih uređaja, tehnologija, protokola i servisa, zahteva kontinuiranu edukaciju. Sticanje neophodnih znanja i veština primenom blended koncepta učenja može u velikoj meri pojednostaviti proces obrazovanja i kao krajnji cilj imati pozitivan uticaj na vreme i kvalitet izvršavanja radnih zadataka u korporativnom okruženju.

Abstract: This paper presents the basic concepts of e-learning and blended learning and describes their implementation in the corporate environment of the telecommunication company. The aim of this paper is to highlight the importance of education in the corporate environment whereby the importance of education in the field of computer science and information technology is particularly emphasized. The rapid technological progress, which has resulted in the emergence of a large number of new devices, technologies, protocols and services, requires continuing education. Acquisition of necessary knowledge and skills by applying the concept of blended learning can greatly simplify the process of education and as an ultimate goal may have a positive impact on time and quality of tasks execution in a corporate environment.

1. UVOD

Obrazovanje u korporativnom okruženju može biti realizovano sa ciljem podizanja nivoa znanja za izvršavanje radnih zadataka ili upravljanja poslovnim procesima i ljudima [1]. Ubrzan tehnološki razvoj uticao je na povećanje potrebe za inovacijama, znanjem i konstantnom edukacijom u korporativnom okruženju. Kontinuirana edukacija zahteva primenu različitih tehnoloških rešenja kako bi se odgovorilo na zahteve i izazove koje ovakav vid edukacije donosi [2]. E-obrazovanje (eng. *e-education* ili *e-learning*) predstavlja način edukacije na daljinu, koji u kombinaciji sa klasičnim načinom obrazovanja može u značajnoj meri doprineti i pojednostaviti proces edukacije. Ovakav vid edukacije se uglavnom vezuje za obrazovne institucije, kao što su fakulteti, ali treba naglasiti da može imati značajnu primenu i u korporativnom okruženju [3], a posebno u domenu informaciono-komunikacionih tehnologija i računarstva.

U ovom radu su predstavljeni osnovni koncepti e-obrazovanja i *blended* učenja i opisana njihova primena u edukaciji u oblasti računarskih mreža u korporativnom okruženju telekomunikacione kompanije.

2. E-OBRAZOVANJE

Razvoj informacionih tehnologija uticao je na sve aspekte društva, a posebno na obrazovanje. To je dovelo do pojave novih načina obrazovanja, kao što je e-obrazovanje. E-

obrazovanje se može definisati kao isporuka edukativnih resursa korišćenjem elektronskih medija [4] ili kao isporuka različitih kurseva i lekcija primenom Internet tehnologija [5]. Primena Interneta i računara su postali sastavni deo procesa obrazovanja, što za posledicu ima razdvojenost procesa predavanja i učenja. Pored računara, za e-učenje se mogu koristiti i drugi uređaji, kao što su mobilni telefoni, PDA (eng. *Personal Digital Assistant*) uređaji, a proces e-obrazovanje može uključivati veb i multimedijalne sadržaje, kao što su veb sajtovi, forumi, blogovi itd.

Osnovne prednosti e-obrazovanja su [6]:

- Mogućnost pristupa obrazovnim resursima nezavisno od lokacije,
- Mogućnost višestrukog korišćenja obrazovnih resursa,
- Mogućnost isporuke obrazovnih resursa nezavisno od obrazovne platforme.

Pored navedenog, treba naglasiti da primena e-obrazovanje utiče na poboljšanje kvaliteta nastave i efikasnosti obrazovnog procesa [7], dok se studentima omogućava viši stepen fleksibilnosti u procesu sticanja znanja.

Kao jedan od glavnih nedostataka e-obrazovanja navodi se nizak stepen društvenog aspekta učenja, a to se može uspešno prevazići primenom *blended* koncepta učenja (eng. *blended learning*).

2.1. Blended učenje

Koncept *blended* učenja predstavlja hibridni model edukacije, koji kombinuje pozitivne aspekte tradicionalnog obrazovanja i e-obrazovanja [8]. U ovom slučaju, jedan deo tradicionalnih predavanja se zamenjuje nekim vidom *online* učenja. Tradicionalno učenje ne omogućava visok stepen fleksibilnosti, međutim njega karakteriše društveni aspekt učenja, koji ima značajnu ulogu u procesu obrazovanja. Kako bi se kreiralo efikasno obrazovno okruženje i poboljšali rezultati obrazovnog procesa, uz klasična predavanja se primenjuju i različite tehnologije, koje povećavaju stepen interakcije, dostupnosti nastavnih materijala, personalizacije i *online* evaluacije znanja [9]. *Blended* učenje, za razliku od standardnog e-obrazovanja, omogućava i viši stepen angažovanja predavača kao organizatora, supervizora i podrške u procesu učenja.

Proces obrazovanja u domenu informacionih tehnologija i računarstva je kompleksan i zahteva primenu *blended* koncepta učenja. U akademskom okruženju je već potvrđen pozitivan uticaj primene koncepta *blended* učenja [10], a on može naći primenu i u korporativnom okruženju. Iako značajan deo edukacije može da se realizuje primenom učenja na daljinu i virtuelnih okruženja, u određenim oblastima je ipak neophodno da studenti steknu iskustvo i na „živoj“ opremi, a oblast računarstva ima upravo tu karakteristiku.

3. PRIMENA BLENDED KONCEPTA UČENJA U OBLASTI RAČUNARSKIH MREŽA

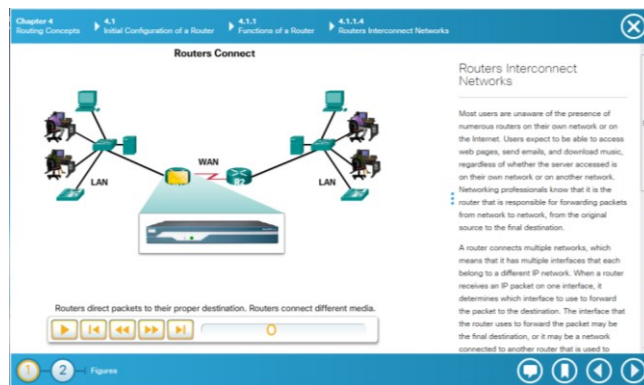
Računarske mreže predstavljaju osnovu za funkcionisanje velikog broja servisa i aplikacija. Brz tehnološki napredak, koji za posledicu ima pojavu velikog broja novih uređaja, tehnologija, protokola i servisa, zahteva kontinuiranu edukaciju. Zato je kompanija *Cisco Systems* 1997. godine osnovala *Cisco Networking Academy* program, sa ciljem da pomogne proces edukacije u oblasti računarskih mreža [11]. U ovaj program je uključeno preko 9000 institucija, 20000 instruktora i 5.5 miliona ljudi [12].

Osnovu funkcionisanja *Cisco* akademije čini *blended* princip učenja, tako da je pored klasičnog načina prenošenja znanja omogućen i udaljeni pristup edukativnim resursima. Instruktora i polaznicima je na raspolaganju *online* platforma za učenje, koja u okviru kurikuluma, pored klasičnih teorijskih lekcija, omogućava veliki broj animacija, interaktivnih sadržaja, kao i testova za proveru stečenog znanja. Na slici 1 je prikazan izgled *Cisco Networking Academy* platforme za učenje.

Cisco Networking Academy program nudi nekoliko kurseva u oblasti računarskih mreža, a CCNA (eng. *Cisco Certified Network Associate*) *Routing and Switching* predstavlja početni kurs, koji daje teorijska i praktična znanja o funkcionisanju računarskih mreža, mrežnim protokolima i servisima [13]. Kurs je podeljen na četiri modula (semestra):

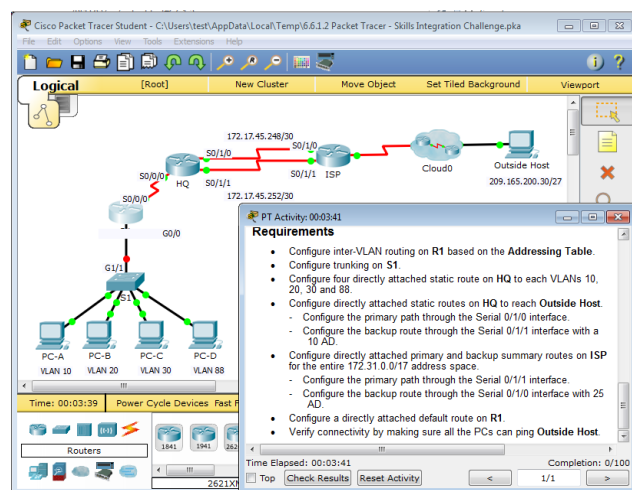
- *Introduction to Networking*,

- *Routing and Switching Essentials*,
- *Scaling Networks*,
- *Connecting Networks*.



Slika 1. *Cisco Networking Academy* platforma

Svaki modul ima od 9 do 11 lekcija, kao i veliki broj laboratorijskih vežbi. Laboratorijske vežbe predstavljaju značajan deo CCNA kursa pošto je cilj da, pored teorijskog, polaznici steknu i praktično znanje. Jedan deo laboratorijskih vežbi se realizuje na „živoj“ opremi u učionici ili korišćenjem *Packet Tracer* simulatora [14]. *Packet Tracer* predstavlja alat za kreiranje kompleksnih mrežnih topologija i ima podršku za veliki broj mrežnih tehnologija i protokola. Na slici 2 je prikazan primer mrežne topologije u *Packet Tracer* simulatoru. *Packet Tracer* predstavlja alat za vizuelizaciju u procesu učenja, omogućava prikaz mrežnih procesa u realnom vremenu, *multiuser* kolaboraciju, ali ima i značajnu ulogu u procesu provere znanja.



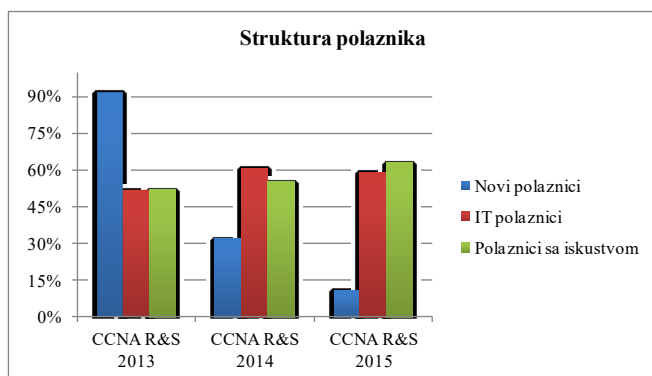
Slika 2. Primer laboratorijske vežbe u *Packet Tracer* simulatoru

Na kraju svakog semestra vrši se provera stečenog teorijskog (eng. *Final Exam*) i praktičnog znanja (eng. *Skills Exam*) polaznika. Pitanja na teorijskom *online* ispitu su tipa *multiple-choice*, *drag-and-drop* i *fill-in*. Na praktičnom ispitu se od polaznika zahteva da realizuju mrežnu topologiju prema predefinisanim zahtevima, provere funkcionisanje mreže i dokumentuju svoj rad. Takođe, na kraju svakog semestra polaznici popunjavaju anketu, kako bi se dobila povratna informacija o kursu.

Posebno je važno naglasiti da postoji mogućnost integracije CCNA kurikuluma sa drugim sistemima za *blended* učenje [15] čime edukativni resursi postaju dostupni većem broju korisnika.

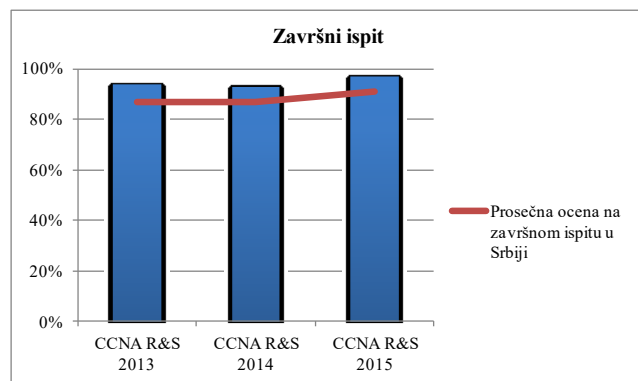
3.1. Primer primene *blended* koncepta učenja u telekomunikacionoj kompaniji

Kompanija Telekom Srbija je prepoznala važnost kontinuirane edukacije zaposlenih, a posebno u oblasti projektovanja i održavanja IP mreža, imajući u vidu činjenicu da *all-IP* koncept postaje dominantan u oblasti telekomunikacija. Zato je 2010. godine osnovana Lokalna Cisco akademija kompanije pod nazivom *Telekom Educational Initiative*. Akademija je distribuirana u četiri regije (Beograd, Novi Sad, Kragujevac i Niš) sa ciljem da se edukacija omogući većem broju polaznika, a nastavu realizuje 6 instruktora. Do sada je obuku u oblasti računarskih mreža pohađalo 212 polaznika. Obuka je realizovana u vidu *CCNA Exploration* kursa, a od 2013. godine u vidu *CCNA Routing and Switching* kursa. 2013. godine došlo je do promene kursa, ali i do same platforme za učenje, pa su u nastavku prikazani podaci o radu Akademije za period od 2013. godine. Na slici 3 je prikazana struktura polaznika u procentima, sa stanovišta prethodnog iskustva u ovoj oblasti. Novi polaznici su oni koji pre ove obuke nisu imali iskustva sa računarskim mrežama, polaznici sa iskustvom su oni koji su imali određeno iskustvo u ovoj oblasti, a treću grupu predstavljaju polaznici sa iskustvom i željom da nastave karijeru u domenu IT-a i računarstva. Polaznici su imali mogućnost izbora više opcija.



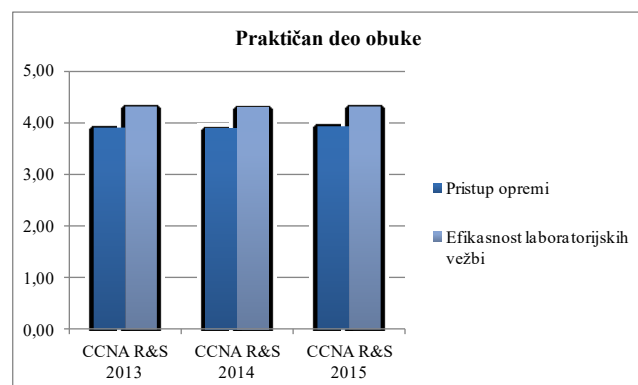
Slika 3. Prikaz strukture polaznika

Obuka je realizovana prema zvaničnom programu kompanije *Cisco Systems* i zasnovana je na *blended* konceptu učenja, koji podrazumeva kombinaciju klasičnih predavanja i e-učenja korišćenjem *online* platforme za učenje. Na kraju svakog semestra polaznici polažu završni teorijski ispit, kao i praktičan ispit. Na slici 4 su prikazani ostvareni rezultati polaznika na završnom ispitu, u procentima. Treba naglasiti da su ostvareni rezultati viši od prosečne ocene polaznika svih *Cisco* akademija u Srbiji [16], što je pokazatelj prednosti primene ovakvog koncepta učenja u korporativnom okruženju.



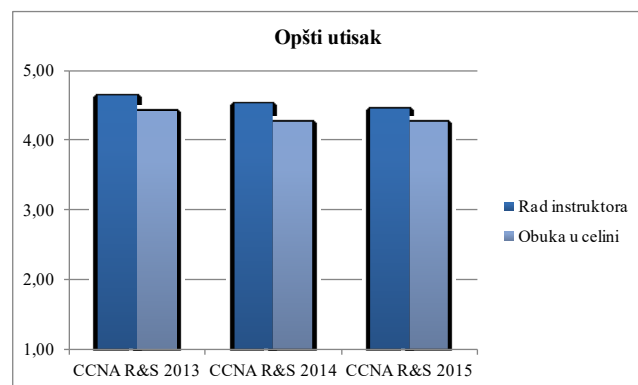
Slika 4. Rezultati polaznika na završnom ispitu

Na kraju svakog semestra polaznici su u obavezi da popune anketu i ocene proces izvođenja nastave, pristup opremi, kao i obuku u celini. Pitanja su bazirana na Likertovoj skali sa pet ponuđenih odgovora (1 – najniža ocena, 5 - najviša ocena). Na slici 5 je prikazano mišljenje polaznika o adekvatnosti nivoa pristupa opremi u učionici u cilju savlađivanja gradiva i efikasnosti laboratorijskih vežbi u smislu uticaja na proces usvajanja znanja.



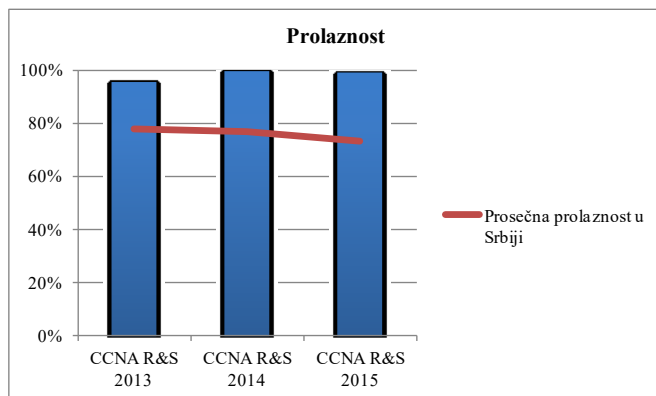
Slika 5. Ocena praktičnog dela obuke

Uzimajući u obzir činjenicu da jedan deo obuke predstavljaju predavanja, koja se održavaju u učionici na klasičan način, neophodno je ispitati mišljenje polaznika o nivou znanja koje su stekli zahvaljujući instrukturu i koliko je efikasno instruktora uticao na usvajanje novih znanja kroz praktičan rad. Na kraju obuke, od polaznika je traženo da iskažu opšti utisak o obuci, odnosno uticaj na razvoj njihovih veština i budući profesionalni razvoj. Ocena rada instruktora i opšti utisak o obuci su prikazani na slici 6.



Slika 6. Ocena rada instruktora i obuke u celini

Uspjeh polaznika Akademije, odnosno prolaznost, je predstavljen na slici 7. Prolaznost je predstavljena kao broj polaznika koji su uspješno završili sve obaveze (položen završni teorijski i praktičan ispit sa ocenom preko 75%) u odnosu na ukupan broj polaznika Akademije. Na grafiku se vidi da je prolaznost polaznika Akademije znatno viša od prosečne vrednosti za Srbiju [16].



Slika 7. Prolaznost polaznika

4. ZAKLJUČAK

Kontinuirana edukacija predstavlja važan proces u svakom korporativnom okruženju. Ubrzan razvoj i pojava novih tehnologija u oblasti informacionih tehnologija i računarstva postavljaju pred zaposlene visoke zahteve i zahtevaju stalno usavršavanje i sticanje novih znanja i veština. Zato je neophodno primeniti adekvatan način edukacije, a dokazano je da e-obrazovanje i *blended* koncept učenja daju dobre rezultate.

U ovom radu su opisani osnovni koncepti e-obrazovanja i *blended* učenja. Predstavljen je primer realizacije ovog koncepta u korporativnom okruženju telekomunikacione kompanije u vidu *Cisco Networking Academy* programa i ukazano je na pozitivne efekte ovakve edukacije u oblasti računarskih mreža. Pored kvantitativnih pokazatelja, koji su prikazani u radu, primetan je i značajan uticaj na efikasnost i kvalitet izvršavanja radnih zadataka zaposlenih koji su završili ovu obuku, a što se pozitivno održava na sve poslovne procese.

LITERATURA

- [1] R. Faherty, "Corporate E-learning," Dublin Institute of Technology, School of Computing, Research Paper, 2003.
- [2] K. S. Cheung, J. Lam, T. Im, and R. Szeto, "Some Principles for Good Practices of E-learning in Continuing Education Institutions," in *International Conference on Education Technology and Computer, ICETC '09.*, 2009, pp. 69–72.
- [3] D. Milanov, M. Ivković, and K. Kačapor, "Computerized Adaptive Testing in Corporate E-learning," *Res. Electron. Commer. Front.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–19, 2013.
- [4] T. Anderson and F. Elloumi, *Theory and Practice of Online Learning*. Athabasca, Canada: Athabasca University, 2004.
- [5] R. Pastore, "Elearning in Education: An Overview," in *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2002*, 2002, pp. 275–276.
- [6] P. Feng, "Studying standardization: A review of the literature," in *The 3rd Conference on Standardization and Innovation in Information Technology*, 2003, pp. 99–112.
- [7] M. Schertler-Rock and F. Bodendorf, "Fostering Communication Processes in E-education Scenarios," in *International Conference on Internet and Web Applications and Services/Advanced International Conference on Telecommunications, AICT-ICIW '06.*, 2006.
- [8] J. Bersin, *The Blended Learning Book: Best Practices, Proven Methodologies, and Lessons Learned*. Pfeiffer, 2004.
- [9] B. C. Debnath, M. M. Rahman, G. M. M. Bashir, and M. J. Hossain, "Learning and evaluation of blended learning approach for ICT undergraduate students," in *International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT)*, 2014.
- [10] B. Aguti, G. B. Wills, and R. J. Walters, "An evaluation of the factors that impact on the effectiveness of blended e-learning within universities," in *International Conference on Information Society (i-Society)*, 2014, pp. 117–121.
- [11] P. Hernandez-Ramos, D. Alexander, A. Belous, and J. Behrens, "Changing the Way We Learn: How Cisco Systems is Doing It," in *International Workshop on Advanced Learning Technologies*, 2010, pp. 177 – 179.
- [12] "Cisco Networking Academy." [Online]. Available: <https://www.netacad.com/about-networking-academy/learning-platform/>.
- [13] "CCNA Routing and Switching." [Online]. Available: <https://www.netacad.com/courses/ccna/>.
- [14] "Packet Tracer." [Online]. Available: <https://www.netacad.com/about-networking-academy/packet-tracer/>.
- [15] N. Moss and A. Smith, "Delivery of CCNA as part of a distance degree programme," *Int. J. Adv. Networks Serv.*, vol. 3, no. 3 & 4, pp. 370–380, 2010.
- [16] "Academy Success Dashboard." [Online]. Available (for NetAcad Contacts): <https://www.netacad.com>.

SKENIRANJE RANJIVOSTI INFORMACIONOG SISTEMA KORIŠĆENJEM OPEN SOURCE ALATA

VULNERABILITY SCANNING OF INFORMATION SYSTEM USING OPEN SOURCE TOOLS

Mladen Bukilić, Atlas banka AD Podgorica

Tripo Matijević, Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet „Mediterran“ Podgorica

Sadržaj: *Informaciona sigurnost predstavlja zaštitu informacije ili informacionog sistema od neovlašćenog pristupa, otkrivanja, promjene ili uništenja. Da bi se obezbjedila zaštita informacionog sistema, potrebno je prvo odrediti šta treba da se štiti, potom odgovoriti na pitanje od čega da se štiti, kao i definisati razlog zaštite. Skeniranje ranjivosti informacionog sistema pomaže IT inženjerima da na vrijeme otkriju potencijalne ranjivosti i rizike unutar informacionog sistema. Rezultat skeniranja dovodi do vrste rizika i ranjivosti kao i preporuka sigurnosti. U ovom radu se opisuje postupak skeniranja ranjivosti IT sistema kao i preporučeni open source alati sa kojima se skeniranje može sprovesti.*

Abstract: *Information security means protecting information and information systems from unauthorized access, disclosure, alteration or destruction. To ensure the protection of information systems, it is necessary first to determine what needs to be protected, then answer the question of what to protect it from and define why. Vulnerability scanning of information system helps IT engineers to timely detect potential vulnerabilities and risks within the information system. The result of the scan shows the types of risk and vulnerability, as well as the safety recommendations. This paper describes the vulnerability scan of IT systems, and the recommended open source tools that the scanning can be carried out with.*

1. UVOD

Kako se računari sve više koriste u svakodnevnom poslovnim aktivnostima, što uključuje i servere, stane i prenosne računare, tablete, mobilne telefone, tako sistemski administratori imaju sve manje vremena kako bi sproveli sigurnosne testove datih uređaja. Sigurnost informacionog sistema nije samo sigurnost sistema unutar kompanije već i njegova sigurnost spolja. Postoji veliki broj komercijalnih alata koji služe za skeniranja informacionog sistema, međutim njihova cijena, kao i obnova licenci, sprečava male kompanije u Crnoj Gori za kupovinu istih jer sa finansijskog aspekta predstavljaju veliki trošak. Izbor odgovarajućeg alata nije lak, jer nijedan proizvod ne može da prepoznati sve ranjivosti sistema. Samim tim se mora koristiti kombinacija alata kako bi se postigao što bolji rezultat i obuhvatio svaki segment sigurnosti informacionog sistema. Informaciona sigurnost se zasniva na pet elemenata: tajnost, integritet, dostupnost, autentičnost i neporicanje. [1]

Tajnost osigurava da je informacija dostupna samo onim korisnicima koji imaju ovlašćen pristup istoj. Integritet informacija pokazuje da informacija nije neovlašćeno ili nepredviđeno mijenjana. Dostupnost sistema prikazuje koliko procenata vremena korisnik može računati na funkcionisanje sistema, a u savremenim informacionim sistemima ta brojka teži da bude veća od 99% ili čak 99,9%. Da je sistem oslobođen od namjerne ili nenamjerne neautorizovane manipulacije pokazuje autentičnost, a neporicanje podrazumijeva da je svaki korisnik jednoznačno prepoznatljiv u sistemu i da se svaka korisnička akcija može na taj način povezati sa korisnikom.

1.1. ODREĐIVANJE IT KRITIČNIH SISTEMA

Da bi znali koji su to ključni servisi, proizvodi, aktivnosti na koje se oslanja poslovanje jedne kompanije, mora se prvo sprovesti Biznis impakt analiza (en. Business Impact Analysis - BIA) [2], koja ima za cilj da identifikuje za koje vrijeme će se kritični poslovni procesi vratiti u stanje pune funkcionalnosti nakon katastrofe (RTO – recovery time objective), dozvoljenu veličinu gubitka podataka u vremenskim jedinicama (RPO – recovery point objective) kao i koji su resursi za to potrebni (serveri, računari, operativni sistemi, aplikacije, rezervne kopije itd.). Ovoj problematici se mora pristupiti metodološki kako bi se postigli najbolji rezultati. U tu svrhu se koristi zakon, standardi informacione sigurnosti (ISO 27001, 27002, 22301) i najbolje IT prakse. Prikupljeni podaci iz BIA analize se koriste kako bi se povezale ključne aktivnosti jedne kompanije sa IT sredstvima i servisima koji su potrebni za neometan rad. Shodno tome se i određuje koji su IT sistemi kritični za poslovanje.

1.2. PRIJETNJE PO INFORMACIONU SIGURNOST

Prijetnje po informacionu sigurnost su generalno podijeljene u tri kategorije i to: prirodne, fizičke i ljudske prijetnje. [3] Prirodne prijetnje obuhvataju prirodne katastrofe kao što su zemljotres, poplave, požari i njih je nemoguće predvidjeti. Jedini način za ublažavanje ovog rizika bi bio kreiranje planova oporavka i replikacije datacentara na drugim udaljenim lokacijama. Fizičke prijetnje su prijetnje od požara, vode, prenapona, krađe i sl. Ljudske prijetnje uključuju napade od insajdera (npr. zaposlenih koji nisu zadovoljni u svom poslovnom okruženju), i ljudi koji se nalaze izvan

organizacije, a žele narušiti i ugroziti informacijski sistem (socijalni inženjeri, hakeri i dr.).

2. VEKTORI NAPADA

Vektor napada je sredstvo ili put kojim napadač dobija pristup informacionom sistemu da bi sproveo maliciozne aktivnosti nad njim. On omogućava napadaču da iskoristi sve ranjivosti informacionog sistema kako bi sproveo određeni napad. Napad u suštini predstavlja iskorištavanje tih ranjivosti, a sastoji se od serije namjernih koraka koje preduzima napadač da bi se postigao određeni cilj. Napadi na informacijski sistem koji napadači koriste mogu biti: [4]

- DoS ili DDoS – (distribuirano) uskraćenje usluge (en. Distributed Denial of Service), gdje napadač preplavi lažnim zahtjevima infrastrukturu informacionog sistema i na taj način značajno uspori ili onemogućiti rješavanje stvarnih zahtjeva.
- Phishing – aluzija na en. *fishing* – pecanje, gdje napadač obično lažnim predstavljanjem pokušava da dođe do ličnih podataka korisnika nekog servisa.
- Botnet – već inficirani računari samostalno, bez znanja vlasnika, šire maliciozne poruke ili podatke mrežom.
- Spam – slanje neželjenih poruka, koje ukoliko ih korisnici ignorišu samo po sebi nije opasno, ali u kombinaciji sa botnetom može izazvati DDoS napad.
- Social Engineering – netehnički napad koji se oslanja na ljudski faktor i ima za cilj da korisnika sistema, obično prevaram, nagna da prekrši proceduru.
- Sniffing – neovlašćen pristup podacima u momentu dok se oni šalju mrežom.
- Spoofing – obezbjeđenje pristupa nekom računaru ili servisu lažnim predstavljanjem, obično maskiranjem IP adrese u neku kojima se vjeruje, tako da žrtva smatra da je pristup siguran.
- Malware ili sličan maliciozni softver se plasira putem mreže, prenosivih medijuma ili elektronskim porukama. Može da ima bilo šta od širokog spektra ciljeva, uključujući saznavanje osjetljivih korisničkih podataka, obezbjeđenje neovlašćenog pristupa sistemu, otuđenje i/ili brisanje korisničkih dokumenata i sl.

3. IDENTIFIKACIJA I ANALIZA RANJIVOSTI IS

Aplikacija koja se koristi za pregled ranjivosti informacionog sistema predstavlja alat koji procijenjuje bezbjednost i propuste u mreži ili računarskom sistemu, i nakon te procjene rezultate predstavi u čitljivom obliku. Pošto postoji opasnost da napadači mogu koristiti isti alat za neovlašćeni pristup ili preuzimanje sistema, IT inženjeri su dužni da sprovedu skeniranje sistema prije napadača kako bi taj nedostatak bio riješen. [5] Postoji mnogo načina na koje se može provjeriti aktivnost računara na mreži, identifikacija njihovih ranjivosti kao i načina rada, a mogu se podijeliti na pasivne i aktivne.

Pasivna tehnika koristi mrežno njuškalo (en. network sniffer) koje pregleda mrežni saobraćaj i snima IP adrese aktivnih računara (hostova). Pasivno skeniranje može otkriti i

vezu između računara koji međusobno komuniciraju, kao i otvorene portove, servise i operativne sisteme pod kojima ti računari rade. [6]

Aktivno skeniranje šalje veliki broj mrežnih paketa, kao što je ICMP ping, kako bi dobio odgovor od strane mrežnog uređaja ili hosta. Analizom dobijenih odgovora alat za aktivno skeniranje može da identifikuje slabe tačke u mreži. Takođe, upotrebom aktivnog skeniranja administratori mogu da simuliraju napade na mrežu, čime dobijaju na uvid slabosti koje bi mogao da identifikuje i maliciozni napadač. Simulacija se može odraditi i nakon detektovanog napada, u kom slučaju služi za reprodukciju i utvrđivanje načina na koji je maliciozni napadač pristupio mreži i slabosti koje je iskoristio. [6]

Informacioni sistemi mogu imati ranjivosti po više osnova, čije je razumijevanje neophodno kako bi se nakon skeniranja i dobijenog izvještaja moglo pristupiti otklanjanju istih. Ranjivosti se mogu podijeliti na sljedeće tipove: [7]

- Softver bez sigurnosnih zakrpa – poznate ranjivosti softvera iskorištava većina virusa, crva i direktnih napada na računarski sistem. Neophodno je redovno provjeravati da li postoje sigurnosne zakrpe ili automatizovati proces.
- Podešavanja sa propustom – pošto svaka organizacija ima specifičnu konfiguraciju opreme, nije preporučljivo slijepo preuzimati konfiguraciju koja je već podešena u nekoj drugoj organizaciji, u kom slučaju može doći do propusta (nekompletna pravila firewalla, slabi passwordi, fajlovi sa neodgovarajućim setom dozvola, i sl.).
- Podrazumijevana podešavanja – većina uređaja i softvera dolazi sa podrazumijevanim podešavanjima, koja nisu sigurna iz razloga što su često uz pitanju javno poznati, jednostavni, podaci za pristup, i/ili se pokreću nepotrebni servisi.
- Aplikacije bez sigurnosne podrške – mogu biti stari softveri koji se više ne ažuriraju i softveri koji nisu dozvoljeni od strane organizacije, obično zbog poznatih sigurnosnih propusta.
- Greške u programiranju validacije unosa podataka – obično podrazumijeva nepostojanje zaštite od prepunjavanja bafera, cross-site scripting-a, SQL injection-a i sl. Predstavlja najčešće iskorištenu ranjivost prilikom napada na sistem.
- Ranjivosti jezgra operativnog sistema – uglavnom najteže identifikovana ranjivost. Ukoliko pojedina ranjivost jezgra nije dobro poznata, često je klasične metode skeniranja ne otkrivaju i jedino je moguće otkriti analizom izvornog koda.

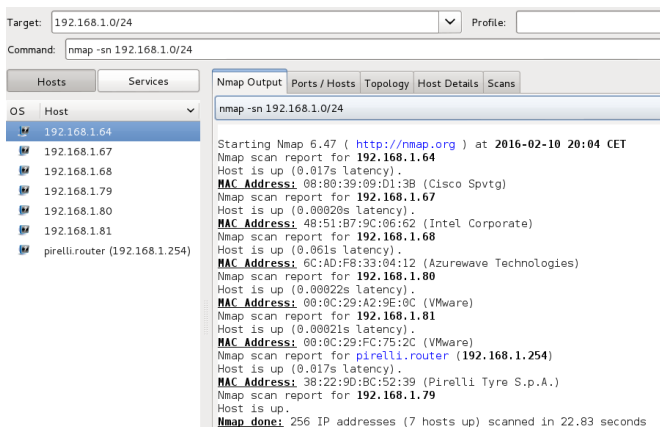
4. OPEN SOURCE ALATI ZA IDENTIFIKACIJU RANJIVOSTI IS

Alati koji se koriste za identifikaciju ranjivosti IS, a koji će biti prikazani i pomoću njih izvršeno testiranje u ovom radu su: nmap [8], koji se koristi putem Zenmap GUI-ja i OpenVAS [9] framework, prikazan putem Greenbone security alata. Svi navedeni alati su pod open source licencom i besplatni za korišćenje, a korišćeni su na instalaciji Kali Linux-a verzije 2016.1, koji je podignut u okviru VMware workstation 10. Informacioni sistem koji je testiran za ranjivostima je podignut na Linux Ubuntu serveru 12.04.

4.1. NMAP

Nmap je multifunkcionalni alat za analizu mreže koji se može pokretati na svim popularnim operativnim sistemima. Koristi se da detektuje aktivne sisteme na mreži, otvorene portove na njima, operativne sisteme i softvere i njihove verzije. Na osnovu toga administrator može dobiti detaljan uvid u uređaje, stanje i postojeće rizike na sistema, kao i da zaključuje da li na mreži postoje „uljezi“.

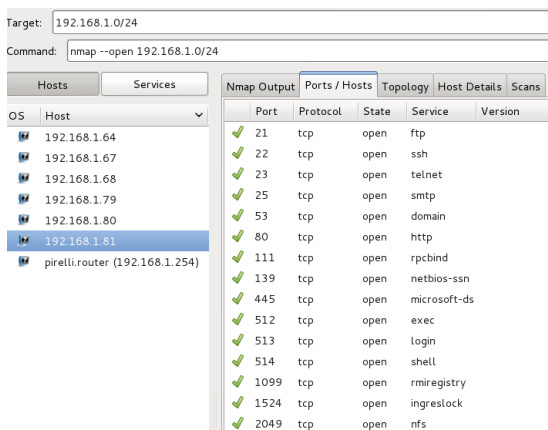
Jedna od osnovnih funkcionalnosti nmap-a je skeniranje otvorenih portova, koje se pokreće komandom „nmap -sP 192.168.1.0/24“, gdje je već zadan opseg mreže u CIDR formatu. [10] Ova funkcionalnost će u ovom radu poslužiti kao početna tačka za analizu ranjivosti sistema.



Slika 1. Rezultat skeniranja mreže nmap-om

Na slici 1 su prikazani rezultati skeniranja mreže za aktivnim hostovima. Nmap izlistava hostove po IP adresama i daje pregled osnovnih detalja kao što su MAC adresa i proizvođač, kao i vrijeme koje je bilo potrebno da se kontaktira host (latency).

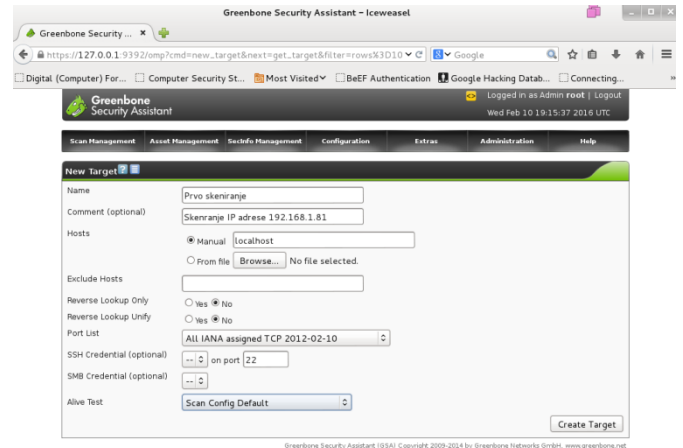
Sljedeći korak je skeniranje mreže za otvorenim portovima komandom „nmap --open 192.168.1.0/24“. [10] Nmap tada izlistava otvorene portove za svaki host, kao i servis koji koristi taj port (slika 2).



Slika 2. Rezultat skeniranja otvorenih portova

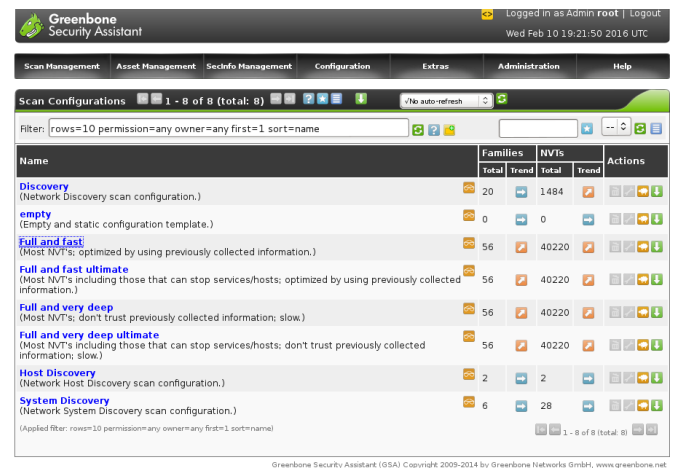
4.2. OPENVAS

Nakon ovog skeniranja sljedeći korak je da se servisi sa otvorenim portovima analiziraju i testiraju za ranjivostima. Ovo testiranje se vrši putem OpenVAS frameworka, a u ovom radu je za njegovu implementaciju iskorišćen alat Greenbone security. Greenbone security se pokreće kao web aplikacija na localhost-u (http://127.0.0.1:9392). Na slici 3 je prikazana konfiguracija inicijalnog skeniranja hosta na kome je prethodnim skeniranjem dobijen izvještaj da postoje potencijalno ranjivi servisi.



Slika 3. Konfiguracija inicijalnog skeniranja Greenbone security alata

Nakon konfiguracije skeniranja, korisniku se predstavljaju različiti profili skeniranja, koji nude upotrebu različitih online baza ranjivosti (CVE, NVT, CPE i sl.), kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Profili skeniranja koje nudi Greenbone security

Korisnik uvijek može da pregleda trenutnu bazu ranjivosti koja je dostupna, i da prije svakog skeniranja izvrši ažuriranje iste. U pregledu baze ranjivosti je dat i datum kada je posljednji put svaka ranjivost ažurirana, koji operativni sistem, platformu, aplikaciju ili servis pogađa, kao i nivo opasnosti po sistem, ocjenom od 0 do 10 (slika 5). Ranjivosti su takođe označene i bojom (plava – nisko kritične, narandžasta – srednje kritične i crvena – visoko kritične).

Name	Family	Created	Modified	Version	CVE	Severity
Debian Security Advisory DSA 3329-1 (linux-security-update)	Debian Local Security Checks	Tue Aug 11 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1558 \$	CVE-2015-1333 CVE-2015-3212 CVE-2015-4692 CVE-2015-4700 CVE-2015-5364 CVE-2015-5366 CVE-2015-5697 CVE-2015-5706 CVE-2015-5707	10.0
Fedora Update for openssl FEDORA-2015-12054	Fedora Local Security Checks	Tue Aug 11 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1558 \$	CVE-2015-5600 CVE-2014-9278	8.5
SuSE Update for Chromium opensUSE-SU-2015-1287-1 (Chromium)	SuSE Local Security Checks	Tue Aug 11 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1558 \$	CVE-2015-1270 CVE-2015-1271 CVE-2015-1272 CVE-2015-1273 CVE-2015-1274 CVE-2015-1275 CVE-2015-1276 CVE-2015-1277 CVE-2015-1278 CVE-2015-1279 CVE-2015-1280 CVE-2015-1281 CVE-2015-1282 CVE-2015-1283 CVE-2015-1284 CVE-2015-1285 CVE-2015-1286 CVE-2015-1287 CVE-2015-1288 CVE-2015-1289 CVE-2015-5695	7.5
Joomla Module JoomlaShopping SQL Injection Vulnerability	Web application abuses	Tue Aug 11 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1561 \$		7.5
Mozilla Firefox Security Bypass Vulnerability - Aug15 (Mac OS X)	General	Mon Aug 10 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1561 \$	CVE-2015-4495	4.3
Mozilla Firefox ESR Security Bypass Vulnerability - Aug15 (Mac OS X)	General	Mon Aug 10 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1561 \$	CVE-2015-4495	4.3
Mozilla Firefox ESR Security Bypass Vulnerability - Aug15 (Windows)	General	Mon Aug 10 2015	Tue Aug 11 2015	\$Revision: 1561 \$	CVE-2015-4495	4.3

Slika 5. Pregled NVT baze ranjivosti

Nakon izvršenog skeniranja se dobija izvještaj sa ranjivostima, njihovim brojem i klasifikacijom, kao i preporučenom zaštitom datih ranjivosti (slike 6 i 7).

Date	Status	Task	Severity	Scan Results	Log	False Pos.	Actions
Wed Feb 10 19:49:01 2016	Done	Immediate scan of IP 192.168.1.81	10.0 (High)	8 13 4 48 0			

Slika 6. Izvještaj o skeniranju hosta 192.168.1.81

Vulnerability	Severity	Host	Location	Actions
Possible Backdoor: Ingreslock	10.0 (High)	192.168.1.81	1524/tcp	
PostgreSQL weak password	9.0 (High)	192.168.1.81	5432/tcp	

Slika 7. Pregled detektovanih rizika: otkriven je mogući backdoor na portu 1524 i slaba lozinka na PostgreSQL bazi

5. ZAKLJUČAK

Pošto je praktično nemoguće napraviti potpuno siguran sistem, ono čemu treba težiti je smanjivanje poznatih rizika na minimum i otkrivanje što većeg broja nepoznatih rizika,

kako postojećih tako i potencijalnih, kako bi ih mogli kontrolisati ili ukloniti. Kako bi se ranjivost IS-a smanjila i uspješno kontrolisala, najbitniji faktor predstavlja obuka zaposlenih. Stoga je neophodno konstantno edukovati kako administratore, tako i korisnike IS-a, o važnosti i elementima sigurnosti.

Takođe, kako bi se na najmanju moguću mjeru svele ranjivosti sistema, neophodni su: redovna sigurnosna ažuriranja i sprovođenje sigurnosnih testova nad sistemom. Primjeri iz prakse pokazuju da je najbolje koristiti više različitih alata sukcesivno, kako bi izvještaj o ranjivostima bio što sveobuhvatniji i precizniji. Na osnovu dobijenog izvještaja neophodno je u što kraćem roku otkloniti dobijene ranjivosti. Preporuka je da se prije uvođenja novog sistema ili inoviranja postojećeg, sva testiranja prvo sprovedu na testnom okruženju, otklone sve ranjivosti i tek nakon uspješno odrađenih navedenih aktivnosti sprovede uvođenje novog sistema ili inovacije u produkciono okruženje.

Iako organizacije implicitno imaju povjerenja u svoje zaposlene, povremeno je neophodno izvršiti i eksternu reviziju i testiranje IS-a, kao bi se utvrdila validnost internih testiranja.

LITERATURA

- [1] Boritz, J. E., „IS Practitioners' Views on Core Concepts of Information Integrity“, International Journal of Accounting Information Systems, 2005
- [2] Swanson, M., et al., „Contingency Planning Guide for Federal Information Systems“, NIST Special Publication 800-34 Rev. 1, pp. 43-48, B-1, 2010
- [3] Jouini, M., Ben Arfa Rabai, L., Ben Aissa, A., „Classification of security threats in information systems“, 5th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, 2014
- [4] Vuletić, D., „Napadi na računarske sisteme“, Vojnotehnički glasnik, pp. 235–24, Beograd, 2012
- [5] „An overview of vulnerability scanners“, The Government of the Hong Kong SAR, 2008
- [6] Orrill, J., „What Is the Difference Between Active & Passive Vulnerability Scanners?“, Houston Chronicle, 2009
- [7] „Vulnerabilities Scanners“, URL: <https://corisweb.stsisp.ro/tools/scanners>, pristupljeno 07.02.2016.
- [8] URL: <https://nmap.org/>
- [9] URL: <http://www.openvas.org/>
- [10] Katterjohn, K., „Port Scanning Techniques“, 2007

ZNAČAJ IT ZA IZOLOVANE ZAJEDNICE IMPORTANCE OF IT FOR ISOLATED COMMUNITIES

Hristina Bojović, *PMF, Kosovska Mitrovica*
Bratislav Bojović, *FIT, Univerzitet Singidunum, Beograd*
Risto Bojović, *FTN, Kosovska Mitrovica*

Sadržaj: U ovom radu dati su rezultati ankete sprovedenoj u srpskoj enklavi Goraždevac na Kosovu i Metohiji o značaju koji savremene informacione tehnologije imaju za žitelje ove izolovane zajednice. Takođe, data je i njihova analiza sa stanovišta uticaja IT-a na različite aspekte života ljudi.

Abstract: In this paper results of a conducted poll in serbian enclave Goraždevac, in Kosovo an Metohija, about the importance of information technologies for the people of this isolated community are given. Also, these results are analysed in accordance with the impact of IT on various aspects of life.

1. UVOD

Goraždevac je seoska opština u okolini Peći, naseljena pretežno srpskim stanovništvom. Pre rata u ovom selu je živelo 2500 stanovnika, a od 1999. godine selo je pod UN upravom i danas u njemu živi oko 1000 stanovnika. Selo ima najstariju crkvu-brvnaru u Srbiji, podignutu najverovatnije krajem 16. i početkom 17. veka, posvećenu Svetom Jeremiji. To je jedina kuća-crkva u Srbiji.

Goraždevac je nekoliko godina bio poprište etničkih tenzija, odmazdi i viševekovnih sukoba između dveju etničkih zajednica. Po završetku rata 1999. godine iz sela je izbeglo oko 2000 ljudi, mada su se neki kasnije vratili. U selu se danas nalaze: Dom zdravlja, Dom kulture, OŠ „Janko Jovičević“, Gimnazija „Sveti Sava“, Ekonomsko-trgovinska škola „Mileva Vuković“, Elektro-tehnička škola i Mašinska škola, Pošta i Policijska stanica. Goraždevac je pod 24-časovnom zaštitom KFOR trupa, zbog kontinuiranih napada albanskih ekstremista.

Kako bismo došli do podataka o zastupljenosti i korišćenju IT tehnologija u enklavi Goraždevac, sprovedli smo anketno istraživanje. Anketa je sprovedena u periodu od 10. do 20. juna 2015. godine. U anketi je učestvovalo 110 ispitanika sa stalnim boravkom na teritoriji Goraždevca. Pored učenika srednjih škola, učesnici ankete su bili i zaposleni u ambulanti u Goraždevcu (u okviru zdravstvenog sistema Republike Srbije), zaposleni u državnim organima Republike Srbije na teritoriji Goraždevca, poljoprivrednici, nezaposleni i zaposleni u javnim službama tzv. Republike Kosovo. Prevažodni cilj nam je bio da ustanovimo koliko se u ovoj specifičnoj sredini koriste Internet i mobilni telefon.

U cilju efikasnijeg sprovođenja ankete, kako ona ne bi zamarala ispitanike i kako bi se što više njih odazvalo i dalo što iskrenije odgovore, trudili smo se da ispitanicima ne postavimo veliki broj pitanja, ali da ona budu što aktuelnija. Zbog toga smo se usredsredili na analizu korišćenja Interneta i mobilnog telefona. Takođe, budući da su ispitanici iz seoske sredine, vodili smo računa i o tome da pitanja budu svima

razumljiva.^[1] Ipak, isključivo iz razloga jednostavnijeg sprovođenja ankete, najviše smo obilazili institucije Republike Srbije, pa odmah treba naglasiti da je prosečni obrazovni nivo ispitanika unekoliko viši od prosečnog obrazovnog nivoa posmatrano na nivou celog sela.

Na anketnom listiću nalazilo se 12 pitanja, i na svako pitanje trebalo je odgovoriti zaokruživanjem jednog od dva ili više ponuđenih odgovora.^[1] Pitanja (sa ponuđenim odgovorima) su bila sledeća:

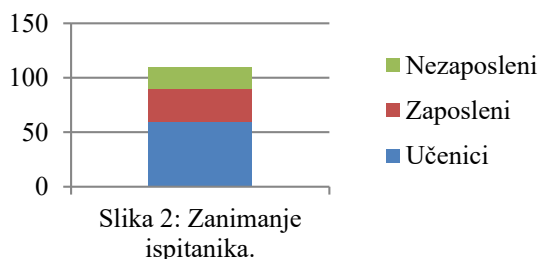
1. Pol
 - a) Muški
 - b) Ženski
2. Zanimanje
 - a) Učenik/student
 - b) Zaposlen
 - c) Nezaposlen
3. Mesto stanovanja
 - a) enklava Goraždevac
 - b) uža Srbija
 - c) druga enklava
4. U koje doba dana najčešće koristite Internet?
 - a) pre podne
 - b) posle podne
 - c) uveče
 - d) neprekidno
5. Koliko vremena dnevno provodite na Internetu?
 - a) ne koristim Internet
 - b) vrlo retko koristim Internet
 - c) najviše 1 sat dnevno koristim Internet
 - d) najviše 3 sata dnevno koristim Internet
 - e) najviše 8 sati dnevno koristim Internet
 - f) neprekidno
6. Koji tip Internet konekcije najčešće koristite?
 - a) kućni priključak (ADSL, kablovski)

- b) bežični
 c) na mobilnom telefonu
 d) kombinovano
7. Koji tip informacija/aktivnosti vas najviše interesuje na Internetu?
 a) vesti
 b) zabava (muzika, filmovi, igrice)
 c) obrazovanje (školsko gradivo, učenje jezika i sl.)
 d) telefoniranje
 e) društvene mreže
 f) poslovne informacije
8. Gde više koristite Internet?
 a) kući
 b) u školi / na poslu
9. Koliko su vam informacije dobijene putem Interneta važne?
 a) nisu mi uopšte važne
 b) važne su mi, ali ne isuviše
 c) veoma su mi važne
10. Koliko vremenski koristite mobilni telefon u toku dana?
 a) ne koristim ga
 b) retko
 c) do 1 sat dnevno
 d) do 3 sata dnevno
 e) do 8 sati dnevno
 f) neprekidno
11. Koliko brojeva mobilnih telefona imate?
 a) jedan
 b) dva
 c) tri, i više od tri
12. Da li vam je komunikacija putem mobilnog telefona važna?
 a) nije mi uopšte važna
 b) važna mi je, ali ne isuviše
 c) veoma mi je važna.

2. REZULTATI ANKETE

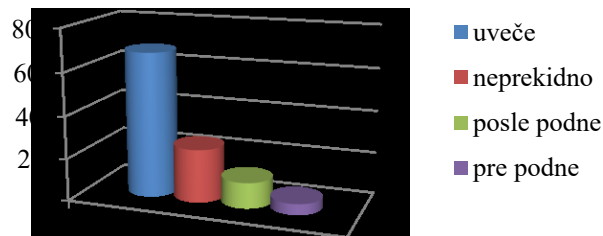
Rezultati ankete su sledeći:

- Od 110 ispitanika, bilo je 75 muškaraca i 35 žena.
- Ispitano je 60 učenika, 30 zaposlenih i 20 nezaposlenih.



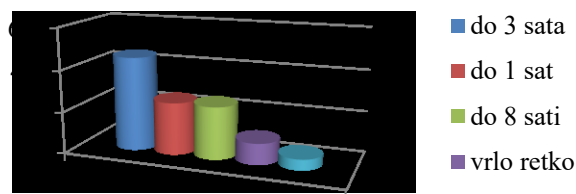
3. Svi ispitanici su stalno nastanjeni na teritoriji enklave Goraždevac.

4. Internet najčešće koristi uveče 68 ispitanika, neprekidno 25 ispitanika, posle podne 12 ispitanika, pre podne 5 ispitanika.



Slika 3: Doba dana kada se najčešće koristi Internet.

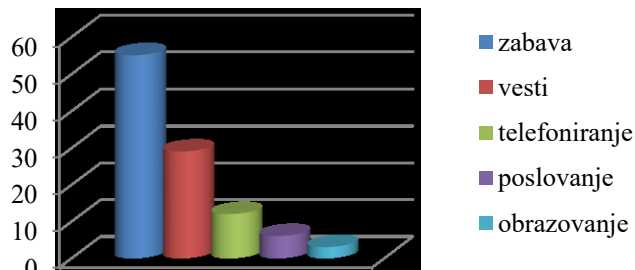
5. Najviše do 3 sata dnevno Internet koristi 45 ispitanika, 25 ispitanika najviše jedan sat dnevno, do 8 sati dnevno, takođe, 25 anketiranih, 10 ispitanika vrlo retko koristi Internet, a 5 ispitanika uopšte ne koristi Internet.



Slika 4: Dužina dnevnog korišćenja Interneta od strane ispitanika.

6. Najviše ispitanika, 40, koristi Internet na mobilnom telefonu, zatim kućni priključak 25 ispitanika, 15 ispitanika koristi bežični Internet, a sve tri vrste priključka koristi 25 ispitanika.

7. Ispitanici najviše koriste Internet za zabavu i društvene mreže (55), zatim za vesti (29), telefoniranje (12), poslovne informacije (6) i obrazovanje (3).

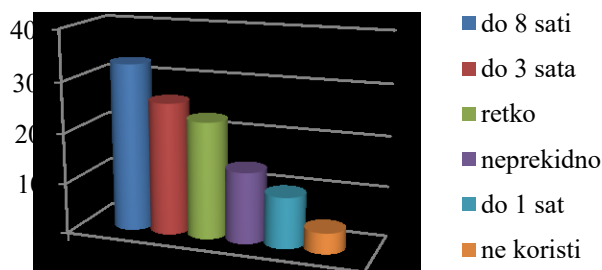


Slika 5: Svrha korišćenja Interneta.

8. Internet najviše koriste kući (94 ispitanik), a 11 koristi na poslu ili u školi.

9. O važnosti informacija dobijenih putem Interneta odgovori su bili: a) nisu im uopšte važne (3), b) važne, ali ne isuviše (87), c) veoma važne (15).

10. Najviše ispitanika u toku dana koristi mobilni telefon do osam sati (33), zatim do tri sata dnevno (26), retko ga koristi 23 ispitanika, neprekidno 14 ispitanika, jedan sat dnevno 10 ispitanika, a mobilni telefon ne koristi samo 4 ispitanika.



Slika 6: Dnevno korišćenje mobilnog telefona.

11. 86 ispitanika poseduje jedan broj mobilnog telefona, 18 ispitanika poseduje 2 broja mobilnog telefona, a 2 ispitanika ima tri i više od tri broja mobilnog telefona.

12. Komunikacija putem mobilnog telefona je važna, ali ne isuviše za 76 ispitanika, a za 34 ispitanika je veoma važna.

3. ANALIZA REZULTATA

Iz prikazanih rezultata mogu se izvući različiti i veoma interesantni zaključci. Posebno zbog toga što se radi o jednoj specifičnoj sredini. Ispitanici su bili iz različitih društvenih grupa, ali se svi mogu smatrati radno aktivnim (uključujući tu i učenike srednje škole i poljoprivrednike). Analizu dobijenih rezultata podelićemo na dva dela. U prvom delu, izvršićemo analizu dobijenih odgovora na svako pitanje posebno, a u drugom ćemo pokušati da izvučemo zaključke opšteg karaktera.

Odgovori na pitanje broj 1 nam jasno govore da je u anketi učestvovalo znatno više osoba muškog pola nego ženskog, iako smo se trudili da oba pola budu podjednako zastupljena. Objašnjenje za ovo leži u činjenici da se radi o enklavi koja se nalazi u neprijateljskom okruženju i u kojoj se boravak ne može smatrati sasvim bezbednim. Zbog toga je veliki broj porodica podeljen (jedan deo je u tzv. užoj Srbiji, dok je drugi u Goraždevcu, najčešće muški), pa je i broj stanovnika muškog pola znatno veći.

Radno-statusna struktura ispitanika, pitanje broj 2, pokazuje da je najviše učenika. To je zbog toga što su učenici pokazali najviše interesovanja za učešće u anketi. Oni su i najrevnosniji korisnici novih komunikacionih tehnologija.

Odgovori na pitanje broj 3 (da su svi ispitanici stalno nastanjeni na teritoriji enklave Goraždevac) su razumljivi jer skoro i da ne postoje oni koji rade u Goraždevcu a žive na nekom drugom mestu. To je, takođe, iz bezbednosnih razloga.

Doba dana u kome se najviše koristi Internet (pitanje broj 4) je veće. Razlozi za to su različiti, ali se svode na činjenicu

da ispitanici tada imaju najmanje obaveza i da korišćenje Interneta predstavlja neku vrstu zamene za večernji izlazak, čega u Goraždevcu praktično nema. Interesantno je i to da je skoro četvrtina anketiranih izjavila da koristi Internet neprekidno. To je u suštini veliki broj, jer se radi samo o onima koji imaju mogućnost neprekidne 24-oročasovne konekcije, a što nije slučaj sa većinom stanovnika Goraždevca. Naravno, uglavnom se radi o korišćenju društvenih mreža.

U vezi sa odgovorima na prethodno pitanje su i odgovori na peto pitanje. Broj onih koji najviše koriste Internet u toku dana (do 8 sati) poklapa se sa brojem onih koji su izjavili da Internet koriste tokom celog dana. Najveći broj anketiranih Internet koristi do 3 sata dnevno, a 5 je izjavilo da ga uopšte ne koristi.

U odgovorima na šesto pitanje dominiraju korisnici koji koriste Internet putem mobilnog telefona. Njih je četrdeset, ali ovom broju treba dodati i izvestan broj od onih 25 koji su izjavili da koriste kombinovani pristup.

Podatak da 55 ispitanika koristi Internet za zabavu i društvene mreže treba u slučaju enklave Goraždevac shvatiti tako da je i to jedan od najjeftinijih načina komuniciranja sa članovima porodice, rođjacima i prijateljima unutar i van Goraždevca (najčešće u užem delu Srbije). Ovde to nije samo stvar zabave, već i neophodnost jer se radi o izolovanoj sredini.

Činjenica da najveći broj ispitanika Internet koristi kući (njih 94-oro) pokazuje da većina stanovnika veliki deo vremena provodi u kući i da je stepen opremljenosti savremenim informatičkim sredstvima slab u javnim ustanovama i na javnim mestima.

U pogledu važnosti informacija dobijenih putem Interneta (9. pitanje), najveći broj je izjavio da su im one "važne, ali ne isuviše" (87). Iz razgovora sa anketiranimima zaključili smo da kod njih postoji izvesna doza naviknutosti na korišćenje Interneta, zbog čega ga smatraju uobičajenom i normalnom pojavom.

Kada se radi o korišćenju mobilnog telefona (pitanje broj 10), gotovo trećina ispitanika (33) koristi ga do 8 sati, a četvrtina (26) do 3 sata, što se može smatrati velikim stepenom upotrebe. U odgovoru na ovo pitanje neki ispitanici su shvatili da procenjeno vreme upotrebe treba da se odnosi samo na telefoniranje i slanje poruka, ali ne i na korišćenje mobilnog telefona za surfovanje po Internetu.

Podatak da ogromna većina anketiranih ima "samo" jedan broj mobilnog telefona je rezultat činjenice da na području Goraždevca funkcioniše samo jedan od tri operatera mobilne telefonije u Republici Srbiji (Telenor). Signalima ostala dva operatera ovo područje nije pokriveno. Korisnici koji su odgovorili da poseduju više od jednog broja mobilne telefonije uglavnom su oni koji koriste neki od brojeva operatera registrovanih od strane privremenih institucija na KiM.

Konačno, odgovori na 12. pitanje pokazali su koliko je za stanovnike enklave Goraždevac bitna komunikacija putem mobilnih telefona. Niko od anketiranih nije izjavio da mu taj vid komunikacije nije uopšte važan. Trećini ispitanika je, čak, veoma važan.

Pokušajmo sada da na osnovu svih prikazanih odgovora, i njihovog unakrsnog tumačenja, izvedemo neke zaključke opšteg karaktera. Oni će nam pomoći da bolje shvatimo ulogu i značaj savremenih informacionih sredstava za život ljudi u jednoj zatvorenoj i prilično izolovanoj sredini kao što je selo Goraždevac u Metohiji.

Prva stvar koja se može uočiti jeste da je korišćenje Interneta i mobilnog telefona zaista veliko. Od 110 ispitanika samo je 5-oro odgovorilo da uopšte ne koristi Internet, a 4-oro da ne koristi mobilni telefon. Ako uzmemo u obzir činjenicu da se radi o seoskoj sredini, onda ovaj podatak utoliko više dobija na značaju, budući da je među ispitanicima bio izvestan broj onih za koje se može reći da se nalaze na granici elementarne pismenosti, a što smo mogli da primetimo prilikom sprovođenja ankete. Takođe, jedan broj anketiranih je bio starije dobi. Pitanja o školskoj spremi i godinama starosti su prvobitno bila na anketnom listiću, ali smo primetili da su pojedini ispitanici nerado odgovarali na njih, pa smo ih isključili. Dakle, posmatrajući enklavu Goraždevac u celini, možemo zaključiti da samo oko 5% stanovnika ne koristi Internet i mobilni telefon. Pri tome, gotovo bez izuzetka, pomenutih 5% stanovnika ima jednog ili više članova domaćinstva koji koriste Internet i mobilni telefon i koji im obezbeđuju neophodne informacije.

Stepen korišćenja Interneta je više nego zadovoljavajući. Gotovo četvrtina ispitanika je odgovorila da Internet koristi do 8 sati dnevno, a oko 40% do 3 sata dnevno. Ovi podaci svoji pravi značaj dobijaju u svetlu uslova u kojima ljudi žive u Goraždevcu. Ovde, pre svega, mislimo na svakodnevna i viščasovna isključenja struje. Takođe, rezultati ankete pokazuju i da se Internet najviše koristi za zabavu i društvene mreže i to u večernjim satima. Ovo nedvosmisleno znači da Internet u izolovanoj sredini kao što je Goraždevac predstavlja svojevrsnu zamenu za različite društvene aktivnosti, kojih u Goraždevcu nema, a koje su uobičajene za druge sredine. U prilog ovome govori i podatak da najveći broj korisnika, preko 90%, koristi Internet upravo kod kuće.

Što se važnosti informacija dobijenih putem Interneta tiče, rezultati ankete smatramo da ne pokazuju pravo stanje, jer je 87 od 110 ispitanika izjavilo da su im one "važne, ali ne isuviše". Medjutim, uzmemo li u obzir sledeće činjenice: 1) da dnevna i periodična štampa iz ostalih delova Republike Srbije ne dolazi redovno, 2) da je broj TV kanala koji se mogu pratiti putem kablovskog distributivnog sistema relativno mali i da je njihovo praćenje otežano čestim isključenjima struje i 3) da je biblioteka u okviru škole uglavnom opremljena knjigama za potrebe nastave, vidimo da Internet predstavlja istinski prozor u svet za ovu sredinu. Iskazani stepen važnosti može se objasniti time da je pristup Internetu relativno lak, jer postoji više načina na koji se to može postići, nije toliko zavisano od jednog operatera i snabdevanja električnom energijom. Takođe, njegovo najčešće korišćenje "za zabavu i društvene mreže" ostavlja utisak neobaveznosti kod korisnika i na neki način maskira značaj onih važnih informacija koje se dobijaju, a koje su malobrojnije.

Upotreba mobilne telefonije u Goraždevcu je specifična u odnosu na ostala mesta u Republici Srbiji. Od 3 srpska operatera, prisutan je signal samo jednog (Telenora) i to ne uvek. Signali kosovskih operatera postoje, ali mobilne telefone u tim mrežama retko ko od stanovnika Goraždevca koristi, jer je telefoniranje ka centralnoj Srbiji iz tih mreža izuzetno skupo. Ovaj način komuniciranja smatra se najsigurnijim, s obzirom da ne zavisi od dobre volje kosovskih vlasti. Praktično ne postoji pojedinac koji nema mobilni telefon i koji ga ne koristi redovno u većoj ili manjoj meri. Najvažniji razlog za ovo je svakako bezbednost, lična i kolektivna, koja je u prošlom periodu (od 1999. godine) bila više puta ugrožena od strane albanskih nacionalista. Uz to, mobilni telefon se pokazao kao uređaj univerzalnog tipa koji ne služi samo za telefoniranje. Vrlo je česta njegova upotreba za pristup Internetu, a koristi se i kao radio aparat, foto aparat, alarmni uređaj, džepni kalkulator, baterijska lampa i slično. Ovo su primene koje u Goraždevcu imaju veći značaj upravo zbog već pomenutog čestog viščasovnog isključivanja električne energije.

4. ZAKLJUČAK

Rezultati sprovedene ankete, ali i život sa žiteljima Goraždevca, nedvosmisleno svedoče o izuzetnoj važnosti informacionih tehnologija za izolovane društvene zajednice.

Ako se uzmu u obzir dve najvažnije pomenute činjenice: 1) veoma ograničena dostupnost IT sredstava u svakom plogedu (pokrivenost signalima, napajanje električnom energijom, nabavka potrebnih uređaja i njihovo održavanje) i 2) seoska sredina sa velikim brojem nisko obrazovanih stanovnika, onda se može reći da je korišćenje IT-a izuzetno veliko. Ovakav zaključak je moguć jer je zbog pomenutih razloga poređenje ove sredine sa nekim drugim "normalnim" sredinama praktično nemoguće. Zahvaljujući Internetu i mobilnoj telefoniji, članovima zajednice omogućen je pristup praktično svim neophodnim informacijama. Na taj način, njihovo funkcionisanje može biti gotovo normalno u skoro svim oblastima.

Stoga mislimo da je u svim sličnim slučajevima izolovanosti neophodno obezbediti što je moguće bolje uslove za primenu najsavremenijih IT sredstava. Ovaj zahtev se, čak, može svrstati u grupu onih koji se tiču osnovnih ljudskih prava i sloboda.

Što se, pak, samog Goraždevca tiče, obezbeđenje sigurnog i neprekidnog napajanja električnom energijom, kao i dostupnost signala mobilne telefonije svih operatera u Republici Srbiji, nameću se kao imperativ.

LITERATURA

- [1] Zoran Lalović, *Metodologija naučno-istraživačkog rada sa osnovama statistike*, materijal za studente, www.fms-tivat.me/predavanja4god/Methodologija_naucno_istrativa_cokog_rada_ZL.pdf

STEAM PEDAGOGY & ICT ENHANCED LEARNING: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE AND PARALLAX'S FORUMS AS WEB-ENABLED MENTORS

STEAM PEDAGOGIJA & UNAPRIJEDJENO UČENJE ICT TEHNOLOGIJOM: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE I PARALLAX FORUMI KAO WEB MENTORI

Gordana Laštovička-Medin, *Faculty of Science and Mathematics, University of Montenegro*

Abstract: *In this paper we present our research in planning the curriculum development for a contemporary course in Physics. We discuss issues, potential, support and supply, expandability and reliability of Boe-Bot Robotics platform from the perspective of designing the web-enabled learning with ICT mentors (Tutorials, Forums, Blogs, YouTube) as net-connected co-learners*

Sadržaj: *Rad prikazuje istraživanja u cilju planiranja novog modernog kursa na studijskom programu Fizika sa elementima robotike i fizičkog programiranja. Prikazan je potencijal, podrška i mogućnosti nadgradnje platforme Parallax Boe Bot Kit iz perspektive ICT unapređenog učenja sa ICT mentorima (blog, forum, YouTube, tutorial).*

1. INTRODUCTION

In the environment of rapid technology progress and ubiquitous digital space the meaning of education is changing. "There is less certainty about what counts as important knowledge. Knowledge generation and construction have replaced knowledge replication and repetition as important" [1]. Views of effective learning and how learners learn moved away from an emphasis on rote learning, memorising and repetition. Focus is placed on higher-order thinking for creativity, imagination, evaluation and flexibility in order to keep pace with the information age and for learners to be able to judge what is needed and what is worth learning. Learning theories such as those based on the work of Vygotsky promote constructivism. The implication of adopting constructivist principles is to suggest that learning is situated; it is context- and individual-specific and it must place emphasis on social interaction and active learning. Furthermore, there is emerging new research on cognition, called "embodied cognition". "Instead of emphasizing formal operations on abstract symbols, the new approach foregrounds the fact that cognition is, rather, a situated activity, and suggests that thinking beings ought to therefore be considered first and foremost as acting beings" [1]. Motivation and engagement is now seen as central requirement for effective learning. Teacher's role is changing from transmitter to facilitator and supporters of learning. The emphasis in education is moving away from teacher-centred teaching to learner-centred learning.

In the context where neither the teacher nor the textbook is the repository of all knowledge, the internet is an embodiment of, and medium for, the practise of constructivism. Student-cantered learning has become a natural consequence of internet usage. The non-linear nature of the internet and its use promote and foster reflection and networked learning, both of which are essential ingredients of metacognition. There are three ways of thinking about the role of information and communications technology (ICT) in

teaching thinking skills: as tutor or teaching machine, as providing 'mindtools' and as a support for learning conservation. Using technology, however, does not, by itself, lead to transferable thinking skills. Much depends on learning design provided by teacher. In this paper we explore ICT tools in order to develop the pedagogy with aim to move away from teacher-centred instruction and towards the facilitation of learning with ICT, particularly through group work and student-cantered learning. Learners and teacher become partners in the co-evolutive process of knowledge construction.

The presented research is set within two different contexts, one being exploring the tools which will emulate STEAM subjects in teaching measurement in physics and another being the testing of new pedagogy through the chosen tool. At present there is no such research conducted at the Faculty of Science and Mathematics of the University of Montenegro. In spite of the fact that STEAM pedagogy is broadly disseminated through EU [2], it is not yet recognized as necessity by Montenegro's educational policy.

2. SHIFTING THE OWNERSHIP OF LAB FROM UNIVERSITY TO THE STUDENTS

In this paper we present our experiences in planning the curriculum development in Physics. We discuss issues, potential, support and supply, expandability and reliability of Boe-Bot Robotics platform from the perspective of designing the technology-enhanced learning with ICT artifacts as net-enabled learning mentors. Academic staff is seen as facilitator towards innovations. The experiential learning is enhanced by moving the ownership and maintenance of laboratory equipment from the University to the students and authenticity of learning is enabled by cultivating the bottom-up approaches with students as decision makers.. Students own a robotic kit with a programmable controller, sensors,

servos and software along with a toolkit to provide the basics for a mobile laboratory and design platforms. .

Learning design in a new contemporary curriculum will foster both situated learning at the group level and the situated learning at the level of individual relationship. Personal ownership of the learning activities becomes necessary for the derivation of meaning and the construction of understanding. These will involve the production of outputs that can only be achieved through understanding [3]. This brings the cognitive perspective into focus where learner interacts with subject matters, but importantly, in a way that manipulates it actively. To achieve it, we search for web-enabled tools that “empower learner with great flexibility in control of their own learning through processes allowing rich dialogue with others with whom the learner can identify”[3]. Thus we are aiming for tool which will allow learners more control over time, place and pace of their learning, while the resources of the WWW and the opportunity to connect with learning communities worldwide mean that the curriculum no longer defines the learning experience but rather provide a starting point for exploration.

3. ICT- ENHANCED LEARNING

Our learning activity’s design is centred around robotics where the aim is not to teach robotics but to use robotics as tool to teach concepts in electronics and physics. Robotics provides a rich and complex learning environment and requires learning of physical computing and knowledge of embedded systems. There are many commercially available robotic kits. In order to develop ICT enabled learning and community of designers we look for toolkits which satisfy the following criteria: it is equipped with well-developed tutorial containing both the technical and scientifically educational material; it has a strong network supply, distributed forums and blogs for support of idea or to solve problems.

Here we present the The Parallax BOE-Bot Robotics Kit [4] for Arduino (Figure 1 [4]). The kit is beginner-friendly (no programming experience needed before); it is an open platform which means that exposed circuitry allows students to learn and create their own electronic circuits; it is a solder-free providing exploring with experiments and circuits on the breadboard; the robot is controlled by the Parallax’s microcontroller Basic Stamp II and the Board of Education. It is simple board containing a processor, power supply circuits, interfaces, connectors and small experimental solderless breadboard. The Basic Stamp II processor can be programmed with PBASIC language [5]. The code is developed within the free integrated development environment Basic Stamp Windows Editor, which contains also the code downloader and the communication terminal. The platform is expandable (additional sensors and hardware expansion kits can be added allowing complex and rich learning environment).

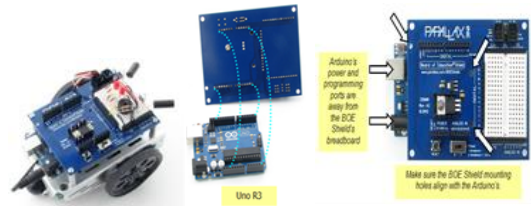


Figure 1: Parallax BOE-Bot Robotics Kit for Arduino with the instruction for assembling [4].

Furthermore, BOE Bot chassis is compatible with three different types of microcontroller brains : the Arduino, the Basic Stamp and the Propeller allowing students to program in different languages. Many circuit boards are available that can be plugged into the Arduino - these boards are called 'shields'. The kit we explored consists of a prototyping Shield for Arduino with Arduino Uno processor board, aluminium chassis with holes and slots for mounting sensors and accessories. Kit additionally includes touch whiskers, light sensors, infrared object detectors, LEDs and a loudspeaker. Wheels are driven by 50rpm continuous-rotation servo motors. The robot is controlled by the Parallax’s microcontroller Basic Stamp II and the Board of Education. It is simple board containing the processor, power supply circuits, interfaces, connectors and small experimental prototyping board – solderless breadboard. The Basic Stamp II processor can be programmed with the PBASIC language – simple but powerful version of Basic language. The code is developed within the free integrated development interface Basic Stamp Windows Editor, which contains also the code downloader and the communication terminal.

4. PARALLAX’S WEB TUTORIAL AS LEARNING MENTOR

Parallax Inc. wrote comprehensive step-by-step tutorials [4]. It is available on Parallax well documented instructable web site (se Figure 2). Presented in an easy-to-use online format, these tutorials provide guided learning and focus on some of the key principles of electronics, programming, and robotics. As pointed out by authors, the tutorial [4] is “designed to promote technology literacy through an easy introduction in microprogramming and simple robotics”. It includes 41 activities for the Boe-Bot Robotics text with structured PBASIC 2.5 source code. It is based on the original documented work [6]. The more comprehensive version is given in [7]. For additional supplemental educational material we refer to [8]. The activities in Tutorials guide the user through building the mechanical parts and circuits that make Boe Shield-Bot work. User is instructed how to download and install Arduino software in order to perform robotic tasks such as: monitor sensors to detect the world around it, make decision based on what it senses, control the motion (by operating the motors that make its wheels turn) and exchange information with its robotics. Tutorial gives instructions but also physics behind the activities, including the description of electric component’s functionality and relation between physics quantities. List of available activities is impressive and due to restriction of space we cannot go into details. Instead we will give brief

overview; the ability of control the I/O, reading values from sensors, data acquisition and data processing, movement control based on previously processed data and communication and debugging, controlling motion with servo motor, playing tunes on piezo-speaker, measuring light intensity with photoresistor, DAQ, graphing light measurement, building and testing speaker etc.



Figure 2: Parallax instructable web site with the code example [9]

Tutorial also includes a set of excellent traditional schematics and wiring diagrams supporting learning of basic electronics circuit design. An example of schematic diagram showing how to set up an Arduino controlled LED experiment (switch off and on) is displayed in Figure 3 (on right)..

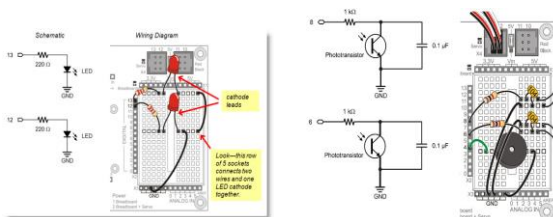


Figure 3: Parallax schematics and wiring diagrams in order to switch off and on LED (left); Phototransistor circuit with capacitor (right) [4].

Another extracted example from Parallax’s tutorial is displayed in Figure 4, showing schematic diagram for light sensitive navigation with phototransistor. The light sensors in Boe-Bot kit respond to visible light along with an invisible type of light called infrared. The BASIC Stamp is programmed to interact with phototransistors in order to detect variations in light level. With this information, program can be expanded to make the Boe-Bot recognize light or dark areas, report overall brightness and darkness levels, and seek out light sources such as flashlight beams and doorways that are letting light into dark rooms. The current that is flowing through the phototransistor changes based on the amount of visible light that is present.

Instead to deal only with binary measurements students may extend their research towards getting information about the actual level of ambient light that is present in a specific surrounding. In order to do this, it is necessary to introduce a new type of circuit called transistor-capacitor circuit as it is demonstrated in Figure 3 (on the left) where the circuits responds independently to the light level reaching each phototransistor. The phototransistors point upward at about 45°, one forward-left and the other forward-right. This way, a sketch monitoring the values of both phototransistors determines which side of the BOE Shield-Bot sees brighter

light. Then, this information can be used for navigation decisions. Due to limits with space we extracted only two activities and suggest reading tutorial for more information.

5. BUILDING COMUNITY OF DESIGNERS

As previously emphasized we want to define a learning activity in a way that it supports decisions which are to be made by the learner, and the information required to support these decisions. To achieve it our toolkit has to have strong support from community of developers and a widely distributed network of forums and blogs. Indeed, Parallax Boe-Bot has impressive net of forums. Here is shorten list: Parallax maintains a tree – moderate forum for customers, covering a variety of subjects; Propeller Chip for all discussions related to the multicore, BASIC Stamp Forum for project ideas and technical support; Sensor Forum - offering discussions related to Parallax’s wide array of sensors and interfacing sensors with Parallax microcontroller, Stamps in Class – offering discussions about educational materials, Wireless Forum – including topics such as XBee, GSM/GPRS, Projects – which help developers to publish their work on Parallax web-site etc. The forum called Resources for Education provide comprehensive bank of projects for classroom.

6. YOUTUBE AS WEB-ENABLED MENTOR

We found that complex work such as prototyping can be difficult to explain by utilizing just text or images. And it is impossible to reverse time and thus reverse demonstration of prototyping we do in classroom. Videos as artifacts allow it. Learner can learn on his own pace and stop video material if needed. YouTube’s videos can illustrate a complex concept or process by visually demonstrating the steps or ideas involved. This helps learners to effectively acquire and retain knowledge and skills, providing a visual context for course content. Moreover, students can create their own video during their prototyping and upload it on the virtual platform or post to their blog asking for feedback or an expert’s opinion. Video helps students to recap information they have learned or focus on a specific topic. This not only helped them to boost knowledge retention, but also allowed them to build upon their design skills and creativity. It helps learner to develop reflective and meta-cognitive skills, and support self-corrected and self-directed learner. Feedback can be quickly received if posted on one of Parallax’s forums. Video materials recorded by students is also a great resource for disunions and developing new ideas and for peer-review. However clear guidelines are needed so that students stay on topic and know exactly what is expected of them. Figure 4 shows Screenshot of some material related to Boe-Bot on YouTube channel.

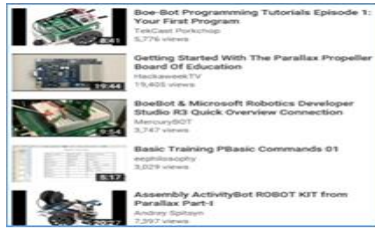


Figure 4: Boe-Bot YouTube resources.

7. ALTERNATIVES, UPGRADES

The Board of the Education Shield is designed to provide a link to Arduino. This shield can be replaced by a Propeller ASC+ which is an Arduino Shield – compatible prototyping system designed to use existing Arduino add-on boards with the Propeller SPIN language, Propeller Assembly, C and C++. This Propeller Multicore Processor gives power to truly simultaneous processing and support an amazing array of projects. Built-in MicroSD card and XBee wireless module sockets simplify advanced applications. The whole set up can be extended by adding microprocessor Raspberry Pi in order to control Arduino, or to build own web-site and create mini remote labs on it. The Atmel AVR processor is also the base of the educational platform MiniMEXLE [10]. Moreover, Java programming can be used via a special Javelin processor [11]. Basic Stamp II chip can be exchanged by PicAXE [12] processor opening other possibilities. Additionally Gertboard for Raspberry Pi Arduino shield and Arduino can be combined and easily adapted and added to Parallax Educational board and network of sensors can be explored.

8. CONCLUSION

This paper presents work which is a part of comprehensive study initiated for the purpose of developing a new contemporary learning design for the curriculum Basic measurement in physics of the Faculty of Science and Mathematics at the University of Montenegro. Presented work was focused on the Boe-Bot robotics kit from both perspectives of activities and from the perspective of web-enabled resources and ICT – powered learner. Short overview of available web-enabled resources supporting independent and self-corrected and student's learning is presented too. Alternatives and possible upgrades are also overviewed. Even with such a simple kit it is possible to do impressive amount of educational and even research activities. The paper [13] reports on an advanced example of possibilities of the implementation of the robot which was used for genetic algorithm for path learning. Another interesting example is physics curriculum called NASA-Threads which have been developed as high school physics curriculum [14]. Our future work will be focused on designing more complex and advanced physics systems and experimental set-up.

REFERENCES

- [1] Louis Cohnen, Lawrence Manion, Keith Morrison and Dominic Wyse, *A guide to teaching practice, revised 5th edition*, Routledge, 2010
- [2] Danah Henriksen, "Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices," *The STEAM Journal*, Vol. 1: Iss. 2, Article 15. DOI: 10.5642/steam.20140102.15, 2014
- [3] T. Mayes and S. de Freitas, "Technology-Enhanced Learning, The Role of Theory", in H. Beetham and R. Sharpe (edd), *Rethinking Pedagogy for a Digital Age: designing for 21st century learning*, Routledge, 2013
- [4] Andy Lindsay, "Tutorial for Robotics with the Board of Education Shield for Arduino", Parallax Inc.
- [5] Martin, Jeff et al., "BASIC Stamp Syntax and Reference Manual, Version 2.2", Parallax, Inc., Rocklin, California, 2005, ISBN 1-928982-32-8;
- [6] Andy Lindsay, "Robotics with the Boe-Bot, Version 2.2", Parallax, Inc, Rockin, California, 2004, ISBN 1-9289982-03-4
- [7] Andy Lindsay, "Robotics with the Boe-Bot: Student Guide, Version 3.0", Parallax, Inc, Rockin, California
- [8] Andy Lindsay, "What is MicroController?, Version 2.2", Parallax, Inc, Rockin, California, 2004, ISBN 1-928982026-03-4
- [9] <http://learn.parallax.com/ShieldRobot>
- [10] Tomas Pospiech, Juraj and Gerhard Gruhler, "MiniMEXLE – The microprocessor development board for everyone", *Radioelektronika – 16th International Czecho-Slovakian Scientific Conference*, 2006
- [11] Al. Williams, "Javelin Stamp Manual, Version 1.0", Parallax, Inc., Rocklin, California, 2002
- [12] PICAXE Dedicated website by Revolution Education Lt
- [13] Pavel Petrovic, "Incremental Evolutionary Methods for Automatic Programming of Robot Controllers", *Doctoral Theses at the NTNU Thronheim*, Norway, 2007, ISBN 978-82-471-5031-3
- [14] H. Tims, K. Corbett, G. Turner, D. Hall, Poster, "NASA-Threads: a hands-on context based approach to a high school STEAM course", *Proc. of the American Society of Eng. Edu*, Louisville, Kentucky, June 22, 2010

LEARNING COREOGRAPHY AS INTERPLAY OF SCIENTIFIC AND AESTHETIC DIMENSION OF KNOWING: CRAFTING KNOWLEDGE WITH CONDUCTIVE PAINT AND MICROCONTROLLERS

KOREOGRAFIJA UČENJA KAO INTERPLEJ NAUČNE I ESTETSKE DIMENZIJE SAZNAVANJA: KRAFTING ZNANJA POMOCU PROVODNE BOJE I MIKROKONTROLORA

Gordana Laštovička-Medin, *Faculty of Sciences and Mathematics, University of Montenegro*

Abstract: *Paper explores benefits of crafting with Arduino based microcontroller Touch Board, paper as computing medium and conductive paints as wires towards deeper understanding the physics concepts. This approach is in line with learning theory of embodied cognition, constructivism, and connectivism.*

Sadržaj: *Rad proučava prednosti podučavanju električnih kola kroz "crafting" uz koriscenje mikrokontrolora Touch Board and papira kao e- medijuma. Ovakav pristup je u skladu sa 'emerging' teorijom 'emodied' kognitivizma, konstriktivizma i konektivizma.*

1. INTRODUCTION

This article gives a value to research on an explorative question of what an academic approach that puts craft theory into practice within teaching context and makes craft practice into theory, would consist of. It can also add value on the research of cognitive and learning artifacts. We use cognitive and learning artifacts as framework for designing learning activities [1]. It is in the line with the constructionist theory of educational psychology where the concept of making knowledge visible is a central component. Thus we used the creation of material artifacts as a technique to allow students to display their knowledge. The theories of learning and cognition offer a compelling rationale for the value of tangible and embodied interaction for supporting learning [2], being compatible with socio-constructivist theoretical concepts including hands-on, engagement; experiential theories of learning [3], construction of models [4], collaborative activity and transformative communication [5]. Furthermore, tangible interfaces attempt to remove input-output distinction and try to open up new possibilities for interaction that blend the physical and digital world [6-7]. However, although the application of tangible computing in various contexts has been subject of many researches [8] it is little known how communication with tangible media through crafting strategies and aesthetic form of science education affects the cognitive domain and deep learning. To some extension, this article tries to contribute to this question as well. We also challenge traditional approach of teaching at the University of Montenegro by bringing a new mediim to think and learn with.

2. CONTEMPORARY SCIENCE: FUSION OF ART AND PHYSICS TOWARDS TANGIBLE TEACHING

At undergraduate level students are exploring an already known field of knowledge; they are explicitly not breaking new ground, except at a personal level. Thus I decided to challenge the teaching approach at the University of

Montenegro, and to teach physics through digital art and through connecting the invisible space of data flows with physical space sensed by human perception. I watched the way children manipulate with the digital world and realized that children are immersed in digital technology mainly because it gives them opportunity to actively interact with 'things' and at the same time through 'machine/things's feedback' they self-regulate and self-direct themselves towards creating a new knowledge. The similar philosophy of learning I applied in my work with the students. I conducted the pilot project aiming to encourage students to craft and tinker with electronic tools. Craft evokes dedication, perfection through the mastery of details. What spikes the mind is not so much thinking and reason as involvement, a feeling of intimacy and harmony with the materials, toolkits at hand, developed through long experience and commitment. Formulation and implementation merge into a fluid process of learning through which creative strategies evolve.

Why art and computing were mixed with physics content? I want to teach students that perception can be incorrect and prior knowledge misconception. "When creating art or artistic form of 'knowing', artists fall back on the visual comprehension of things. The realization of visual perception is always limited through subjective experiences and personal preferences and due to that, the results are often inaccurate and incomplete. Programming has the advantage of teaching learner to understand not only the global correlations but also the smallest details of an idea." (Manfred Mohr). Why do I insist on the aesthetic mode of knowing? Because I believe that the knowledge of the symbolic field is best imparted through direct aesthetic engagement with multiple representations, through an imaginative involvement with their meaning, as well as a practical pre-occupation with both their metaphors and structures seen as possible material for further symbolic re-creation in terms of personal and contemporary experience.

Why fusion of art and science? Big ideas in science came from great imagination and from seeing things in different

way (quantum theory, theory of relativity). In the world which is rapidly changing, the creative solutions to unexpected problems are requested. Creative learning has also a lot in common with the constructionist approach to learning, for instance from both perspectives it can be inferred that intrinsic motivation is a prerequisite for sustainable learning. Shortly, physical computing which allows digital art to be interactive involves embodied interactions and tangible interface which centre around the creation, manipulation and sharing of meaning through engaged interaction with artefacts.

3. LITERATURE OVERVIEW ON TANGIBLE DIGITAL KITS

The emerging technologies in the field of digital art, visualisation of concepts through tangible interactions and digital installation were supported mainly by artists which gave a boost also to the popularity of open source architecture and to digital social innovations through open access and shared knowledge, and to bottom-up approach of knowledge dissemination. The MIT Media Lab developed many electronic kits influenced by Seymour Papert's constructionist approach to learning and education [9]. Their aim is "learning through designing." They see their construction kits as defining a space to explore, not a collection of specific activities. The point is to make a powerful idea salient, and not forced [10]. In Mindstorms, Papert describes powerful ideas as ideas that "can be used as tools to think with over a lifetime."

Prototypes are especially helpful as conversation starters, to catalyse discussions among designers and potential users, and among learner and teacher. Learning activity with robotic activity might be qualify as "hands-on learning" or "learning-by-doing," but it is not what MIT Media Lab thought by "learning-through-designing." Their goal was to develop technologies that not only engage kids in constructing things, but also encourage (and support) them to explore the ideas underlying their constructions. This is also our motivation in order to bring curiosity into lecture room and let students explore without giving them pre-defined structure and aim. Authors in the paper [11] explored the calder hardware toolkit consisted of the wired and wireless components for rapidly prototyping interactive devices and providing a set of reusable small input and output components, and integration into existing interface prototyping environments. An easy development of physical interfaces through physical widgets were shown in [12]. Further, the d.tools introduces [13] a statechart-based visual design tool that provides a low threshold for early-stage prototyping, extensible through code for higher-fidelity prototypes. The .NET Gadgeteer [14] augments their electronics modules with software for developing custom 3D-printed enclosures. NET Gadgeteer devices are based on a mainboard, to which a number of peripheral modules can be connected. Each module provides certain functionality, such as sensing, actuation, display or communications ability. Phidgets [15] makes it easy to put together new combinations of sensors and actuators in conjunction with a PC. The Basic

Stamp and Arduino are two popular platforms that combine a toolkit-like microcontroller module with the use of breadboards off-the-shelf electronic components. An interesting evaluation of two frameworks for physical computing was reported In [16], authors evaluate two of the main frameworks for physical computing ("Cricket" model (LEGO Mindstorm kit, GOGO Boad WeDo kits PcoCricket) and "Breakout" model: Propellar and Basic Stamp) and proposed spatial programming and microcontroller - based platforms which brought many functional shields for microcontrollers. Further, LilyPad Arduino, which has custom circuit boards for LEDs, sensors, and motors already supplied with soldered resistors and extra components, making its use much more approachable by novices.

Additionally, a new movement emerged - craft approaches to technology. More recently researchers have begun to experiment with ways to more tightly couple electronics with craft or other hacking and do-it-yourself (DIY) practice. For example, the practice of circuit bending [17] encourages people to hack existing musical devices in order to create new interfaces and sounds. An interesting technique, squishy circuits [18] for creating electronic circuits with conductive and insulating play-dough was invented and thus a new medium for education as well for artistic approach. The newly designed techniques and newly explored computational mediums were highlighted by Arduino based LilyPad and e-textile. The perspective of using microcontroller as material in crafting was explored in [19] where a tiny ATiny45 microcontroller was at heart of the projects. In [20] robot design with circuits implemented on it. Another insight into pop-books (see Figure 1) and notebooks are presented in [21-22]. Interactive walls with magnetic and conductive paint are explored within projects such as Living wall: Programmable wallpaper for interactive[23]. Enabling Interface Surfaces by using Mobile Device and Conductive Ink Drawing was presented in [24]. There are many other papers and research but restriction with space does not allow us to describe in details



Figure 1. Pop-up books enhanced by electronics [21-22].

4. DIGITAL MANIPULATIVES AND TANGIBLE INTERFACE: BLENDED BITS WITH PAPER

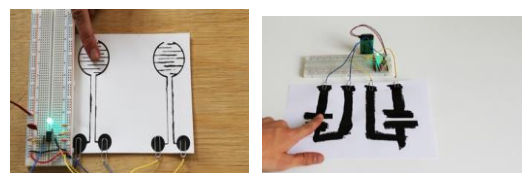


Figure 2: Tangible interaction with paper and conductive paint. Electric Paint [25].

While crafting with materials such as conductive paint and printed circuits on the paper we explore the physics concepts

and the microcontroller Bare Conductive Touch Board. First, the concepts such as resistance, conductivity, capacity were studied. The paint had role of “wires”, connecting the computational elements to one another. Different patches of square paper were painted with conducted paint on it the resistance dependance were tested. The different dissolutions of water based conducted paint were made too. The effect of light shadow and reflection of light were explored through exposing the paper with conducted ink to the light. Paper’s behaviour in communicatin with printed circuits were explored too (short cuts, humidity, tickness). The resistance dependance on paint temperature were measured too. After mastering the features of conductive paint we sdesigned some touch sensitive circuits with electric paint, magnet paint and sensor (microphone) on it. To observe the changes we added light and sound effects through LEDs and buzzer onto breadboard. An example of simple circuit with conductive paints on paper, LED’s, buzzer and timer circuit on breadboard, is displayed in Figures 2.

The research how to employ Arduino based Touch Board in broader framework is still under progress. Arduino based Touch Board is a powerful prototyping tool which combines Arduino compatibility with robust capacitive touch, distance sensing, an MP3 Player and MIDI (Musical Instrument Digital Interface) which is a technical standard that describes a “protocol, digital interface and connectors and allows a wide variety of electrical musical instruments, computers and other devices to connect and communicate with one another”. The Touch Board has 12 electrodes that can be extended to create individual touch sensors using Electric Paint. Capacitive touch and distance sensing work because of body capacitance, which refers to the physical property of the human body that has it as capacitor. Like any other electrically-conductive object, a human body can store electric charge if insulated. The Touch Board has capacitive electrodes that respond to human touch or proximity. Interface with printed sensors (Figure 4) communicates to VPT (Video Projection Tool) which is a free multipurpose real-time projection software tool for Mac and Windows. To interact with VPT and control video projections Touch Board can be programmed using customized code that treats printed sensors as a MIDI object.



Figure 4. An example of wooden interfaces to the Video Projection Tool.

The Arduouino development environment or software contains a text editor for writing code, a message area, a text console, a toolbar with buttons for common functions, and a series of menus. It connects to Arduino hardware such as the Touch Board to upload programs and communicate with them as well. Software written using Arduino is called a "sketch.". These sketches are written in the text editor. The developed kits with scetches (see Fig. 5) can be ordered. That allows us

more time to spend on crafting physics concepts and designing further applications on knowledge.

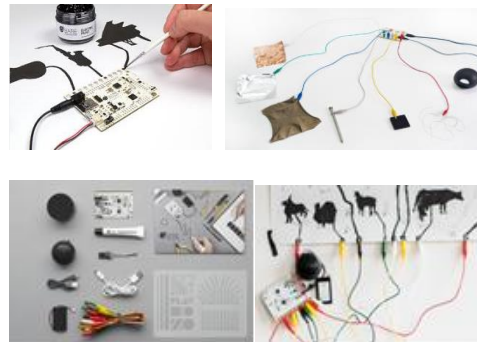


Figure 5. Figure 6: Bare Conductive Touch Board Inventors Kits [26]. Kickstarter project was launched by London based design studio, Bare Conductive.

5. BENEFITS FROM THE AESTHETIC MODE OF KNOWING: OBSERVATIONS

First of all, aesthetic mode of teaching science had significant impact on self-confidence, preserverience, patience and commitment of students to projects. To note, our stuents are mostly females so aesthetic value added to teaching the science makes significant imact on student’s participation on hands-on activities. In traditional teaching approach students show reluctance, anxiousness and tendency of avoiding participation in discussions what can be explained by fear from mistakes. Second, crafting knowledge made learning more personalized and authentic. Third, projects with Arduino based Touch Board and electric paint help students to understand how information travel through the following media: electrical wire, conductive paint, space, air. Students easily learn how to differentiate between digital and analog signal, and how communication devices employ digital and analog technologies. They developed understanding of interactions of energy and matter. Further, exploring how conductive paint can be used to control digital components brings different perspective in student’s thinking. Materials such as conductive paint, magnetic paint, steainless conductive threads and pressure-sensitive conductive sheets fasilitates expressive and exploratory, authentic and meaningfull ‘physical involvement’. However, the nature of the materials also introduced new challenges: the unpredictability of the ink so maintaining both a functional circuits and satisfying aesthetic process was difficult.

One interesting thing that we observed is that although, students adopted LEDs, sensors and Arduino as materials to be asthetically arranged, physically attached and creatively controlled, it appeared that the greatest challenge came not from manipulating (or programming) tangible parts, but from articulating their behavior. It become obvious that such apparent disconnect between physical components (sensors, etc.) and their interactive behaviors reveals opportunities for making and conceptualizing interaction design more tangible. Video and storyboard can enable learner to create and explore concrete representations of the embedded interactions they imagine and desire. More brodly, materializing aspects of ideation could open significant opportunities to increase

'physical involvement'. This can be further studied towards creating a new and tangible medium for externalizing, channelling and expressing emotions. The Bare Conductive paint can be implemented to trigger video projections mapped on the wall and floor of the stage. Touch board can be programmed to fade video in through touch, or flip through slides by passing a hand over the conductive paint. Images and video can be put into folders, and then dragged and dropped into VPT. We are aware that there is plenty of things we have to work on if we want to establish clear answer on question how crafting the knowledge through tangible and embodied interactions affects the cognitive domain. What we are confident to conclude is that this approach boost reflective skills, observing, evaluating, self-correction and self-regulation of learning.

REFERENCES

- [1] Norman A. Donald, "Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface", *Cognitive artifacts*. In: Carroll, John M. (eds), Cambridge University Press , 1991
- [2] Claire O'Malley, Dance Stanton Fraser, "Literature Review in Learning with Tangible Technologies, NESTA", *NESTA Nesta Futurlab Series, Report 12*, available,
- [3] J. Bruner, "Going beyond the Information Given", New York: Norton, 1973
- [4] M. Resnick, F. Martin, R. Sargent and B. Silverman, "Programmable Bricks: Toys to Think With", *IBM System Journal* 35, 3-4
- [5] R. D. Pea, "Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications", *Journal of the Learning Sciences* 3, 285-299
- [6] B. Ullmer and H. Ishii, "The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces", *Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'97)*, ACM Press, pp223-232
- [7] B. Ullmer and H. Ishii, "Emerging frameworks for tangible user interfaces", *IBM Systems Journal*, 39, 915-931
- [8] P. Dourish, "Where The Action Is: The Foundation of Embodied Interaction", *MIT Press*
- [9] S. Papert, *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. Basic Books, New York, 1993
- [10] S. Papert, "What's the big idea: Towards a pedagogy of idea power", *IBM Systems Journal*, vol. 39, no. 3-4
- [11] J. C. Lee, D. Avrahami, S. E. Hudson, J. Forlizzi, P. H. Dietz, and D. Leigh, "The calder toolkit: wired and wireless components for rapidly prototyping interactive devices", *In DIS '04*, pages 167–175. ACM, 2004
- [12] S. Greenberg and C. Fitchett, "Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets", *In UIST '01*, pages 209–218. ACM, 2001
- [13] B. Hartmann, S. R. Klemmer, M. Bernstein, L. Abdulla, B. Burr, A. Robinson-Mosher, and J. Gee, "Reflective physical prototyping through integrated design, test, and analysis", *In UIST '06*, pages 299–308. ACM, 2006
- [14] N. Villar, J. Scott, S. Hodges, K. Hammil, and C. Miller. "Net gadgeteer: A platform for custom devices", *In Pervasive '12*, 2012.
- [15] S.Greenberg, C. Fitchett, "Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets", *In: Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2001)*, pp. 209–218, 2001
- [16] P. Blikstein and A. Sipitakiat, "Qwerty and the art of designing microcontrollers for children", *In IDC '11*, pages 234–237. ACM, 2011
- [17] Q. R. Ghazala, "The folk music of chance electronics: Circuit-bending the modern coconut", *Leonardo Music Journal*, pages 96–104, 2004
- [18] S. Johnson and A. P. Thomas, "Squishy circuits: a tangible medium for electronics education", *In CHI EA '10* , pages 4099–4104. ACM, 2010
- [19] David A. Melis, Sam Jacoby, Leah Buechley, Hannah Perner-Wilson, and Jie Qi, "Microcontrollers as material: crafting circuits with paper, conductive link, electronic component, and an 'untoolkit'", *In Proceedings of the 7th International Conference on Tangible Embedded and Embodied Interaction (TEI'13)*, ACM, New York, NY, USA, 83-90
- [20] M. Coelho, L. Hall, J. Berzowska, and P. Maes, "Pulp-based computing: a framework for building computers out of paper", *In CHI EA '09*, pp 3527–3528. ACM, 2009
- [21] J. Qi and L. Buechley, "Electronic popables: exploring paper-based computing through an interactive pop-up book", *In TEI '10*, pages 121–128. ACM, 2010.
- [22] J. Qi and L. Buechley, "Animating paper using shape memory alloys", *In CHI '12*, pages 749–752. ACM, 2012
- [23] https://www.researchgate.net/publication/221573205_Living_wall_Programmable_wallpaper_for_interactive_spaces
- [24] Shi-Chuan, Chen-Wei Chiang and Liyoshi Tomimatsy, "Enabling Interface Surfaces by using Mobile Device and Conductive Ink Drawing", *Proceeding on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions: First International DAPI*, edited by Norbert Streitz, Constantine Stephanidis, 2013
- [25] <http://www.bareconductive.com/make/making-a-touch-sensitive-circuit-with-electric-paint/>
- [26] <http://www.bareconductive.com/make/stenciling-graphics-with-electric-paint/1;>

EMERGING INTERFACES FOR CONCEPTUAL CHANGE: CO-DESIGNING MODEL OF COOPERATION OF LEARNER, ARTIFACT – LEGO NXT AND REMOTE LAB EMERGING INTERFEJSI ZA KONCEPTUALNE PROMJENE: KODIZAJNIRANI MODEL KOOPERACIJE UČENIKA, ARTIFACTA – LEGO NXT I UDALJENE LABORATORIJE

Gordana Laštovička-Medin, *Faculty of Sciences and Mathematics, University of Montenegro*

Abstract: *Paper explores developing remote lab platforms together with students as producers in novel approach to contemporary learning design. The aim is to develop framework for developing remote lab which will present learning and cognitive artifact. Novices in teaching will promote open access, sharing knowledge and open data towards a creation of a new ICT knowledge and a new ICT products.*

Sadržaj: *Rad prezentuje preliminarna istraživanja sa ciljem inovativnog podučavanja mjerenja u fizici kroz Robotiku, naprednu ICT tehnologiju i programiranje fizičkim objektima, a sa ciljem kreiranja virtualnih laboratorija zajedno sa studentima koji tako postaju proizvođači znanja. Cij ovakovog podučavanja je razvijanje sistemskog mišljenja, sistemskog dizajniranja, eksperimentisanja, modeliranja, testiranja, razvijanja reflektivnog mišljenja i korigovanja usvojenog znanja u cilju kreiranja novog.*

1. INTRODUCTION

Designing for learning in an uncertain future is not an easy task and overviewing of technology become almost impossible. Technology futures are notoriously hard to foresee. "As more interactions take place in virtual and remote spaces, and as the 'real' environment is overload with more information and entry points to virtual networks, the real and virtual are becoming co-extensive. Virtual or hybrid spaces may no longer be 'sandpits' for learning in the real world, but maybe the very spaces where learners' personal, social, academic and professional life will be played out"[1].

Web went rapidly through transformations too bringing a new meaning and purpose of education. Web 3.0, termed as the semantic web or the web of data is the transformed version of Web 2.0 with technologies and functionalities such as intelligent collaborative filtering, cloud computing, big data, linked data, openness, interoperability and smart mobility [2]. Authors in [2] clearly pointed that "If web 2.0 is about social networking and mass collaboration between creator and user, then the Web 3.0 is referring to intelligent applications using natural language processing, machine-based learning and reasoning". From the perspective of advancement in e-Learning, the web 2.0 technologies have transformed the classroom and converted a passive learner into an active participant in the learning process". Furthermore in the same paper authors called for a new learning theory for e-Learning 3.0 is maybe not justified.

Together with web, e-learning, e-science went through transformation too. Science 2.0 is a suggested new approach to science that uses information-sharing and collaboration made possible by network technologies [3] It is similar to the open research and open science movements and is inspired by Web 2.0 technologies. Science 2.0 stresses the benefits of increased collaboration between scientists. Science 2.0 uses collaborative tools like wikis, blogs and video journals to share findings. Science 3.0 is emerging as corrections to the

Science 2.0 paradigm and bringing a new paradigm in peer-to-peer review (post-publication).

Having in mind above discussed and rapid rate with which emerging technologies are bringing a new perspectives and a new insights it is difficult to find right answer what is the best approach in designing for 21st century learning. However, in spite of the fact that world went through huge 'mental' transformation, the teaching at the University of Montenegro stay too long on the almost the same traditional approach and did not foster "intellectual flow" through creation of a new knowledge through student's 'maker-movement'. This paper challenges the traditional teaching approach initiating different attitudes towards the meaning of education and the role of students. The paper is not about giving a new insight into remote lab, it is rather initial step towards including students in innovation at the University of Montenegro. Thus, the paper explores the utilisation of modern ICT tools for the education in domain of Physics and provide an overview of existing tools that could be applied and/or combined in the education approach. Despite the popularity of these platforms, there is little research examining this topic from a usability perspective, applicability and advantages of its use for education purpose. Designing and developing web-enabled remote laboratories for pedagogical purposes is not easy task. As iniiial framework we consider two well-known software tools in the scope of engineering education, Easy Java Simulations and LabVIEW. As physical lab we consider Lego Mindstorm NXT[6-7]. As already said, the purpose is not to develop remote lab for students of physics but to build it together with them and then disseminate knowledge through 'community' of Physics Department fostering that way sustainability of teaching and learning. With this approach we would like to engage students to become producers instead of making students to be only consumers of "second hand" knowledge. So we search for ideas which are simple to be realized and give opportunities to students to grasp the "wholeness" of the system.

2. LITERATURE OVERVIEW

For an quick overview of remote labs and future directions we will give brief insight into Book “*Scalable E-Learning Tools for Engineering and Science Disciplines*” [4], which collects current developments in the multidisciplinary creation of Internet accessible remote laboratories. As written in the introduction the book “offers perspectives on teaching with online laboratories, pedagogical design, and system architectures for remote laboratories, future trends, and policy issues in the use of remote laboratories. It is useful resource for graduate and undergraduate students in electrical and computer engineering and computer science programs, as well as researchers who are interested in learning more about the current status of the field, as well as various approaches to remote laboratory”. In Chapter 4, authors presented the outlines of the remote laboratory integrated in the INTe-L system, using the Internet School Experimental System (ISES) as hardware and an ISES WEB Control kit as software. They suggested an architecture for implementing remote laboratories, with data transfer across the Internet, based on standard and reusable ISES modules as hardware and Java supported ISES software. The Learning Management System (LMS) MOODLE turns out to be a highly effective means of organization of physics courses. Matlab RTW-based Internet Accessible Remote Laboratory for Teaching Robot Control is described in Chapter 18 describes the use of Matlab Real Time Workshop (RTW) for implementing an Internet Accessible Laboratory (IAL) for teaching robot control. The IAL architecture consists of three key components - IAL Web Application, IAL database, and a set of robot control schemes prepared for students' laboratory curriculum that are running in Matlab RTW. The IAL management system supports multilingual access and enables easy addition of new users, new robotic systems, and new laboratory exercises related to robot control. The IAL functionality is demonstrated with the example of controlling a four degrees of freedom SCARA robot. Chapter 21 demonstrates that there are real advantages inherent in hands-on laboratory classes, and that we can measure this advantage. Authors emphasized that it is possible that measurements of practical intelligence may reveal new and more powerful ways for students to acquire practical knowledge and skills from remote laboratories as well. Chapter 23 presents interesting view: “Labshare: Towards Cross- Institutional Laboratory Sharing”. The future directions for remote laboratories: the real-time web, the 'Internet of Things' (IOT), collaboration across the web, synchronous distributed collaboration, and scientific workflows are analysed in Chapter 25. Mobile Laboratory Model for Next-Generation Heterogeneous Wireless Systems is given in Chapter 26.

Moreover there is growing internet based network. The NETLab Toolkit [5] is a free system for tangible interaction sketching and production. It enables novices and experts to quickly integrate hardware, media and interactive behaviours for products, installations, and research. It integrates with micro-controllers including the Arduino, and through its Flash widgets provides a drag-and-drop environment for hardware

and media sketching with no programming required. While recent developments in hardware (such the Arduino microcontroller) have made interactive objects and spaces easier to build, there remains a barrier in learning the development environments and software coding practices. For many designers, the Arduino environment, Processing language, Flash ActionScript or MAX/MSP can be difficult to learn and take time and focus away from the design process. The NETLab Toolkit removes this barrier and provides an easy entry point for designers in this dynamic new field known as “Tangible Interaction” or “Physical Computing”. It contains of three parts: Flash Widgets, Hub, MediaControl. Flash Widgets is a set of drag and drop components for Flash that perform common functions such as getting a value from a sensor, playing a video, making a sound, and controlling a motor. These widgets are graphical objects that can be simply configured and don't require any programming, making it easy to get a project running quickly and easily. The widgets also include hooks to more complex projects can use ActionScript code. Hub is a server that knows how to talk to Arduino, Make Controller, XBee, DMX, MIDI, and OSC (including the Wii controller via OSCulator). Any application can communicate with the Hub through the sockets protocol. While NLTK supports an interface via the Flash widgets, there is also an example of Processing talking to the Hub. In the future, they intend to provide a set of widgets that work on other platforms like Processing, iPhone/Android, etc. MediaControl is an application that works with the Hub by receiving OSC commands and then forwarding those commands to MIDI and DMX devices such as computer controlled lighting

There are many more different set-up for remote labs but due to restriction in space we cannot mentioned all. What we are interested is to find the simple set-up which is reusable, can be upgraded, its components can be easily replaced with alternative design that system is affordable, low-cost, mobile, and can offer to students learning the architecture of remote labs, protocols, and principle of embedded systems.

3. REMOTE LAB WITH LEGO MINDSTORM AS PHYSICAL LAB: DESIGN OBJECTIVES

We decided to explore LEGO Mindstorm NXT as options for building physical experimental set-up. Why? Because it is easy to run LabView on the host (Web server) or on his brick. The pedagogical aspect of LEGO Mindstorm is well described in [7-12]. An image of LEGO Mindstorms NXT 2.0 (8547) is shown in Figure 1. The kit has the intelligent NXT Lego brick, three interactive servo motors, four sensors (ultrasonic sensor, two touch sensors and the colour sensor), clour ssensor has triple functionality: distinguishes colors and light settings, and functions as a lamp, easy-to-use software (PC and Mac) with icon-based drag-and-drop programming and 16 fun building and programming challenges and four input and 3 output ports, and Bluetooth and USB communication link.



Figure 1: The completed LEGO Mindstorms NXT 2.0 (8547) and NXT programmable intelligent brick

The programmable intelligent brick is shown in Figure 1 (on the left). NXT brick displayed in Figure 2 (on the left) serves as the heart and brain of LEGO Mindstorm robots. It features 32-bit microprocessor, a large matrix display, 4 inputs and 3 output ports, and Bluetooth and USB communication link. Figure 2 shows three interactive servo motors and four sensors connected to the NXT brick.

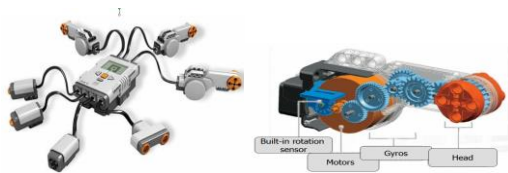


Figure 2.: The LEGO MINDSTORMS NXT brick and associated peripherals: three interactive servo motors and four sensors (ultrasonic sensor, two touch sensors and the color sensor) (on left); Lego Interactive Servo Motors V46 (on right)

4. THE NXT – ARDUINO INTERFACE

LEGO mindstorm kit is good tool for learning concepts in mechanics but it is ‘black box’ for upgrading projects with electric circuits. This gap is easily reduced by I2C bus via which Arduino and NXT can be linked. The NXT and the Arduino can communicate over I2C as it is shown in Figure 3. For that purpose the microcontroller Arduino is setup as an I2C slave, while the NXT is setup as an I2C master. It is important to note that the NXT must always be a master and can never be a slave.

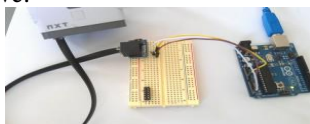


Figure 3: Hardware setup of NXT - Breadboard Adapter – Arduino interface (on right)

Another option can be to use Mindsensors NXShield-M or RS-485 which is a standard defining the electrical characteristics of drivers and receivers for use in balanced digital multipoint systems as (see Figure 4).

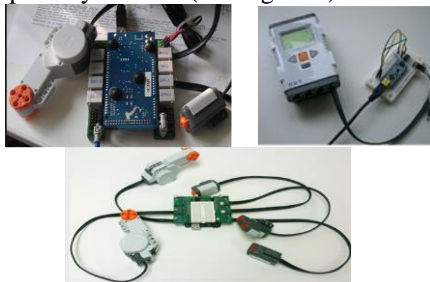


Figure 4: Mindsensors NXShield-M (left up) and RS-485 (right up) and Arduino2NXT Shield (bottom) in connection to Arduino board.

5. EMBEDDED DAQ AND THE RASPBERRY PI AS A WEB SERVER

The embedded DAQ system needs to be distributed, i.e. the different components needs to be installed and running on different computers or devices in a network. The network should be created by user using Switch/Router. Database should be MySQL as it is illustrated in Figure 5. The database should be running on a Raspberry Pi device with Linux

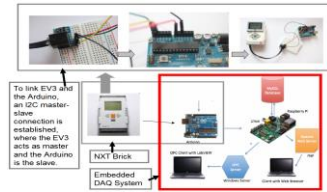


Figure 5: An example of embedded DAQ

Due to low cost microprocessor Raspberry Pi is fantastic educational tool to be used in exploring the solution in creating the remote and virtual labs as part of students learning activities. Important thing is that there is completely built LAMP (Linux, Apache, MySQL and PHP) Stack for Raspberry Pi. Linux provides the underlying operating system, MySQL the database back-end; Apache the web server; and PHP a scripting language for dynamic pages.

6. REMOTE LAB WITH EJS AND JIL

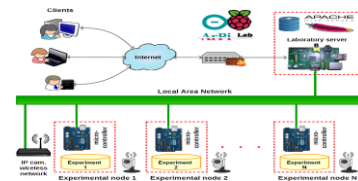


Figure 6: An example of embedded lab developed at Bratislava University [13].

An example of a low-cost remote laboratory for control education is shown in Figure 6 [13] and is easy to design. ArPi Lab architecture uses two different types of control devices as experiment servers, the Arduino UNO equipped with add-on Ethernet board (Ethernet Shield), and Arduino YÚN. Even if both platforms use slightly different types of micro-controllers (ATmega328p for UNO and ATmega32u4 for YÚN), main difference is that YÚN contains additional embedded computer Atheros AR9331 running lightweight Linux distribution OpenWRT Linino, WiFi chip, Ethernet port, hardware serial interface between micro-controller and embedded computer ensuring the internal communication. This approach combines several software technologies: HTML 5 and JavaScript for client-side application, PHP and MYSQL for laboratory server implementation, JSON as structure for data transfer and C language for experiment server and micro-controller programming. For more details we refer to [10] where authors in introduction gave brief review of remote labs.

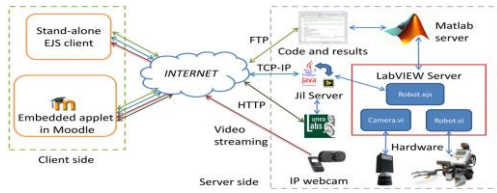


Figure 7: An example of embedded lab developed at UNED University [14].

Another example we found interesting is the case where EJS interface was used as the core of the system (shown in Figure 7). For more details we refer to [14]. Here we will summarize architecture design. It integrates the measurements from the vision subsystems and the robot measurements, invokes the user code that is executed in a MATLAB server, and sends the resulting control inputs to the robot. The TCP/IP communication between Java applets and LabVIEW can be implemented directly with the Java API and the LabVIEW communication library. More advanced interfaced can be achieved using middleware layer composed of a server, named JiL server (Java Internet LabVIEW Server), which is located between the Java applets and the LabVIEW applications that perform the local real-time control in the laboratory. Actually, JiL server acts as an interface between EJS and LabVIEW. The functions that are implemented in the LabView applications are divided into several areas as follows: Data Acquisition (DA), Simulation, Data Logging. On the Server side there are Mathlab server, and LabVIEW Server. The virtual and remote laboratory can be used on two modes: students can access to the laboratory using a stand-alone application or an applet embedded in Moodle. In the first case, the interface is Java executable, an EJS application, which directly exchanges information with the laboratory. In the second case students interact with an applet that is placed on a Moodle course.

7. CONCLUSION

This paper explores developing an interoperability and interdisciplinary platform at the University of Montenegro for the operation and management of remote and virtual labs for the execution of real remote laboratory practices and online experiments with remote access using internet. The motivation came from the fact that students of physics at the University of Montenegro usually choose to participate in nuclear and particle physics experiments where advanced knowledge in data managing and analyzing as well as physical computing, engineering computing and engenering skills are strongly desired and requested. Thus author searched for lab designing options which can be included as learning target in order to boost student's ICT skills.

REFERENCES

- [1] Helen Beetham, et al., "Designing for learning in an uncertain future", in Helen Beetham and Rhona Sharpe (edd.): *Rethinking pedagogy for a digital age: designing for 21st century learning*, Routledge Taylor & Francis Group, 2013, ISBN: 978-0-415-53996-8
- [2] Dr. Fehmida Hussain, E-Learning 3.0 = E-Learning 2.0 + Web 3.0?, IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME), e-ISSN: 2320-7388,p-ISSN: 2320-737X Volume 3, Issue 3 (Sep. -Oct. 2013), PP 39-47, www.iosrjournals.org
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Science_2.0
- [4] Abul K.M. Azad, Michael E. Auer, and V. Judson Harward, Internet Accessible Remote Laboratories: Scalable E-Learning Tools for Engineering and Science Disciplines, IGI Disseminator of Knowledge, 2012, ISBN13: 9781613501863, DOI: 10.4018/978-1-61350-186-3
- [5] <http://netlabtoolkit.org>
- [6] <http://www.lego.com/en-us/mindstorms/?domainredir=mindstorms.lego.com>
- [7] Online:<http://www.teaching.com.au/catalogue?catalogue=MTA&category=MTA-MINDSTORMS-NXT>
- [8] <http://www.generationrobots.com/media/Lego-Mindstorms-NXT-Education-Kit.pdf>
- [9] American Association for the Advancement of Science 1989, "Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology", Washington, DC.: AAAS Publication 89-01S.
- [10] J. Charney, C.E. Hmelo-Silver, W. Sofer, L. Neigeborn, S. Coletta, and M. Nemeroff, "Cognitive apprenticeship in science through immersion in laboratory practices", *International Journal of Science Education*, 29,195-213., 2007
- [11] W. Church, T. Ford and N. Perova, "Physics With Robotics - An NXT and RCX Activity Guide for Secondary and College Physics", Knoxville, TN.: College House Publishing, 2009
- [12] W.M. Roth, "Art and artifact of children's designing: A situated cognition perspective", *Journal of the Learning Sciences*. 5(2): p. 129-166., 1996
- [13] Martin Kaluz, Lubos Cirka, Richard Valo, Miroslav Fiker, ArPi Lab: "A Low-cost Remote Laboratory for Control Education", *The 19th World Congress, The International Federation of Automatic Control*, Cape Town, south Africa, August 24-29, 2014, pp 9057
- [14] Dictino Chaos, Jesus Chacon, Jose Antonio Lopez-Orozco and Sebastian Dormido, "Virtual and Remote Robotic Laboratory Using EJS, MATLAB and LabVIEW", *Open Access Sensors*, online: www.mdpi.com/journal/sensors, ISSN 1424-8220, published in February 13th, 20

PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U SIMULACIJI ENERGETSKIH PRETVARAČA APPLICATION OF SOFTWARE PSIM IN SIMULATION OF POWER CONVERTERS

Vasilija Šarac, Sašo Gelev, Goce Stefanov and Vlatko Čingoski, *Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev, Stip, R.Macedonia*

Sadržaj: Rad prikazuje primenu softverskog paketa PSIM koji omogućava simulaciju rada energetskih pretvarača i na taj način zamenjuje skupu laboratorisku opremu. Razrađeni su dva primera energetskih pretvarača i to trofazni kontrolisani ispravljač i trofazni inverter kao elektronski sklopovi koji imaju široku primenu u praksi. Upoređeni su teoretski dobijeni rezultati ulaznih i izlanih napona iz svakog tipa pretvarača i naponi dobijeni pomoću simulacije. Na osnovi toga izvedeni su zaključci o uspešnosti primene softverskog paketa PSIM u simulaciji rada energetskih pretvarača kao pomoćnog sredstva u laboratorijskim vežbama.

Abstract: Paper presents application of software PSIM in simulation of operation of power converters as an replacement of expensive laboratory equipment. Two different examples are worked out in the paper. First one is a three phase controlled bridge rectifier and the second one is three phase inverter, both chosen as a result of their wide practical application. A comparison between theoretical results of input and output voltages from the converters and from the simulation is presented. Based on the comparison conclusions are made about the success of the application of PSIM in simulation of power converters as an auxiliary tool in laboratory exercises.

1. INTRODUCTION

Power converters have wide application in electrical industry but as well as in every-day life. They are used in battery chargers of many electronic devices, in lightening, in uninterruptible power supplies (UPS) but as well as in more sophisticated applications such as controlled electrical drives with adjustable speed of operation [1]-[3]. They provide the desired electrical parameters of the power supply (form of the voltage: DC or AC, the amplitude and the frequency). Understanding their principles of operation is very important for their proper usage. Simulation software is often used as an adequate replacement of an expensive laboratory equipment enabling the choice of adequate electronic components, their connections in the scheme of the power converter, adequate setting and triggering of electronic components and finally obtaining the waveforms of input and output voltage[4]-[5]. This philosophy is applied in analysis and simulation of power converter circuits analyzed as part of undergraduate course of power converters within Faculty of Electrical Engineering at University "Goce Delcev". Original simulation models of different types of converters are developed in simulation software PSIM. The software itself offers broad possibilities for analysis of different types of electronic circuits due to its extensive library of electronic components and their controlling circuits. The user friendly interface enables quick and easy creation of electronic circuits and evaluation of obtained results without any prior knowledge of the software itself or any programming experience compared to other simulation software like Matlab or Simulnik. In this paper two different types of power converters are analyzed. First one is three phase controlled bridge rectifier often used as industrial rectifier in numerous electrical facilities where DC voltage is need as an auxiliary voltage for signaling and command purposes. The second one is a three phase inverter

often used in three phase UPS applications, as a part of electricity production from solar panels or in the adjustable speed drives. Theoretical bases of both power converters are presented together with their principle of operation, basic equations and waveforms of input and output voltages. Creation of electrical scheme is explained together with the controlling scheme of electronic components. On the oscilloscope are recorded input and output waveforms and they are compared with theoretical results.

2. PRINCIPLE OF OPERATION

2.1. THREE-PHASE CONTROLLED BRIDGE RECTIFIER

Most of the bridge schemes of power converter use six electronic components (diodes, thyristors or transistor) most often three of them connected in the upper part of the bridge and three in the lower part of the bridge (Fig.1). In order to have rectified output voltage one electronic component from upper part of the bridge is in the conducting state or ON state and one from the lower part of the bridge. For example in our case must be simultaneously in ON position the thyristors T1 and T2, than T3 and T2, than T3 and T4 etc.. As the name indicates the power supply on the input of the rectifier is three phase symmetrical power supply with line voltages 380 V, and supply frequency of 50 Hz.

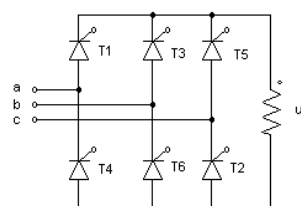


Fig.1 Electrical connection of three-phase rectifier

The line input voltages are presented in Fig. 2 a. Since the bridge is controlled which means that mean and rms value of the output voltage can be controlled the electronic components used in the rectifier are thyristors which are switched on only when the control signal is applied on the gate of the thyristor and when voltage on its anode is higher than the voltage on the cathode. This means that by controlling the moment when the thyristors are switched on, i.e. the angle of the input voltage for which the thyristor are switched on- α , the output voltage, its mean and rms value is controlled as well [6].

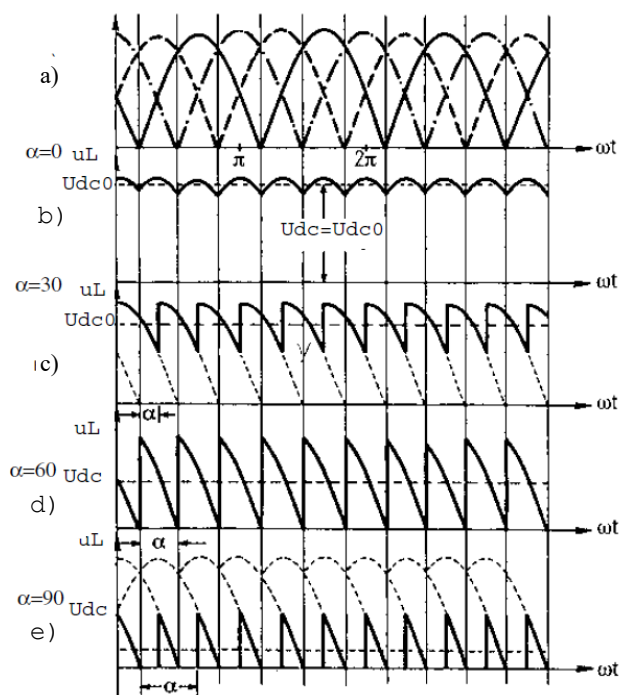


Fig. 2 Input and output voltage waveforms from rectifier

Two operational regimes of the rectifier are distinguished. When control angle (α) of the thyristors is within the range 0° - 60° rectifier is working in the continuous current mode. When control angle is increased within the range 60° - 120° rectifier is operating in the discontinuous current mode.

Mean value of the rectified voltage on the load side for $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$ is:

$$U_{dc\alpha} = \frac{3}{\pi} \int_{\alpha+30^\circ}^{\alpha+90^\circ} \sqrt{3}U_m \sin(\omega t + 30^\circ) d\omega t \quad (1)$$

$$= \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_m \cos \alpha = U_{dc01} \cos \alpha$$

Where U_{dc01} is the mean value of rectified voltage on load side when control angle $\alpha=0$.

For interval $60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$ the mean value of load voltage is:

$$U_{dc\alpha} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} U_m [1 + \cos(\alpha + 60^\circ)] \quad (2)$$

Rms value of the output voltage for both operation modes of the converter is:

$$0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$$

$$U_L = \frac{\sqrt{3}U_m}{2} \sqrt{\frac{2\pi + 3\sqrt{3} \cos 2\alpha}{\pi}} \quad (3)$$

$$60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$$

$$U_L = \frac{\sqrt{3}U_m}{2} \sqrt{\frac{4\pi - 6\alpha - 3 \sin(2\alpha - 60^\circ)}{\pi}} \quad (4)$$

Operation of the rectifier and output waveforms are presented for active load (resistance).

2.2. THREE-PHASE INVERTER

Three phase inverters enable transformation of DC voltage to AC with adjustable amplitude and frequency of output voltage. As well as the bridge rectifiers three phase inverters operate in bridge connection with six controlled electronic components (thyristors or transistor).

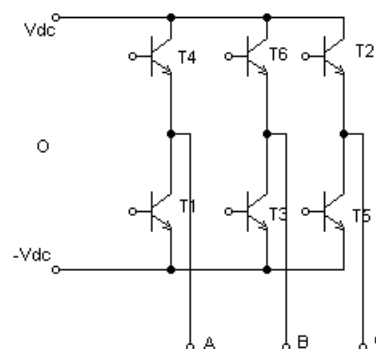


Fig.3 Three-phase inverter

Simultaneously are switch on one transistor from the upper part of the bridge and one from the lower part. The output phase voltages U_{AN} , U_{BN} and U_{CN} as well as the line voltage U_{AB} are presented in Fig.4 [6].

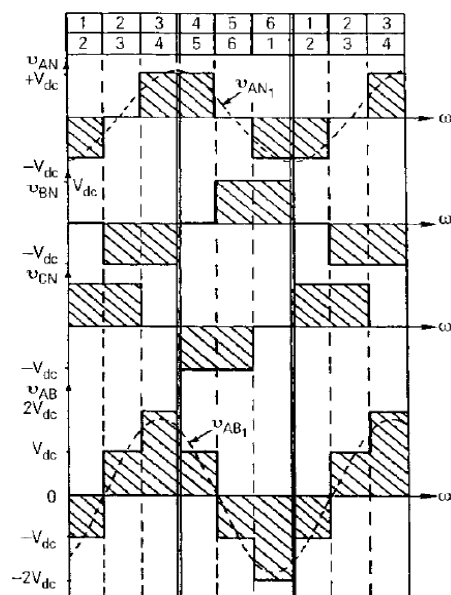


Fig.4 Output waveforms from the inverter

Output waveforms of the voltage in Fig.4 are presented for operation of the voltage inverter at no-load. But the output waveforms in case of no-load and connected resistive load to A,B,C, connection from Fig. 3 are identical. So following equations are valid:

$$0^\circ < \omega t < 60^\circ$$

$$u_{AN} = -I_L R = -\frac{2V_{dc}}{2R} R = -V_{dc} \quad (5)$$

$$u_{BN} = 0 \quad (6)$$

$$u_{CN} = I_L R = \frac{2V_{dc}}{2R} R = +V_{dc} \quad (7)$$

$$u_{AB} = u_{AN} + u_{NB} = u_{AN} - u_{BN} = -V_{dc} \quad (8)$$

$$60^\circ < \omega t < 120^\circ$$

$$u_{AN} = 0 \quad (9)$$

$$u_{BN} = -I_L R = -V_{dc} \quad (10)$$

$$u_{CN} = I_L R = V_{dc} \quad (11)$$

$$u_{AB} = V_{dc} \quad (12)$$

$$120^\circ < \omega t < 180^\circ$$

$$u_{AN} = I_L R = V_{dc} \quad (13)$$

$$u_{BN} = -I_L R = -V_{dc} \quad (14)$$

$$u_{CN} = 0 \quad (15)$$

$$u_{AB} = 2V_{dc} \quad (16)$$

3. SIMULATION MODELS

3.1. THREE-PHASE CONTROLLED BRIDGE RECTIFIER

Simulation package PSIM and its student version offer sufficient number of elements for simulation of electronic or electrical circuits. In this case it will be used for creation of electronic circuits of power converters described above. In case of three-phase controlled rectifier all electronic elements (thyristors) are connected according to the Fig.1. Three-phase symmetrical power supply is connected on the input of the rectifier. Operation of thyristors is controlled by their gates. From the other hand, gates are controlled by series of pulses connected to them (Fig. 5). Sequence of operation of thyristors is presented in Table.1 The angle of switching on of thyristors is 30° .

Table 1. Sequence of operation of thyristors at rectifier

Thyristor	Switching angles
T1	60 70. 120 130.
T2	120 130. 180 190.
T3	180 190. 240 250.
T4	240 250. 300 310.
T5	300 310. 360 370.
T6	60 70. 360 370.

Input and output voltages from the rectifier are presented in Fig. 5.

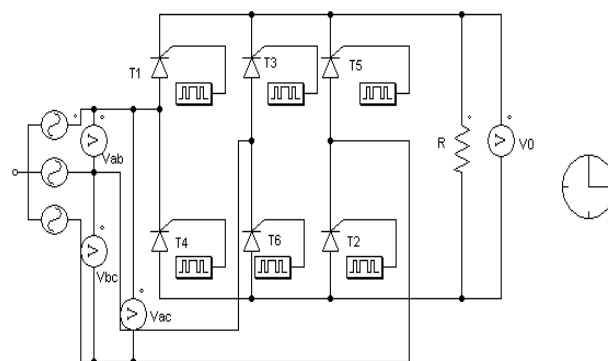


Fig.5 Simulation model of the rectifier

The simulation time is controlled and adjusted via the clock (Fig.5). Adequate voltmeters are connected on input and output side of the rectifier in order input line voltages U_{ab} , U_{bc} and U_{bc} to be measured as well as output voltage U_o .

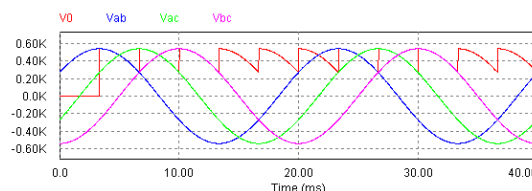


Fig.6 Waveforms of input and output voltage from rectifier

3.2. THREE-PHASE INVERTER

Simulation model of three-phase voltage inverter is based on electrical scheme from Fig.3. Input DC voltage is transformed into AC rectangular voltage waveforms by implementing the adequate sequence of operation of transistors (Table 2). The amplitude of the input voltages is 200 V.

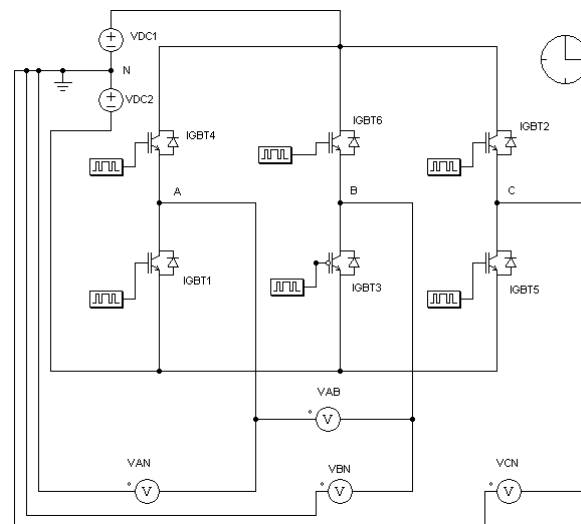


Fig.7 Simulation model of the inverter

As electronic switches are used IGBT transistors controlled by the pulse signal applied on their gates.

Table 2. Sequence of operation of transistors at inverter

Transistor	Sequence of operation
IGBT1	0 60. 300 360
IGBT2	0 60. 60 120.
IGBT3	60 120. 120 180.
IGBT4	120 180. 180 240.
IGBT5	180 240. 240 300
IGBT6	240 300. 300 360

Output phase voltages U_{AN} , U_{BN} and U_{CN} are presented in Figs. 8,9 and 10 consecutively. The line voltage U_{AB} is presented in Fig. 11.

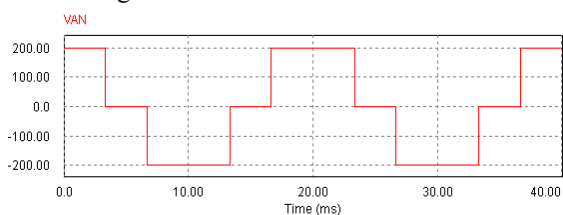


Fig.8 Output phase voltage U_{AN} from the inverter

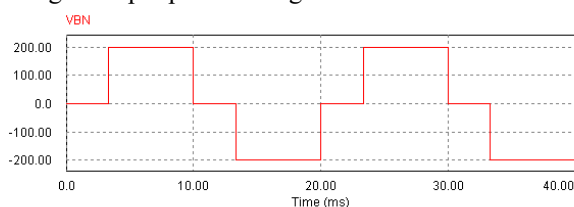


Fig.9 Output phase voltage U_{BN} from the inverter

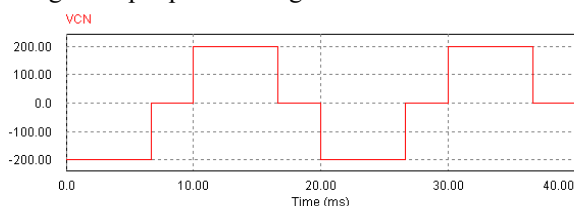


Fig.10 Output phase voltage U_{CN} from the inverter

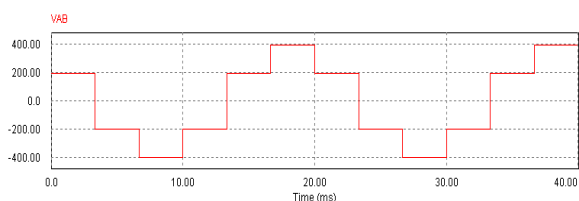


Fig. 11 Output line voltage U_{AB} from the inverter

From comparison of presented results from Fig. 2 c) and Fig. 6 it is evident the similarity of output voltage waveforms in case of three-phase controlled bridge rectifier when switching angle of thyristors is 30° . The presented results of output line voltage from the simulation model of the inverter (Fig. 8, 9 and 10) are adequate to the presented theoretical result (Fig.4). Output voltage from the inverter (Fig.11) is in complete agreement with Fig.4 and (5)-(16). Therefore it can

be concluded that software PSIM is modelling the power converters with satisfactory accuracy and it enables overview of the basic principles of their operation

4. CONCLUSION

Power converters are widely used electronic devices in application where transformation of voltage parameters such as waveform, amplitude or frequency is necessary. Online recording of input and output voltage of the converters often requires expensive equipment. Therefore for the purpose of laboratory exercises for the students, software PSIM is introduced as a replacement. Paper has presented the simulation models of two types of converters and has proved that for basic understanding of principle of operation of power converters student version of software PSIM is operating satisfactorily. More complex models of power converters requires more complex control circuits and adequate filters which can be modelled by advanced versions of the software and used in professional design of power converters.

REFERENCES

- [1] G.Stefanov, Lj. Karadzinov "Control and data log of functions for protection in the hydraulic excavator", *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences* , Vol.63, No.6, pp. 909-916, 2011.
- [2] G.Stefanov, Lj. Karadzinov "Mathematical calculation of H bridge IGBT power convertor", *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences* , Vol.64, No.6, pp. 897-904 ,2012.
- [3] P. Rodriguez P, J. Pou , J. Bergas, J.I. Candela , R.P. Burgos, D. Boroyevich, "Decoupled Double Synchronous Reference Frame PLL for Power Converters Control", *IEEE Transactions of Power Electronics*, Vol.22, No.2, pp. 584-592, 2007.
- [4] P. Rodríguez, A. Luna, I. Candela , R. Mujal, R. Teodorescu, F. Blaabjerg, "Multiresonant Frequency-Locked Loop for Grid Synchronization of Power Converters Under Distorted Grid Connections", *IEEE Transactions of Industrial Electronics*, Vol. 58, No.1, pp. 127-138, 2010.
- [5] J. Rocabert, A.Luna, F. Blaabjerg , P. Rodríguez, "Control of Power Converters in AC Microgrids", *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 27, No.11, pp. 4734-4749, 2012.
- [6] W. Shepherd, L. Zhang "Power Converter Circuits", Marcel Dekker Inc, 2004

IoT PRIMJENE I NJIHOV UTICAJU NA DIGITALNU PODJELU IoT's APPLICATIONS AND THEIR IMPACT ON DIGITAL DIVIDE

Sanja Bauk, Fakultet za pomorstvo, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj: U radu je dat pregled IoT (Internet of Things, eng. – Internet stvari) aplikacija u domenima: industrije, zdravstva i življenja u razvijenim, savremenim gradovima. Pregled je načinjen s ciljem upoznavanja čitalaca sa gotovo neograničenim mogućnostima ove tehnologije, ali i sa ciljem podsticanja kritičke svijesti o tome kako će ona uticati na postojeću digitalnu i socijalnu podjelu između razvijenih i nerazvijenih, odnosno, bogatih i siromašnih.

Ključne riječi: IoT, primjene, digitalna podjela

Abstract: The paper gives an overview of the IoT (Internet of Things) applications in the domains of industry, health, and living in developed, modern cities. The review has been made to introduce the readers to the almost unlimited possibilities of this technology, but also to encourage critical thinking about how it will affect the existing digital and social divide between developed and developing ones, i.e., rich and poor.

Key words: IoT, applications, digital divide

1. UVOD

Internet stvari (IoT – Internet of Things, eng.), industrijski internet, ili internet svega, je tehnološka paradigma, a dijelom i realnost, zamišljena kao globalna mreža mašina i uređaja¹. Prvi vid IoT objekata bile su ATMs (Automated Teller Machines, eng.) korišćene još sedamdesetih godina XX vijeka kao vid e-bankarstva. Zahvaljujući tome što je širokopojasni internet postao dostupniji; što su troškovi konekcije smanjeni; što se sve više uređaja proizvodi sa ugrađenim Wi-Fi transponderima i senzorima; pri čemu troškovi tehnologije opadaju; što je broj korisnika mobilnih telefona enormno porastao - evidentan je i rast IoT primjena. Godine 2008, bilo je više konektovanih objekata na internet, nego stanovnika na planeti. Analitičari kažu da će 2020. godine biti 26 biliona konektovanih uređaja na internet [1].

IoT stvara osnovu za nove načine rada, interakcije, zabave, nove načine življenja. Međusobno povezani pametni objekti će formirati prožimajuća računarska okruženja. Internet u klasičnom smislu će i dalje biti osnova za prikupljanje i difuziju informacija, ali i za interakciju sa fičkim objektima koji imaju komunikaciono-računarske mogućnosti. Naravno, sve ovo važi za razvijene djelove svijeta i bogate slojeve stanovništva u njima. Postavlja se pitanje što je sa onima koji su uslovno rečeno u razvoju, ili žive na granici egzistencije? – U radu ovog obima, može biti dat samo lični pogled, ali i podsticaj čitaocima za kritički pristup ovom problemu. U pravcu ovog drugog, u 7. poglavlju rada, dato je nekoliko indikativnih primjera.

2. TEHNOLOGIJE NA KOJIMA SE ZASNIVA IoT

Ovdje je kratko opisano pet podržavajućih IoT tehnologija (pored internetana kao ključnog): RFID (Radio Frequency Identification, eng.), mreže bežičnih senzora WSN (Wireless Sensor Networks, eng.), midlvear (middleware,

eng.), klad računarstvo (cloud computing, eng.) i IoT softver [2].

RFID tehnologija omogućuje automatsku identifikaciju, a u nekim slučajevima i pozicioniranje tagovanih, odnosno, čipovanih objekata. Ova tehnologija se bazira na principu elektromagnetne indukcije između transpondera (tag-a, eng.) i čitača (interrogator-a, eng.). Tag može da primi mnogo više podataka od barkoda. U upotrebi su tri vrste tagova: pasivni, aktivni i polupasivni. Pasivni tagovi nemaju sopstveno napajanje i koriste se u transportnim lancima, za praćenje pošiljki na nivou kontejnera ili osnovne jedinice pakovanja, u pasošima, kod naplate putarine i sl. Aktivni tagovi imaju sopstveno baterijsko napajanje i u stanju su da iniciraju komunikaciju sa čitačem. Koriste se uglavnom u industriji i zdravstvu. Polupasivni tagovi koriste bateriju za napajanje mikročipa, dok za komunikacije koriste energiju čitača [3].

WSN se sastoje od prostorno distribuiranih autonomnih senzora koji mjere fizičke parametre u okruženju i mogu da rade u sadejstvu sa RFID sistemima, čime se postiže bolje praćenje statusa objekata. WSN podržavaju različite topologije i omogućuju komunikacije u više skokova ili slotova. Zahvaljujući novim rješenjima, odnosno, integralnim kolima male snage i bežičnim mrežama, omogućuju korišćenje efikasnih minijaturnih uređaja niske cijene i male potrošnje energije. Najčešće se koriste za praćenje i održavanje sistema. Npr. General Electric (GE) koristi senzore na mlaznim motorima, turbinama i elektranama na eolski pogon. Analizom podataka u realnom vremenu, GE postiže znatne uštede u vremenu i novcu kada je u pitanju preventivno održavanje. Isto tako, American Airlines koriste senzore, koji mogu da prihvate 30 TB podataka po jednom letu, u svrhe preventivnog održavanja [2, p.432].

Midlver je softverski sloj, umetnut između aplikacija, s ciljem olakšavanja razvoja softvera. Kompleksna distribuirana arhitektura IoT zahtijeva pojednostavljenje procesa razvoja novih aplikacija i servisa. Većina midlver arhitektura koristi servisno orijentisan pristup, kako bi se obezbijedila podrška nepoznatim i dinamičnim mrežnim topologijama.

Klad računarstvo je model pristupa zajedničkim konfigurativnim resursima: računarima, mrežama, serverima, memorijama, aplikacijama, servisima, softverima i dr., koji se

¹ Mašina je sklop koji smanjuje ljudski rad, dok je uređaj ono što omogućuje mašini nesmetan rad. Svaka mašina je u neku ruku uređaj, ali svaki uređaj nije mašina (Int. res.).

moгу iznajmljivati: a) kao infrastrukturne usluge (IaaS); b) kao usluge korišćenja platforme (PaaS); ili c) kao softverske usluge (SaaS) [4]. Većina IoT aplikacija zahtijeva memorisanje velikih količina podataka i veliku brzinu obrade, u cilju omogućavanja donošenja odluka u realnom vremenu. Stoga, klad računarstvo predstavlja odlično *pozadinsko rješenje* za upravljanje velikim količinama podataka vezanih za ogroman broj IoT objekata u realnom vremenu.

3. IoT PRIMJENE

IoT omogućuje puno industrijskih i korisničkih aplikacija. Dok uređaji i mreže obezbjeđuju fizičku povezanost, IoT aplikacije omogućuju komunikacije na relacijama uređaj-uređaj, ili čovjek-uređaj, na pouzdan i robustan način. Uređaj-uređaj aplikacije obično ne zahtijevaju vizualizaciju, dok sve više IoT aplikacija koje uključuju čovjeka, kao krajnjeg korisnika, obezbjeđuju vizualizaciju za prikazivanje informacija na intuitivan i lako razumljiv način. Za IoT aplikacije je bitno da budu inteligentne², tako da uređaji mogu da snimaju okruženje, komuniciraju jedni sa drugima, identifikuju i rješavaju određene probleme bez neophodne intervencije čovjeka.

U nastavku je opisano nekoliko IoT aplikacija, razvrstanih u tri domena: (A) industrija; (B) zdravstvo i (C) pametni gradovi [5]. Ovdje opisane IoT mogućnosti nemaju isti stepen razvijenosti i primjenljivosti. Neke jednostavnije su već dio svakodnevnice ljudi u razvijenim djelovima svijeta, neke su u eksperimentalnoj fazi i zahtijevaju veći stepen kooperacije između različitih aktera, dok su neke više futurističke i tek su u početnoj fazi razvoja.

4. INDUSTRIJA

Logistika i kontrola kvaliteta proizvoda. Prva važna industrijska primjena koncepta IoT je u domenu logistike i lanaca snabdijevanja. RFID tagovi se pridružuju objektima i koriste se za identifikaciju proizvoda (odjevnih predmeta, namještaja, razne opreme, prehrambenih proizvoda i dr.). Korišćenje tagovanih objekata povećava efikasnost upravljanja skladištenjem i prodajom; te, pojednostavljuje inventarisanje, tako što daje tačne podatke o stanju na zalihama u realnom vremenu. Takođe, moguće je automatski pratiti čitav „životni“ ciklus proizvoda. Ovdje treba pomenuti i mogućnost korišćenja naprednog koncepta pametnih rafova, koji smanjuju mogućnost materijalnih gubitka, a isto tako automatski generišu informacije o količini raspoložive robe. Interesantan je podatak da se prodaja smanjuje za oko 10% ako se rafovi samo djelimično isprazne [5, p.8], što dodatno ukazuje na značaj ove IoT mogućnosti. Korišćenjem senzora moguće je u realnom vremenu otkriti oštećenja lako kvarljive robe (npr. voća, povrća, smrznute hrane). Senzori snimaju kontinuirano temperaturu i vlažnost unutar hladnjača, a aktuatori ih modifikuju, kako bi se obezbijedilo očuvanje namirnica. Dodatno, integritet proizvoda može se obezbijediti korišćenjem procesa RFID autentifikacije. Zanimljiva IoT aplikacija je i inteligentni sistem za kupovinu. Ovaj sistem snima navike potrošača, praćenjem nabavki preko mobilnog

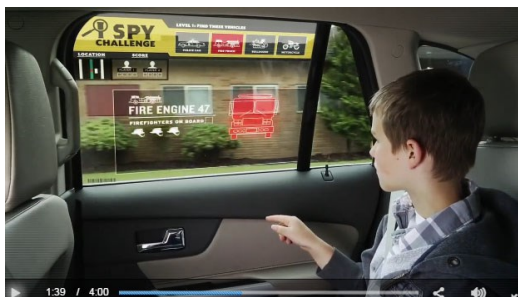
telefona, pa kasnije vodi kupce kroz prodavnice, supermatkete i/ili molove, sugerišući im kupovinu proizvoda koji su na popust (npr. Disney's MagicBand, Kroger's, Macy's shopBeacons/iBeacons [2, p.432], i dr.) i omogućuje brzo plaćanje, odnosno, automatsko čekiranje posredstvom očitavanja biometrijskih podataka.

Poljoprivreda. IoT se može koristiti u stočarstvu i agronomiji. Kontrola poljoprivrednih proizvoda i stočne hrane (npr. utvrđivanje prisustva GMO, aditiva, melanina i sl.) korišćenjem naprednih senzorskih sistema, spada u tehnologije u razvoju. U domenu poljoprivrede treba spomenuti i napredne IoT aplikacije koje ubrzavaju proces upravljanja registracijom, prenamjenom ili zatvaranjem poljoprivrednih gazdinstava (farmi), kontrolu njihovog rada i izdavanje odgovarajućih sanitarnih sertifikata. Korišćenjem IoT-a, poljoprivredni proizvođači mogu da skrate dugačak lanac snabdijevanja do kupca, uspostavljajući direktnu vezu, tj. izbjegavajući posrednika. Poljoprivredni proizvođači, dakle, mogu da otvore tzv. „prozore za javnost“ („publicity windows“, eng.) gdje mogu da prikažu svoje proizvode, koje kupci mogu naručiti putem računara ili mobilnih telefona.

Industrijski procesi. IoT daje napredna rješenja za automobilsku industriju (npr. BMW, Tesla Motors i dr.). Dijagnostika kvarova u realnom vremenu je ključna aplikacija. Gotovo svi ključni parametri se mogu kontrolisati putem posebnih senzora: pritisak u gumama, stanje motora, potrošnja goriva, lokacija, brzina, udaljenost od drugih vozila, vrijeme vožnje i dr. Snimljeni podaci se šalju kontrolnom centru. Takođe je moguća dinamična optimizacija rute do cilja, u zavisnosti od trenutnih uslova na putu. Moguće je automatski parkirati automobil [6]. U pametnim automobilima, postoje pametne igre za interakciju sa pametnim okruženjem (Slike 1 i 2; web izvor), itd.



Slika 1. Pametni: okruženje, automobil i igra (i)



Slika 2. Pametni: okruženje, automobil i igra (ii)

Danas postoje i samohodna vozila (bez vozača), npr. Google's self-driving car, eng. [7]. Pretpostavlja se da će do 2020. godine, 250 000 vozila biti konektovano na Internet [1]. Dodatno, korišćenjem kombinacije RFID-a, GPS-a, senzora i odgovarajućih softvera, u IoT kontekstu, moguće je pratiti opasne terete u transportu (npr. kontrolisati temperaturu plutonijuma unutar posebnih kontejnera [8]), itd.

² Pod pojmovima "inteligentni" i "pametni" u radu se podrazumijeva vještačka inteligencija inkorporirana u objekte u procese.

5. ZDRAVSTVO

Medicina i briga o zdravlju. Medicina i briga o zdravlju će biti pod velikim uticajem IoT. Napredni senzorski uređaji već danas omogućuju praćenje u realnom vremenu medicinskih parametara i vitalnih funkcija (npr. temperature, krvnog pritiska, rada srca, akceleracije, položaja tijela, nivoa glukoze, holesterola i sl.). Prikupljeni podaci se emituju posredstvom standardnih ili posebnih komunikacionih tehnologija (npr. Bluetooth, ZigBee, WirelessHart, ISA100, itd.) medicinskom osoblju na dijagnostikovanje i kontrolu zdravlja pacijenta. BANs (Body Area Networks, eng.) formirane od nosivih, neintruzivnih senzora omogućuju ljekarima da kontinuirano prate pacijente van bolnice. Druga važna aplikacija je vezana za identifikovanje i praćenje medicinske opreme i materijala. Npr., korišćenje pametnih labela (oznaka) na medicinskoj opremi sprečava gubitak, ili zaboravljanje materijala (npr. gaze) u tijelu pacijenta tokom operacije. Nadalje, efikasni sistemi upravljanja bolnicama uključuju optimalno korišćenje energije i HVAC (Heat Ventilation and Air Conditioning, eng.) sistema. U ovom kontekstu važno je pomenuti i kontrolu pristupa bolnici i pojedinim odjeljenjima, putem aktivnih RFID bedževa i fiksnih čitača postavljenih na ključnim pozicijama. Takođe, prisutno je nastojanje da bolnički kreveti budu opremljeni *screeentouch* terminalima za zabavu, koji će omogućavati pristup TV-u, Internetu; uspostavljane komunikacije sa porodicom i sl. Pacijentima školskog uzrasta i studentima, biće na ovaj način omogućeno praćenje on-line nastave i dr.

Samostalan život osoba sa posebnim potrebama. IoT može takođe da poboljša kvalitet života starih osoba i osoba sa invaliditetom. Praćenje zdravstvenog stanja i emuliranje medicinskih konsultacija kod kuće, su dvije osnovne aplikacije. Snimanjem fizioloških signala u realnom vremenu posredstvom odgovarajućih senzora, sistem je u stanju da uključi alarm u slučaju: da dođe do pada osobe; da je potrebna hospitalizacija; da je dijagnostikovana demencija (npr. parkisonova ili alchajmerova bolest) u najranijem stadijumu i dr. Pod pretpostavkom da se stariji ljudi obično slabije kreću, IoT im može omogućiti uključivanje u razne socijalne mreže, učestvovanje u debatama i/ili diskusionim grupama i sl. (tzv. e-inkluzija). IoT može da pruži pomoć starijim osobama i/ili osobama sa invaliditetom prilikom kretanja po gradu i korišćenja javnog prevoza. Kombinovanjem podataka prikupljenih putem mobilnog telefona (pozicije, orijentacije, prepreka i dr.) i senzora postavljenih u okruženju, posebni sistemi bazirani na vještačkoj inteligenciji mogu da rekonstruišu percepciju okruženja i potom sintetičkim glasom daju instrukcije osobi kako da se kreće ili reaguje u određenoj situaciji. Ovakvi sistemi mogu biti od pomoći i slabovidim osobama. Usluge vezane za poboljšanje kvaliteta života su takođe važne. One se odnose na snimanje navika korisnika i davanje odgovarajućih savjeta. Pozitivne povratne informacije o količini potrošenih kalorija tokom šetnje, mogu da djeluju podsticajno, u smislu da motivišu pacijente da upražnjavaju svakog dana ovu ili neku drugu aktivnost. Takođe, postoji težnja da se odredi korelacija između individualnog ponašanja i uticaja koje ono ima na životnu sredinu.

6. PAMETNI GRADOVI

IoT treba da transformiše tradicionalni grad u pametan. Mreže senzora, kamera, ekrana, zvučnika, pametnih mreža - sakuplja informacije, a potom ih operativna platforma procesuiru i prilagođava različitim uslugama/infrastrukturama u gradu. Npr. senzori na vozilima, ili u mobilnim telefonima putnika, sakupljaju informacije na putevima (intenzitet saobraćaja, uslovi na putu i sl.) i prosleđuju ih kontrolnom centru. Pametan sistem parkinga može da navodi vozača do slobodnog parking mjesta, čime se postižu uštede u vremenu i gorivu, uz smanjuje emisije štetnih gasova. Senzori na parkinzima, takođe mogu da posluže gradskoj upravi da identifikuje nepropisno parkiranje (na primjer na mjestima za osobe sa posebnim potrebama) i pošalje pauk vozilo da ukloni nepropisno parkirano vozilo. Nadalje, sistem plaćanja postaje jednostavniji i brži. Umjesto korišćenja kovanica, vozači mogu da koriste NFC (Near Field Communication, eng.) tehnologiju i da plaćaju putem mobilnih telefona. Slično, sistem RFID kartica i čitača se koristi za naplatu putarine na autoputevima. Ovdje treba pomenuti i mogućnosti pametnih usluga kada je u pitanju animiranje turista. Uz pomoć posebnih aplikacija za mobilne telefone, turisti se mogu upoznati sa glavnim obilježjima i istorijom grada i sl.

Pametne mreže. Intenzivnije korišćenje obnovljivih izvora energije uslovalo je izmjene u klasičnim sistemima za distribuciju energije. Uvodi se pojam pametnih mreža kao inteligentnih sistema za prenos energije od proizvođača ka korisniku, ali dvosmjerno. Za razliku o tradicionalnih distributivnih mreža, gdje se energija generisala u nekoliko centralnih postrojenja i koja je od njih distribuisana ka korisnicima, posredstvom velike mreže kablova, transformatora i trafo-stanica, kod pametnih mreža, potražaci mogu biti takođe proizvođači energije. Energija proizvedena u potrošačkim mikro-mrežama (npr. solarnim panelima, turbinama na vjetar i sl.), šalje se u mrežu, gdje njome upravlja sistem za kontrolu energije i njeno čuvanje u posebnim energetske spremištima (akumulatorima). Korišćenjem posebnih, pametnih mjerača, automatski se kontrolišu postrojenja, tako da je mreža u poziciji da odredi unaprijed obim potrošnje i da uskladi proizvodnju i potrošnju, da izbjegne preopterećenja i eliminiše ispade, ili potpuni prekid napajanja. Takođe, korisnicima su dostupne informacije o energiji koju su potrošili, s ciljem povećanja svijesti o potrebi mijenjanja potrošačkih navika i racionalnijeg korišćenja energije. Sa obimom potrošnje, mogu kasnije biti vezane i mogućnosti varijabilne, fleksibilne, naplate i dr. Ovdje treba pomenuti i e-stanice za punjenje baterija e-vozila [9], itd.

Pametne zgrade/kuće. Automatski sistemi u zgradama ili u kući su veoma privlačni, jer omogućuju daljinsku kontrolu putem web aplikacija: video nadzor, vođenje brige o biljkama (izloženost sunčevoj svjetlosti i navodnjavanje); kontrolu zagrijavanja, hlađenja i ventilacije; korišćenje pametnih pećnica i dr. Složenije aplikacije omogućuju interakciju električnih aparata i pametnih mjerača, u cilju optimizacije potrošnje energije, itd.

7. IoT - TREĆI TALAS DIGITALNE PODJELE

U kontekstu ICT inovacija i stepena njihove prisutnosti u različitim socio-ekonomskim sredinama u svijetu, prvi talas digitalne podjele, maker na nivou brojki, može se smatrati

savladanim. Naime, 2005. god. procenat prisutnosti mobilnih telefona u odnosu na broj stanovnika u razvijenim zemljama svijeta je bio 82%, a u onim manje razvijenim, ili nerazvijenim 23%. Godine, 2015. ovaj procentualni odnos se znatno izmijenio: u razvijenim zemljama 121%, a u onim drugim 92% [10]. Naravno, ostaje otvoreno pitanje u koje svrhe i sa kakvim krajnjim ishodom se koriste mobilni telefoni, ali u svakom slučaju, barem deklarativno prvi veliki talas digitalne podjele je prevaziđen. Drugi, koji se vezuje za mogućnost pristupa internetu, još uvijek nije savladan. Prema nekim procjenama, prošle 2015. god., 3 biliona ljudi širom planete je trebalo da ima on-line pristup, od toga 76% stanovništva u razvijenim djelovima svijeta, a svega 29,8% u nerazvijenima. Dakle, drugi talas digitalne podjele još uvijek nije savladan, a treći uveliko nadolazi. Prema Cisco Visual Networking Index-u, eng. iz 2015. god., 10.5 biliona M2M (Machine-to-Machine, eng.) uređaja će biti umreženo. Kako stvari stoje u ovom pogledu u pojedinim djelovima svijeta prikazano je u Tabeli 1.

Tabela 1. Broj M2M uređaja po stanovniku [10]

Dio svijeta	2014. god.	2019. god.
SAD	6,1	11,6
Zapadna Evropa	4,4	8,2
Latinska Amerika	2,0	2,9
Srednja/Istočna Afrika	1,0	1,4

Generalno posmatrano, brojna obećanja i očekivanja od ICT inovacija su iznevjerena, što se posebno odnosi na one "druge", tj. nerazvijene. ICT nisu smanjile jaz između bogatih i siromašnih, naprotiv. Preme nekim procjenama, 2016. god. svega 1% svjetske populacije će raspolagati sa 50% svjetskog bogastva, a 99% populacije sa preostalih 50% [11].

Što je sa ekološkom dimenzijom? - ICT uređaji su najviši potrošači energije po jedinici površine koju zauzimaju [12, p.588]. Godišnje u svijetu se odlaže 20-50 miliona tona otpada, od čega samo 12,5% ispravno. Ostalo se transportuje ilegalno i nepropisno odlaže, pretežno u zemlje trećeg i četvrog svijeta [13]. Ne samo da je koncept *green* iznevjeren, već je iznevjeren i onaj *paperless office*. Godine, 2013. u svijetu se proizvodilo 400 miliona tona papira, a procjenjuje se da će potrošnja do 2025. god. porasti na 500 milina tona [14]. Pored ekonomskih i ekoloških problema, ne može se zaobići ni problem kiber kriminala, koji je u porastu. Kriminalci sve češće koriste brzinu, *udobnost* i anonimnost interneta za širok spektar kriminalnih radnji koje ne poznaju granice, bilo fizičke, bilo virtualne, i izazivaju ozbiljne štete [15;12, p.614]. Ne treba zaobići ni problem zamjene stvarnog međuljudskog kontakta, postvarenim komunikacijama putem društvenih mreža [16]. Sve je više onih koji su zavisni od interneta i sl.

Ovdje pomenutim i brojnim drugim problemima, vezanim za razvoj sve složenijih ICT rješenja, trebalo bi ubuduće ozbiljnije pristupiti, s ciljem što lakšeg i kvalitetnijeg prilagođavanja sve intenzivnijim i sve manje kontrolabilnim društveno-ekonomskim promjenama.

8. ZAKLJUČAK

U radu je dat pregled IoT aplikacija: onih koje se već uveliko koriste i onih koje su još uvijek u razvoju.

Nesumnjivo, IoT će poboljšati kvalitet života i pozitivno uticati na očuvanje životne sredine u razvijenim djelovima svijeta. Postavlja se pitanje što je sa onim drugim, manje razvijenim dijelom. Drugim riječima, pitanje je da li će IoT produbiti digitalnu podjelu i jaz između sve manjeg broja bogatih i sve većeg broja siromašnih u svijetu. Akademska i stručna javnost bi trebalo ozbiljnije kritički i etički da pristupi ovom problemu. Moguće da bi snažnije zagovaranje principa solidarnosti u perspektivi bilo djelotvorno, npr., u smislu da se jedan dio novca za razvoj i implementaciju novih, futurističkih IoT rješenja sistemski usmjeri na razvoj nedovoljno razvijenih, tako što bi im se za početak obezbijedile neke najosnovnije potrebe, a transfer i difuzija novih tehnologija prilagodili individualnim potrebama i preferencijama.

LITERATURA

- [1] J. Morgan, "A Simple Explanation of the Internet of Things", Forbs, Int. res., referred on Jan. 25, 2016.
- [2] I. Lee, K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises", *Business Horizons*, 58, pp. 431-440, 2015.
- [3] S. Bauk, R. Džankić, "O izazovima primjene RFID tehnologije u transportnim lancima", *Zbor. IT*, pp. 39-42, februar 2015.
- [4] S. Hag, M. Cummings, *Management Information Systems for the Information Age*, McGraw Hill, NY, 2013.
- [5] E. Borgia, "The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues", *Computer Communications*, 54, pp. 1-31, 2014.
- [6] Tesla Motors, "Tesla Autopark How To", Int. res., referred on Jan. 25, 2016.
- [7] Google, "Google Self-Driving Car", Int. res., referred on Jan. 28, 2016.
- [8] R. Džankić, S. Bauk, V. Radulović, "Software Solution for RFID Technology in Nuclear Cargo Surveillance within Ship's Storage", *Proc. POWA*, Zagreb, Croatia, pp. 1-8, September 2012.
- [9] M. Gharbaoui et al., "Designing and evaluating activity-based electric vehicle charging in urban areas", in: *Proc. IEEE IEVC*, pp. 1-5, 2013.
- [10] R. Pepper, "As two digital divides close, a new one threats", *Huff Post*, Int. res., updated on Oct. 13, 2015.
- [11] BBC News, "Richest 1% to own more than rest of the world, Oxfam says", Int. res., updated on Jan. 19, 2015.
- [12] R.D. Galliers, W.L. Currie, *The Oxford Handbook of Management Information Systems – Critical Perspectives and New Directions*, Oxford University Press Inc., NY, 2011.
- [13] K., Lodewick, "Vergiftete Flammen", im *Halid 2*, Band 2, Fabouda Verlag Göttingen, Germany, 2013.
- [14] Forestindustries (Finnish), "Global paper consumption is growing", Int. res., updated on Oct. 07, 2013.
- [15] Interpol, "Cybercrime", Int. res., referred on Jan. 29, 2016.
- [16] Bauk S., "Face to Facebook: Umjetnost ili primjer deregulacije medija?", *Medijski dijalozi*, 4(9), pp. 65-71, 2011.

ŠKOLSKI I POSLIJEŠKOLSKI PROGRAMI – INFORMACIONO DRUŠTVO REPUBLIKE SRPSKE

SCHOOL AND AFTERSCHOOL PROGRAMS – IT SOCIETY OF REPUBLIC OF SRPSKA

Aleksandar Ristić, Visoka poslovno-tehnička škola, Doboj
Sandra Ristić, JU Osnovna škola „Petar Kočić“ Šibovska

Sadržaj: Analiza obrazovnog kontinuiteta u pogledu informatičke pismenosti u Republici Srpskoj obavljena je zbog suštinskog značaja za društveni napredak u cjelini. Važnost i složenost proizilaze iz stalnih i brzih promjena na polju aktualnosti informaciono-komunikacionih tehnologija kao svakodnevnog saradnika u svim sferama društva. S toga smo informatičku pismenost posmatrali kao temelj napretka i zamajac prosperiteta svakog društva, pa tako i društva Republike Srpske. U radu smo posmatrali moguće povezanosti i rasprostranjenosti programa informatičkog usavršavanja u cilju informatičke pismenosti, počevši od regularnih programa osnovnog i srednjeg obrazovanja, te programa stručnog usavršavanja zaposlenih i programa slobodnog informatičkog osposobljavanja građana Republike Srpske. Poslije obavljene analize i izvedenih zaključaka predložili smo moguće pravce koji će dovesti do poboljšanja sveopšteg stanja informatičke pismenosti u Republici Srpskoj.

Abstract: The analysis of the educational continuity in terms of computer literacy in the Republic of Srpska has been done because of the essential significance for social progress in general. The importance and complexity derive from constant and rapid changes in the field of actuality of information and communication technologies as everyday associates in all spheres of society. Therefore, we observed the information literacy as the foundation of progress and momentum of prosperity of every society, and thus the society of Republic of Srpska. In this paper, we looked at the possible connections and prevalence of IT training programs with the aim of achieving computer literacy, starting with the regular programs of primary and secondary education, professional development programs for employees as well as free IT training programs for citizens of the Republic of Srpska. After we completed the analysis and derived conclusions we suggested possible directions that would lead to improvement in overall status of computer literacy in the Republic of Srpska.

1. UVOD

Razmatrajući značaj informatičke pismenosti svjedočimo afirmativnom predstavljanju informatike u svakom segmentu ljudske djelatnosti, a samim tim i sveprisutnosti u cijelom društvenom opusu, njegovom životu i napredovanju. Za mlado društvo, kakvo je društvo Republike Srpske, opredijeljeno za razvojne aktivnosti u vremenu podudarnom sa ogromnim napretkom informaciono – komunikacionih tehnologija, nužno je pratiti, razvijati i eksploatisati informatička znanja i vještine koje se temelje na informatičkoj pismenosti svakog pojedinca. S toga smo, uz dat teorijski osvrt na globalni značaj informatičke pismenosti, posmatrali stanje informatičke pismenosti u Republici Srpskoj, utemeljenost i povezanost školskih i posliješkolskih programa informatičkog osposobljavanja, a sve u svrhu razvijanja informacionog društva Republike Srpske.

Rad je strukturiran u šest poglavlja. Poslije uvodnih razmatranja u prvom poglavlju, drugo poglavlje predstavlja teorijski pristup problemu kroz definisanje osnovnih pojmova. U trećem dijelu dati su ciljevi i zadaci, dok četvrti dio objašnjava metodologiju rada. Peto poglavlje prikazuje rezultate analize, da bi se u šestom poglavlju izvukli zaključci iz prethodne analize i dale smjernice i preporuke za poboljšanje postojećeg stanja uz konkretne prijedloge za moguće izmjene koje će doprinijeti navedenoj aktivnosti.

2. TEORIJSKI PRISTUP PROBLEMU

Analizu stanja informatičke pismenosti u Republici Srpskoj, njenu zasnovanost na školskim i posliješkolskim programima, u cilju stvaranja informacionog društva Republike Srpske, obavili smo iz više razloga. Vodeći se opšteprihvaćenim stavovima da je prosperitet jednog društva usko vezan sa njegovom informatičkom pismenošću, kao i da je jedino sistemski pristup prihvaćen način za sigurnu uspjehnost određenog poduhvata, posmatrali smo stanje informatičke pismenosti, odnosno njen razvoj kroz osnovno i srednje obrazovanje, a potom status infomatičkog opsimenjavanja i usavršavanja tokom posliješkolskih programa.

Razmatrajući tematiku informatičke pismenosti, po ugledu na opšteprihvaćene standarde, podrazumijevali smo da je osoba informatički pismena ukoliko je znanje, odnosno ishodi učenja koji proizilaze iz nastavnih sadržaja odgovaraju sadržajima, odnosno ishodima ECDL - a. Utemeljenost ovakvog stava upotpunjuju i razmišljanja uvaženog profesora Đorđa Nadrljanskog koji navodi: „ECDL diploma na određen način jamči osnovno poznavanje rada i uporabe računala, dakle vještina koje su za korištenje računala nužno potrebne“. [1]

U Republici Srpskoj je na temu informatičke pismenosti dostupno je svega nekoliko istraživanja, od kojih se posebno

ističe istraživanje Agencije za informaciono društvo RS koje datira iz 2010. godine i ukazuje na alarmantno stanje. [2] Osim navedenog istraživanja značajno je i istraživanje kompanije Alegebra Edukacije koje ukazuje da građani BiH vrlo loše poznaju ECDL, a posebno se ističe nepoznavanje Microsoft Excel –a. [3]

Analizirajući postojeće stanje, svakako je moguće i krajnje je poželjno uraditi preporuku za poboljšanje sadašnje situacije. S obzirom da još uvijek nije usvojena nova Strategija razvoja obrazovanja Republike Srpske, a postojeća Strategija kroz nekoliko mjeseci ističe, nije jasan stav, odnosno opredijeljenost Republike Srpske u smislu sistemskog pristupa stvaranju informacionog društva.

3. CILJEVI I ZADACI ANALIZE

Cilj:

Utvrđiti u kojoj su mjeri zastupljeni programi informatike opredijeljeni i relevantni za informatičko opismenjavanje građana Republike Srpske uključujući osnovno i srednje obrazovanje, a sve u svrhu formiranja informacionog društva Republike Srpske.

Zadaci:

Na osnovu prethodno navedenog cilja, definišemo sljedeće zadatke:

1. Izvršiti analizu nastavnog plana i programa informatike za osnovno obrazovanje
2. Izvršiti analizu nastavnog plana i programa informatike za srednje obrazovanje
3. Izvršiti analizu prisutnosti, svrsishodnosti i provodljivosti posliješkoljskih programa informatičkog opismenjavanja u Republici Srpskoj
4. Izvršiti analizu infrastrukturnih ulaganja i ulaganja u ljudske resurse namijenjene razvoju informatičke pismenosti u Republici Srpskoj
5. Ispitati moguće pravce djelovanja u smislu poboljšanja aktuelnog stanja

4. METODOLOGIJA

Prvom fazom ispitali smo opredijeljenost i relevantnost programa informatike u osnovnom i srednjem obrazovanju u odnosu na opšteprihvaćene principe informatičke pismenosti. Posmatrali smo nastavne planove i programe informatike u osnovnom i srednjem obrazovanju u Republici Srpskoj u odnosu na prihvaćeni standard informatičke pismenosti (ECDL).

Druga faza posmatra stanje u oblasti informatičke pismenosti odraslih, odnosno informatičkog opismenjavanja putem posliješkoljskih programa.

U trećoj fazi posmatrali smo infrastrukturna ulaganja namijenjena razvoju informatike i omogućavanju uslova za poboljšanje stanja na polju informatičke pismenosti u Republici Srpskoj. Takođe, dajemo osvrt na moguće pravce djelovanja u svrhu poboljšanja postojećeg stanja.

5. REZULTATI ANALIZE

Analiza kroz prvu fazu

Analizirajući nastavne sadržaje kroz opseg nastavnog sadržaja primjećujemo da je u svim razredima osnovne škole za nastavu informatike predviđen jedan čas sedmično, odnosno 36 časova u toku jedne školske godine. [4] Informatika se izučava na kraju druge trijade i tokom čitave treće trijade (VI, VII, VIII i IX razred). Posmatrajući nastavne sadržaje VI razreda zaključujemo da je najveći broj časova predviđen za temu „Upotreba personalnog računara“ i temu „Obrada teksta“, dok se manje izučavaju „Uvod u informatiku“, „Rad sa podacima“ i „Osnovni internet servisi“. S druge strane ukoliko posmatramo plan izvođenja ECDL –a [5] primjećujemo da se navedene teme okvirno sadržinski nalaze u temama Modula 1 (Osnovni koncept informacionih tehnologija, Aplikacije i korištenje računara, Informacione tehnologije i društvo, ergonomija, Mrežni servisi,) i Modula 2 i Modula 3. Nastava informatike u VII razredu osnovne škole konceptualno je zamišljena kroz tri poglavlja (Objekti u programu za obradu teksta, Izrada prezentacija, Tabelarni proračuni) kojima je posvećeno po 12 časova. Navedena poglavlja nalaze svoju postojanost i u programu ECDL –a u Modulu 3, Modulu 4 i Modulu 6. U VIII razredu osnovne škole u nastavnom planu i programu informatike predviđeno je izučavanje sljedećih tema: „Programiranje i programski jezik“, „Mrežne komunikacije“, „Matematičke osnove računara“, „Baze podataka“. Upoređivajući navedene teme sa ECDL –om primjećujemo prisutnost poglavlja Mrežne komunikacije u Modulu 7 ECDL – a, kao i poglavlja Baze podataka u Modulu 5 ECDL –a. Ostale teme djelimično su prisutne u Modulu 1, ali svakako nije moguće napraviti poistovjećivanje sa Modulom 1. Nastavni sadržaji u IX razredu osnovne škole definisani su u sklopu tema: „Programiranje i programski jezik“, „Uvod u grafički dizajn“, „Osnove HTML jezika“, „Izrada web sajta“. U odnosu na ECDL prepoznajemo jedinu djelimičnu sličnost teme „Uvod u grafički dizajn“ sa nekim segmentima Modula 1 (sadržaju posvećeni GUI), dok za ostale teme ne nalazimo sadržajno prihvatljive sličnosti plana i programa informatike u odnosu na sadržaje koje obrađuje ECDL.

Posmatrajući nastavne sadržaje iz plana i programa informatike u srednjim stručnim školama [6] primijetili smo da se program odvija kroz dva modula. U prvom modulu prisutne su sljedeće teme: „Računarski sistem“, „Operativni sistem“, „Rad sa datotekama“, „Rad sa pomoćnim programima i alatima“ koji suštinski imaju usku povezanost sa prva dva modula ECDL –a. Tvrdnja proizilazi iz uske povezanosti nastavnih sadržaja, mada bi potpuniji uvid imali na osnovu ishoda učenja koji u programu ECDL –a nije dat. Drugi modul sadrži sljedeće teme: „Obrada teksta“, „Obrada tabela“, „Internet servisi“, „Primjena računara u struci“. Navedene teme saglasne su sa određenim modulima ECDL, prije svega sa Modulom 3 (obrada teksta), Modulom 4 (obrada tabela) i Modulom 7 (Internet servisi). Direktna povezanost nije prisutna kod teme Primjena računara u struci, mada postoje segmenti unutar ECDL čija je povezanost evidentna.

Analiza kroz drugu fazu

Agencija za informaciono društvo Republike Srpske je tokom 2010. godine sprovela istraživanje o informatičkoj pismenosti u Republici Srpskoj. [7]

Poslije obavljenog istraživanja tokom 2011. godine prikazani su rezultati. U istraživanju su učestvovali građani Republike Srpske starosti od 15 do 75 godina. Uzorak je bio veći od 1000 građana Republike Srpske. Istraživanjem je pokriven cijeli geografski prostor Republike Srpske. Posmatrajući starosnu strukturu najviše (30,41 %) je bilo građana starosne dobi od 19 – 35 godina, dok je geografski posmatrano najviše ispitanika bilo iz banjalučke regije (34,89 %). Na pitanje da li u domaćinstvu imaju računar, 63,16 % ispitanika je odgovorilo pozitivno, dok je njih 36,84% odgovorilo negativno. Svakodnevno računar koristi 78,85 % ispitanika starosne dobi od 15 do 18 godina, dok sa godinama taj procenat opada pa tako osobe od 65 i više godina računar koriste svakodnevno u procentu od 8,82 %. Na pitanje da li posjeduje Internet priključak pozitivno je odgovorilo 48,34 %, dok je njih 51,46 % odgovorilo negativno. Ključno pitanje vezano za informatičku pismenost odnosilo se na pitanje: „Da li uspješno koristite: a) Word, b) Excel, v) Poslovne aplikacije, d) Druge programe, đ) Mail ?“ Rezultati su bili sljedeći:

- a) Word – 56,34% – DA – 43,66% – NE,
- b) Excel – 37,43% – DA – 62,57% – NE,
- g) Poslovne aplikacije – 23,78% – DA – 76,22% – NE,
- d) Drugi programi – 13,06% – DA – 86,94% – NE,
- đ) Mail – 17,93% – DA – 82,07% – NE.

Osim navedenog istraživanja, na čiju metodologiju imamo izuzetne zamjerke, nisu prisutna druga istraživanja na temu informatičke pismenosti u Republici Srpskoj.

Posmatrajući aktivne programe informatičkog opismenjavanja u Republici Srpskoj nismo pronašli slobodne (besplatne) programe za građane Republike Srpske čiji je inicijator Republika putem Vlade, Ministarstva prosvjete i kulture, Ministarstva nauke i tehnologije, Agencije za informaciono društvo, čije su zadaci u direktoj vezi sa stanjem informatičke pismenosti. Izuzetak navedenoj tvrdnji predstavlja učestvovanje Zavoda za zapošljavanje u projektu „Podrška mrežama socijalne zaštite i zapošljavanju“ koji putem nevladine organizacije InfoARS nezaposlenim licima koji su u kategoriji ugroženih i teško zapošljivih lica omogućavaju putem Zavoda za zapošljavanje učestvovanje u besplatnoj informatičkoj obuci koja podrazumijeva sticanje ECDL-a.

Analiza kroz treću fazu

Vlada Republike Srpske je 2009. godine donijela Strategiju razvoja obrazovanja Republike Srpske za period 2010 – 2014. [8] Strategija predviđa da se u srednjeročnom periodu pred nas u prvi plan postavljaju zadaci unapređenja kvaliteta obrazovanja povećanjem efektivnosti i efikasnosti obrazovnog sistema. To, prije svega, podrazumijeva stvaranje uslova za implementaciju modernih obrazovnih metoda i tehnika primijenjenih od osposobljenog i kompetentnog obrazovnog i naučnog kadra. Strategijama i strateškim pravcima obrazovanja Republike Srpske planirana

je informatizacija obrazovanja koja za strateški cilj za 2013. godinu podrazumijeva „uspostavljen integrirani informaciono-komunikacioni sistem u obrazovanju“. S obzirom da je vremenski period za uvođenje navedenog prošao, posmatračemo realizovano.

Tokom 2013. godine obavljen je paket obuka za vannastavno osoblje, a sve u cilju uvođenja integrisanog informaciono-komunikacionog sistema u osnovnom obrazovanju. Potom se pristupilo samom uvođenju: Odabran je EDUIS informaciono-komunikacioni sistem, kompanije LANACO iz Banje Luke, čija je uloga da objedini poslove pedagoga, administrativnog radnika, sekretara i računovođe u jedinstven informaciono-komunikacioni sistem.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Na osnovu obavljene analize doneseni su zaključci i preporuke:

Nastavni plan informatike za osnovno obrazovanje predviđa 1 čas informatike sedmično u višim razredima (VI, VII, VIII i IX), odnosno 36 časova u toku školske godine, što je u eri informacionih tehnologija krajnje diskutabilno. Potrebno je provesti detaljnu analizu i na osnovu dobijenih rezultata izvršiti usklađivanje nastavnog plana i programa informatike u ovom pogledu.

Nastavni plan i program informatike za osnovno obrazovanje pokazuje visok stepen sličnosti sa programom ECDL –a, ali bi svaka dalja tvrdnja bez detaljno izloženih sadržaja i ishoda učenja bila neutemeljena. Za sada je evidentno postojanje namjere adekvatne pismenosti svršenog osnovca, ali do potpunog ispunjenja navedenog cilja potrebno je proći faze detaljne analize zastupljenosti nastave informatike, a potom sadržaja i ishoda učenja.

U srednjim stručnim školama nastava informatike izučava se u prvom razredu kroz 2 časa sedmično, odnosno 72 časa u toku jedne školske godine. Posmatrajući Strategiju razvoja obrazovanja Republike Srpske za period 2010 – 2014. godina nismo pronašli opredjeljenje za veću prisutnost informatike u nastavi. Suprotno globalnim trendovima, nastava informatike u srednjim školama u Republici Srpskoj je vrlo malo zastupljena. Nastavni sadržaji u nastavnom planu i programu informatike za srednje stručno obrazovanje organizovani su kroz dva modula. Oba modula sadrže iste ciljeve učenja, što je nedopustivo, s obzirom na diferencije među tematskim cjelinama. Svaki modul sadrži četiri nastavne teme, za koje su dati rezultati (ishodi) učenja i smjernice za nastavnika.

Četvrta tema drugog modula, „Primjena računara u struci“, ne sadrži detaljne ishode učenja, nego se svodi na jedan ishod u kojem se govori da će učenik biti spreman da koristi program iz struke po želji odjeljenja i nastavnika. Ovakva formulacija je u potpunosti neprihvatljiva u pogledu svih didaktičkih principa i osnovnih pravila. Nedopustivo je da se ne definišu nivoi znanja, da se ne prate zahtjevi struke i da se na taj način u potpunosti minorizuje značaj navedene tematske cjeline. S toga, kao vrlo važno i hitnu mjeru, predlažemo izmjenu unutar postojeće teme, a sve u okviru Zakona o srednjem obrazovanju i vaspitanju Republike Srpske koji dopušta izmjene nastavnog programa u opsegu od 30%, u kojoj će kao primjer biti obrađene neke nastavne

jedinice, a za ostale koje se preporučuju za navedenu temu, biće date detaljne smjernice za nastavnike i predloženi jasni i nedvosmisleni ishodi.

Nastavni plan i program informatike za srednje stručne škole posjeduje priličnu sličnost sa programom ECDL –a. Tematske cjeline su povezane izuzev u Modulu 5 i Modulu 6 koji izučavaju MS Access i MS PowerPoint, dok plan i program informatike sadrži temu Primjena računara u struci koja je krajnje potrebna, ali je metodički u potpunosti ispuštena i neobrađena.

Mišljenja smo da je plan i program čija je izmjena nužnost i u sadašnjem stanju opredijeljen za sticanje informatičke pismenosti, ali smo i stava da je potrebno uvrstiti i propuštene module ECDL –a u reviziji nastavnog plana i programa. Detaljnom analizom potrebno je utvrditi dovoljan broj časova koji bi bio adekvatan za zadovoljavanje ishoda učenja.

Agencija za informaciono društvo Republike Srpske, zadužena za praćenje, vrednovanje i unapređivanje informatičke pismenosti u Republici Srpskoj, nije objavila relevantne rezultate istraživanja informatičke pismenosti. Zadnji izvještaj Agencije datira iz 2010. godine i urađen je bez adekvatne metodologije koja ne daje u potpunosti jasnu sliku, tako da poslije izvještaja nemamo tačan uvid koliko je ispitanika informatički pismeno, nego se pitanja svoda na sposobnost upotrebe pojedinih aplikacija. Ovakav pristup krajnje je nedopustiv i kao hitnu mjeru predložimo sprovođenje detaljnog i metodološki ispravnog istraživanja poslije kojeg će biti data jasna slika, a na osnovu nje pristupiće se izradi Strategije razvoja informatičke pismenosti. Istraživanja informatičke pismenosti potrebno je provoditi kontinuirano, najmanje jednom godišnje kako bismo mogli imati adekvatan odgovor na datu situaciju.

Prisutni su primjeri neformalnog i informalnog obrazovanja. Pozitivan je primjer projekta u kojem učestvuje Zavod za zapošljavanje Republike Srpske i nevladina organizacija InfoARS iz Banje Luke u kojem zajedno nezaposlenim licima u statusu socijalne potrebe omogućavaju polaganje informatičkih kurseva (ECDL i drugi kursevi). Ovakav pristup u potpunosti podržavamo i mišljenja smo da je ovo pozitivan put za informatičko opismenjavanje i stvaranje informacionog društva Republike Srpske. Svakako, stavove i mišljenja bi trebalo potkrijepiti valjanim studijama i istraživanjima, koja su i u ovom momentu ključni problem jer nedostaju te samim tim ne ukazuju na suštinu problema.

Bez mjerljivih rezultata, svako donošenje zaključaka je diskutabilno, s toga pozivamo Agenciju za informaciono društvo da se pozabavi ovim i sličnim pitanjima, nužnim za stvaranje informacionog društva Republike Srpske.

LITERATURA

- [1] Nadrljanski Đ. Informatička pismenost i informatizacija obrazovanja. Informatologija 39. 2006. str. 262 – 266
- [2] Agencija za informaciono društvo Republike Srpske. Informatička pismenost u RS 2011. Dostupno na: <http://www.aidrs.org/sr/istrazivanje-informaticke-pismenosti-rs/> [15. 8. 2015.]
- [3] Slobodna Evropa. Balkanski servis: Visok stepen informatičke nepismenosti u BiH. 2016. Dostupno na: <http://www.slobodnaevropa.org/content/article/1331666.html> [15. 2. 2016.]
- [4] Republički pedagoški zavod. Nastavni plan za osnovno obrazovanje i vaspitanje: Osnovi informatike 2014. Dostupno na: <http://www.rpz-rs.org/sajt/20skolu.pdf> [15. 8. 2015.]
- [5] Asocijacija informatičara u Bosni i Hercegovini. ECDL 2014. Dostupno na: <http://www.ecdl.ba/bh/modul1.php> [15. 8. 2015.]
- [6] Republički pedagoški zavod. Plan i program SŠ po zanimanjima Informatika, Modul 1. 2014. Dostupno na: <http://www.rpz.rs.org/sajt/doc/> [15. 8. 2015.]
- [7] Agencija za informaciono društvo Republike Srpske. Istraživanje informatičke pismenosti u Republici Srpskoj. 2011. Dostupno na: <http://www.aidrs.org/sr/e-pismenosti-rs/> [15. 8. 2015.]
- [8] Strategija razvoja obrazovanja Republike Srpske za period 2010 – 2014. 2014. Dostupno na: http://www.herdata.org/public/Strategija_razvoja_obrazovanja_Republike_Srpske_2010-2014.pdf [15. 8. 2015.]

PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U PROUČAVANJA DIODNOG ISPRAVLJAČA PSIM AS EDUCATIONAL TOOL FOR TEACHING DIODE RECTIFIER

Maja Kukusheva Paneva, Biljana Chitkusheva Dimitrovska, Goce Stefanov, Vasilija Sarac,
Faculty of Electrical Engineering, Goce Delcev University- Stip, R. Macedonia

Sadržaj: U ovom radu predstavljamo upotrebu PSIM softverskog paketa namenjen za izučavanje osnove diodnih ispravljača. Računarske simulacije su značajne u procesu učenja i dodatna su podrška za bolje razumevanje ne samo ispravljača, već i za razumevanje različitih elektronskih kola. Pripremljena su tri modela celotalasnih ispravljača za simulaciju talasnih formi.

Abstract: This paper represents the usage of software packet PSIM in teaching students the basics of diode rectifiers. Computer simulations are important in learning process and can provide additional support in better understanding not just of rectifiers but better understanding of different power electronics circuits. Three models of single phase full-wave rectifier have been prepared for waveforms simulations.

1. INTRODUCTION

A rectifier is an electrical device that converts alternating current to direct current through process of rectification. The two basic types of full-wave rectifiers are center-trapped transformer rectifier and the bridge rectifier. The full-wave center-tapped transformer rectifier (Fig. 1) in order to utilize the both cycles of AC voltage supply uses two diodes that create a return path for the current by adding a tap at the center of the secondary winding. During the positive half cycle of the voltage the diode D1 is forward biased and conducts, while diode D2 is reverse biased and does not conduct. In the second half cycle D2 is forward biased and conducts while D1 is reverse biased. The rectification occurs during the whole period of the voltage. The current through the load is always in the same direction during both half cycles even though the secondary voltage has changed polarity.

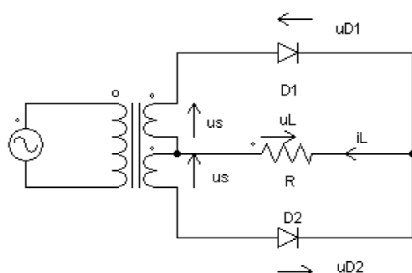


Fig.1 Full-wave center-tapped transformer rectifier

The voltage and current equations, ratio of rectification, form and ripple factor are defined in [1] – [3]. The average value of the load voltage v_L is U_{dc} and is defined as:

$$U_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t dt = \frac{2U_m}{\pi} = 0.603U_m \quad (1)$$

The root mean square (rms) value of the load voltage v_L is U_L and is defined as:

$$U_L = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (U_m \sin \omega t dt)^2} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707U_m \quad (2)$$

The result from equation (2) is expected since the rms value of full-wave rectifier voltage should be equal to the rms value of the input ac voltage.

Having assumed that the load is purely resistive, the average value of load current i_L is I_{dc} and can be calculated as:

$$I_{dc} = \frac{U_{dc}}{R} = \frac{2U_m}{\pi R} = \frac{0.636U_m}{R} \quad (3)$$

The root mean square value of the load current i_L is I_L and can be calculated as:

$$I_L = \frac{U_L}{R} = \frac{U_m}{\sqrt{2}R} = \frac{0.707U_m}{R} \quad (4)$$

The form factor is ratio between root mean square value of the voltage and its average value:

$$FF = \frac{U_L}{U_{dc}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11 \quad (5)$$

The ripple factor is a ratio between the effective (rms) value of the ac component of the load voltage u_L and the average value of the load voltage U_{dc} :

$$RF = \frac{U_{ac}}{U_{dc}} = \sqrt{\frac{U_L^2 - U_{dc}^2}{U_{dc}^2}} = \sqrt{FF^2 - 1} = 0.482 \quad (6)$$

The rectification ratio is merit for comparing the effectiveness of rectification and can be calculated as:

$$\sigma = \left(\frac{P_{dc}}{P_L} \right)^2 \cdot 100\% = \frac{(0.636U_m)^2}{(0.707U_m)^2} \cdot 100\% = 81\% \quad (7)$$

The transformer utilization factor (TUF) is a measure of the merit of rectifier circuit and is defined as ratio of the dc output power to the transformer volt-ampere rating required by the secondary winding:

$$TUF = \frac{P_{dc}}{V_s I_s} = 0.572 \quad (8)$$

Where V_s and I_s are the root mean square voltage and current ratings of the transformer secondary. The secondary VA rating $V_s I_s$ is double that one of the half-wave rectifier because the full-wave rectifier with center tapped transformer can be treated as two half-wave rectifiers operating together.

In order to smooth the output dc voltage on the load capacitor dc filters are used. The equivalent circuit for capacitor input dc filter is shown in Fig.2. When the instantaneous voltage of the secondary winding u_s is higher than the instantaneous value of capacitor voltage v_L either diode D1 or D2 conducts. When the instantaneous voltage of the secondary winding u_s falls below the instantaneous value of capacitor voltage v_L the diodes D1 and D2 are reversed bias and the capacitor is discharged through the load. The capacitor voltage v_L varies between the maximum value U_m and the minimum value $U_m - U_{r(pp)}$, where $U_{r(pp)}$ is peak to peak ripple voltage. If the voltage $U_{r(pp)}$, [1]-[3], is small it can be approximated with:

$$U_{r(pp)} = \frac{U_m}{f_r RC} \quad (9)$$

Where f_r is the output ripple frequency of the rectifier.

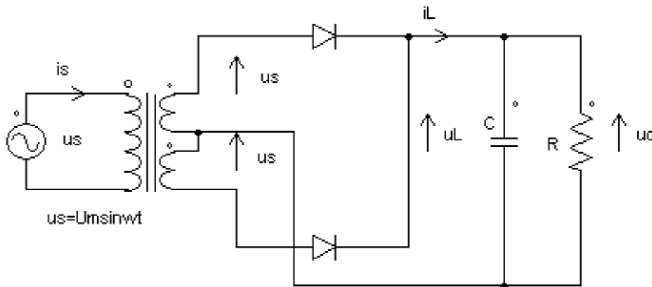


Fig.2. Full-wave center- tapped transformer rectifier with capacitor- input dc filter

The average value of the load output voltage is defined as:

$$U_{dc} = U_m \left(1 - \frac{1}{2f_r RC} \right) \quad (10)$$

The root mean square voltage U_L is defined as:

$$U_L = \frac{U_m}{2\sqrt{2}f_r RC} \quad (11)$$

The ripple factor of full-wave rectifier with capacitor- input dc filter can be calculated as:

$$RF = \frac{1}{\sqrt{2(2f_r RC - 1)}} \quad (12)$$

Bridge rectifier (Fig. 3) in order to provide full- wave rectification uses four diodes instead center- tapped transformer. During the positive half cycle of the transformer secondary voltage, diode D1 and D2 conduct while during the negative half cycle diode D3 and D4 conduct. The voltage and current relationship, as well as form factor and rectification ratio are same as those for full- wave center- tapped transformer rectifier. The bridge TUF factor is higher than the TUF factor of center- tapped transformer rectifier because the currents flowing in primary and secondary windings are continuous sine waves. The TUF factor [1]-[3] of the bridge rectifier can be calculate as:

$$TUF = \frac{0.636^2}{0.707 \cdot 0.707} = 0.81 \quad (13)$$

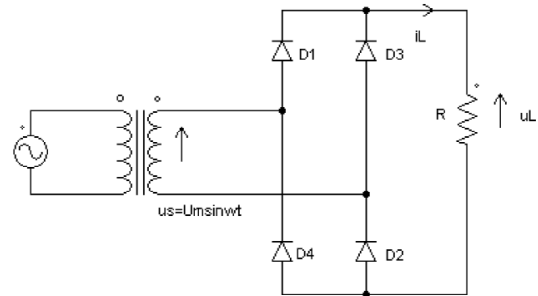


Fig.3. Full-wave bridge rectifier

2. SIMULATIONS IN PSIM

PSIM [4] is a software package designed for simulation of power electronics circuits developed by Powersim Inc. With friendly user interface and fast simulations, PSIM provides powerful simulation environment for power electronics, analog and digital control, magnetics and motor drive system. PSIM has interactive simulations capability and allows changing values of parameters and view of voltage and current wave forms in the middle of a simulation. For educational purpose, PSIM has the simplest approach to build electrical circuits and extract results with waveform viewer Simview.

Having the theoretical basis about rectifiers, students are now able to perform simulations in PSIM. The students performed simulation of full- wave center- tapped transformer rectifier with and without capacitor and bridge rectifier. The aim of these laboratory exercises is students to learn how to construct a full- wave rectifier using center- tapped transformer and bridge configuration. Also students learn how to filter rectified waves to generate a dc components from ac source. At the end students fill lab report and draw the input and output waveforms.

The first exercise [5] is simulation of full-wave center-tapped transformer rectifier as shown in Fig. 4. The input voltage is with sinusoidal waveform with amplitude 220V and frequency 50Hz. The load has resistance of 1Ω . The characteristics of the transformer and diodes are as they are defined in the program. The voltmeter is tied parallel to the input voltage V_i and serves to measure and display the input voltage. The other voltmeter is tied parallel to load R and serves to display the output voltage. The duration of the simulation is 20ms. The waveform of the voltage and the current through the load are shown in Fig. 5.

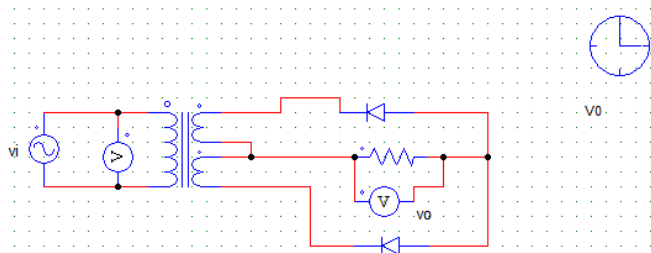


Fig 4. Simulation model of center- tapped transformer rectifier

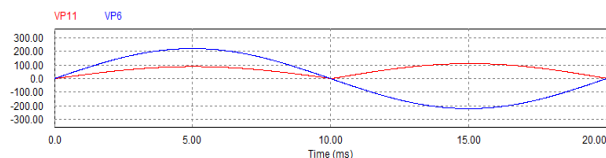


Fig 5. Waveforms of full- wave center- tapper transformer rectifier

The second exercise [5] is simulation of full-wave center-tapped transformer rectifier with capacitor filter as shown in Fig. 6. The source is sinusoidal with amplitude 220V and frequency 50Hz. The load is with resistance 1Ω and the value of the capacitor is adjusted to 0.001F. The characteristics of the transformer and diodes are as they are defined in the program. The other voltmeter is tied parallel to load R and serves to display the output voltage. The duration of the simulation is 20ms. The waveform of the voltage and the current through the load are shown in Fig. 7.

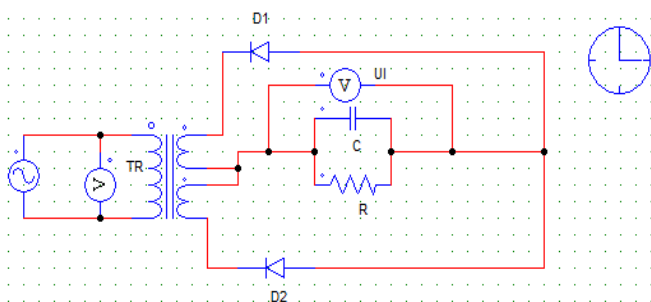


Fig 6. Simulation model of full- wave center- tapped transformer rectifier with capacitor filter

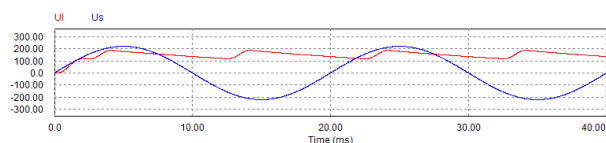


Fig 7. Waveforms of full- wave center- tapper transformer rectifier with capacitor filter

The third exercise is simulation of full-wave bridge rectifier (Fig. 8). The input source is sinusoidal wave with amplitude 220V and frequency 50Hz. The characteristics of the transformer and diodes are as they are defined in the program. Load resistance is 5Ω .

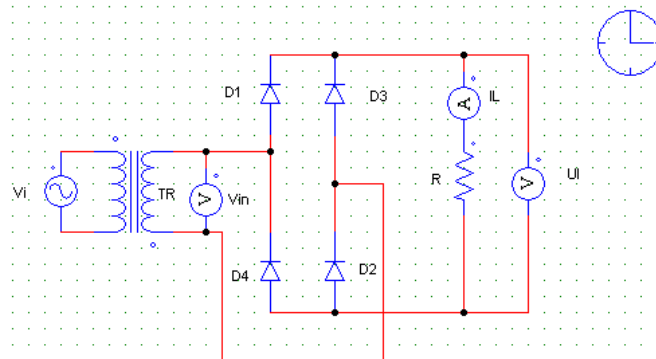


Fig 8. Simulation model of full- wave bridge rectifier

The voltmeter is tied parallel to load R and serves to display the output voltage while the ammeter is tied serial to the load and displays the current through the load. The Duration of the simulation is 40ms. The waveform of the voltage and the current through the load are shown in Fig. 9.

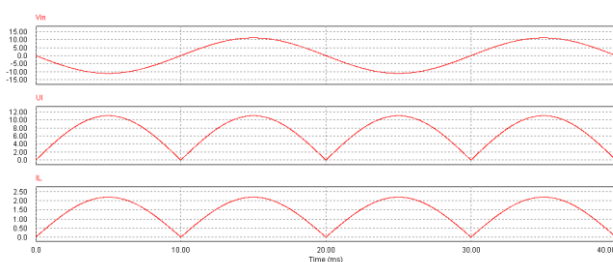


Fig 9. Voltage and current waveforms of bridge rectifier

3. CONCLUSION

A detailed analysis of creating simulation models for diode rectifiers using the software packet PSIM was analyzed in this paper. Trough demonstration of three examples are represented the capabilities of software package PSIM as a complementary tool in learning process that may help students to understand power electronics. The waveforms obtained by the computer simulations are close to theoretically obtained waveforms.

REFERENCES

- [1] R. W. Ericson, D. Maksimovic, Fundamentals of Power Electronics, Kluwer, 2002.
- [2] W.B. Williams, Principles and Elements of Power Electronics, University of Strathcyde, Glasgow, 2006.
- [3] W. Shepherd, Li Zhang, Power Converter Circuits, Marcel Dekker, 2004.
- [4] <http://powersimtech.com/products/psim/>
- [5] V. Sarac, Industriska elektronika- Praktikum za kompjuterski vezbi, UGD, Stip 2012.

UMREŽENI UPRAVLJAČKI SISTEMI NETWORKED CONTROL SYSTEMS

Marko Bošković, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu*

Sadržaj: *Umreženi upravljački sistemi (UUS) posljednjih godina sve više su zastupljeni u automatizaciji procesa u raznim granama industrije posebno za rješavanje distribuiranih upravljačkih zadataka. U ovom radu opisane su osnovne karakteristike, komponente i primjena UUS. Dat je kratak osvrt na prednosti, probleme i izazove u odnosu na konvencionalne tipove upravljanja. Poseban akcenat stavljen je na neminovnu pojavu mrežnog kašnjenja i analiziran je primjer projektovanja kontrolera kod UUS kojim se efektivno eliminiše kašnjenje iz funkcije prenosa kontrolera i postiže adekvatna performansa sistema u zatvorenoj sprezi.*

Abstract: *Networked Control Systems (NCS) have been recently more and more presented in the process automation in various industries especially for addressing distributed control problems. This paper describes the main features, components and application of NCS. A brief overview of advantages, problems and challenges of NCS with regard to conventional control methods is given. Special emphasis is placed on the inevitable network delays and an example of controller design with NCS is analyzed, which effectively eliminates the delay from the controller transfer function and achieves adequate performance of the closed-loop system.*

1. UVOD

Primjena mreže u upravljačkim sistemima dobila je veliki značaj posljednjih godina, prije svega zbog isplativosti i fleksibilnosti takvih sistema. Riječ je o konceptu koji se i ranije primjenjivao u različitim oblastima upravljanja, automatizaciji sistema i raznim granama industrije, ali je tek postavljanjem zahtjeva u raznolikosti, složenosti i performansi sistema u realnom vremenu došlo do snažnijeg razvoja umreženih upravljačkih sistema (UUS).

UUS se nalaze na presjeku teorije upravljanja i teorije komunikacija. Teorija upravljanja je tradicionalno usmjerena na proučavanje međusobno povezanih dinamičkih sistema povezanih kroz "idealne" kanale, dok teorija komunikacija proučava prenos informacija putem nesavršenih kanala. Kombinacija ova dva okvira neophodna je za modelovanje UUS [1]. Neke od oblasti u kojima se UUS primjenjuju su: mobilne senzorske mreže, istraživanja svemira, automatizacija u fabrikama, dijagnostika i otklanjanje grešaka i kvarova u industrijskim okruženjima, automobilska industrija, praćenje rada proizvodnih pogona, rad u opasnim okruženjima i mnoge druge.

Osnovne komponente UUS su senzori, aktuatori i kontroleri koji mogu biti prostorno raspoređeni na različitim (udaljenim) lokacijama i čiji rad je koordinisan kroz razmjenu informacija putem komunikacionih mreža. Sistem upravljanja projektuje se tako da se komponente UUS povežu putem komunikacione mreže i time smanji složenost sistema. Umreženi kontroleri omogućavaju da se podaci efikasno dijele putem mreže čime se smanjuje nepotrebno ožičavanje sistema. Dodatni senzori, aktuatori i kontroleri se sa malo troškova mogu lako dodati tako da polazni system ne pretrpi značajne strukturne promjene.

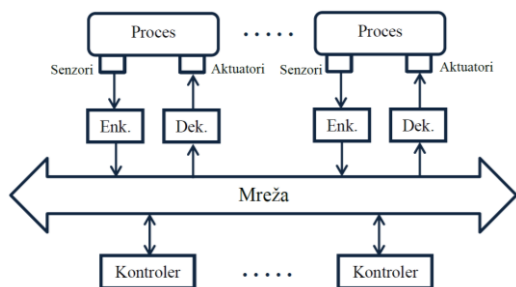
Konvencionalna arhitektura komunikacije za upravljačke sisteme, koja je uspješno implementirana u industriji, je tipa od tačke do tačke. Međutim, ovakvi centralizovani sistemi upravljanja nisu pogodni da adekvatno odgovore na nove zahtjeve u pogledu modularnosti, decentralizovanog upravljanja, integrisane dijagnostike, brzog i jednostavnog održavanja i niske cijene. Istraživanja UUS uglavnom su podstaknuta tipom mreža koje se koriste u povratnoj sprezi.

Ubrzan razvoj bežične komunikacije doveo je do sve veće integracije uređaja putem bežičnih komunikacionih kanala, a široka primjena i mogućnosti interneta su jedan od pokretača za dalje istraživanje i razvoj UUS [2]. Međutim, ubacivanjem komunikacione mreže u povratnu petlju upravljačkih sistema, analiza i projektovanje UUS postaju složeniji. Konvencionalna teorija upravljanja polazi od nekoliko idealnih pretpostavki, kao što su sinhronizovano upravljanje, mjerenje i akcija bez kašnjenja, stoga se dobijeni rezultati najprije moraju preispitati prije nego što se primijene na UUS. Stoga, u analizu UUS moraju da se uzmu u obzir mrežna kašnjenja, nepouzdanost u prenosu paketa, ograničenju opsega i veličini pakete i sl.

Rad je organizovan na sljedeći način. U drugom poglavlju su obrazložene osnovne karakteristike, komponente, tipovi arhitekture UUS sa posebnim osvrtom na mrežno kašnjenje kao osnovni problem koji je potrebno riješiti kod UUS da se ne bi narušila stabilnost i performansa sistema. U trećem poglavlju je izvršena simulaciona analiza gdje poređena performansa sistema sa PI kontrolerom za upravljanje DC motorom sa performansom sistema sa kontrolerom projektovanim pod ograničenjima na robusnost.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE UMREŽENIH UPRAVLJAČKIH SISTEMA

Umreženi upravljački sistemi (*Networked control systems*) su prostorno raspoređeni sistemi u kojima se komunikacija između senzora, aktuatora i kontrolera odvija kroz dijeljenu komunikacionu mrežu ograničenog opsega kao što je prikazano na Sl. 1. [1].



Slika 1. Principijelna šema arhitekture umreženog upravljačkog sistema

2.1. Komponente UUS

Osnovne komponente umreženih upravljačkih sistema su:

a) *Mreža ograničenog kapaciteta.* Svaka mreža ima svoje protokole koji se projektuju za određeni opseg primjena, te stoga rad UUS u velikoj mjeri zavisi od parametara mreže. Da bi se signal prenio putem komunikacione mreže, mora da se uzorkuje, enkodira u digitalni format, prenese putem mreže i konačno podaci dekodiraju na prijemnoj strani, što uzrokuje pojavu kašnjenja u povratnoj petlji. Osim toga, promjene u okruženju kao što je prisustvo metalnih objekata mogu da utiču na osobine prostiranja komunikacionog kanala. Poseban problem je potencijalni gubitak paketa u prenosu što je daleko češći slučaj kod bežičnih nego kod žičanih komunikacionih mreža.

b) *Senzori.* Senzori mjere više fizičkih veličina u sistemu i uključuju elektronske senzore, biosenzore i hemijske senzore. Broj senzora je obično veći od broja aktuatora i trebalo bi da su jeftiniji i da nisu energetske zahtjevni.

c) *Kontroleri.* Kontroler preuzima senzorska mjerenja izlaznog signala u vidu frejma ili paketa. Upravljački signal inkapsulira se u frejm ili paket, a zatim šalje procesu putem mreže. Na osnovu ove postavke, tradicionalna upravljačka teorija mora da se iznova razmotri s obzirom na raspoloživost ograničene informacije [3].

2.2. Osnovne karakteristike UUS

Sa stanovišta upravljanja potrebno je razmotriti nekoliko važnih elemenata na osnovu kojih se UUS razlikuju od ostalih upravljačkih sistema [1]:

a) *Kanali ograničenog opsega.* Svaka komunikaciona mreža može da nosi samo ograničenu količinu informacija u jedinici vremena što u mnogim primjenama predstavlja značajno ograničenje u radu UUS. Komunikaciona ograničenja su

posebno izražena u sljedećim primjenama UUS: bespilotne letjelice, planetarna vozila (roveri), senzorske mreže, veliki nizovi mikroaktuatora i senzora i sl. Stoga su značajni istraživački naponi usmjereni ka određivanju minimalnog protoka potrebnog za stabilizaciju linearnog sistema u zatvorenoj sprezi putem konačnog kapaciteta kanala.

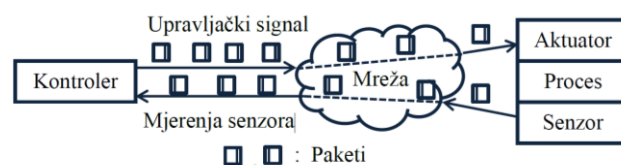
b) *Gubitak paketa.* Ovo je jedna od značajnih razlika između UUS i standardnog digitalnog upravljanja. Gubici paketa tipično nastaju kao rezultat grešaka prenosa u fizičkim mrežnim vezama ili prekoračenjem bafera usljed zagušenja. Velika kašnjenja u prenosu mogu dovesti do promjena rasporeda u paketima, što je naročito prisutno u paketskim gubicima ako prijemnik odbaci zastarjele podatke.

c) *Odabiranje i kašnjenje.* Da bi se prenio kontinualni signal putem mreže, signal mora da se uzorkuje, enkodira u digitalni oblik, prenese kroz mrežu, a na kraju se podaci moraju dekodirati na prijemnoj strani. Ovaj postupak se razlikuje od običnog periodičnog uzorkovanja koje se primjenjuje u digitalnom upravljanju. Ukupno kašnjenje između uzorkovanja i eventualnog dekodiranja na prijemnoj strani može biti veoma promjenljivo zbog toga što kašnjenja u pristupu mreži i kašnjenja u prenosu zavise od uslova promjenljive mreže kao što su zagušenje i kvalitet kanala. Kod nekih UUS, podaci koji se prenose su vremenski ovjereni što znači da prijemnik može da procijeni trajanje kašnjenja i da preuzme odgovarajuću korektivnu akciju. Značajan broj istraživanja je urađen s ciljem da se izvrši karakterizacija maksimalne gornje granice intervala odabiranja za koju se garantuje stabilnost sistema.

d) *Arhitektura sistema.* Na Sl. 1. prikazana je principijelna šema arhitekture UUS. Blokovi enkodera preslikavaju mjerenja u simbole koji mogu da se prenose putem mreže i odlučuju kada će se izvršiti odabiranje kontinualanog signala za prenos i šta će se prenijeti kroz mrežu. Blokovi dekodera izvršavaju zadatak preslikavanja simbola primljenih iz mreže u kontinualne signale za aktuator.

2.3 Podjela UUS

Postoje dva opšta pristupa kod projektovanja UUS. Na osnovu njih UUS mogu da se klasifikuju prema dvjema konfiguracijama: UUS u direktnoj strukturi i UUS u hijerarhijskoj strukturi [4, 5]. Šema UUS u direktnoj strukturi prikazana je na Sl. 2. UUS u direktnoj strukturi sastoji se od kontrolera, i daljinski upravljanog sistema koji se sastoji od fizičkog procesa, senzora i aktuatora. Kontroler i proces su fizički locirani na različitim mjestima i direktno su povezani sa mrežom podataka u cilju da se uspostavi daljinsko upravljanje u zatvorenoj sprezi.

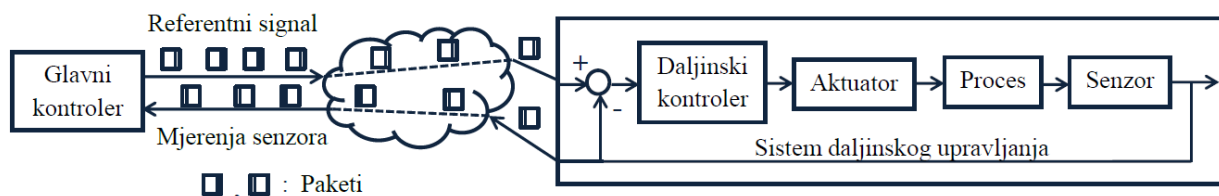


Slika 2. Umreženi upravljački sistem u direktnoj strukturi

Osnovna hijerarhijska struktura sastoji se od glavnog kontrolera i udaljenog sistema u zatvorenoj sprezi kao što je prikazano na Sl. 3. Glavni kontroler izračunava i periodično šalje referentni signal u vidu frejma ili paketa putem mreže daljnjski upravljanoj sistemu. Udaljeni sistem preuzima i procesira referentni signal i vrši se upravljanje u lokalnoj povratnoj sprezi, a mjerenja senzora se šalju glavnom

kontroleru. Spoljašnja “umrežena” upravljačka petlja obično ima duži period odabiranja nego lokalna petlja.

Izbor odgovarajuće strukture se zasniva na zahtjevima primjene i prioritetima projektovanja. Direktna struktura može se takođe primijeniti na hijerarhijsku strukturu tako što se udaljeni sistem u zatvorenoj sprezi razmatra kao čisti proces.



Slika 3. UUS u hijerarhijskoj strukturi

2.4. Kašnjenja u petlji

Primjene umreženog upravljanja mogu da se podijele u dvije kategorije: vremenski kritične (osjetljive) i primjene neosjetljive na vremensko kašnjenje. Kod prve kategorije može doći do slabljenja performanse sistema pa čak i do oštećenja objekta upravljanja. Neki primjeri vremenski osjetljivih primjena su: upravljanje putem mreže u sistemima protivpožarne zaštite, podmorskim istraživanjima i sl. U kategoriju primjena neosjetljivih na vremensko kašnjenje mogu da se svrstaju razni zadaci ili programi koji se pokreću u realnom vremenu, ali čiji rokovi nisu kritični kao što su e-mail, FTP, DNS i http i drugi.

Rad UUS zasniva se na postojanju komunikacione mreže, pa se u prenosu podataka između kontrolera i udaljenog sistema neminovno indukuju mrežna kašnjenja dodatno na kašnjenja obrade kontrolera. Metode upravljanja UUS moraju da adekvatno odgovore na problem mrežnog kašnjenja tako da se sačuva stabilnost i dobiju adekvatni indeksi performanse sistema.

Mrežna kašnjenja u UUS mogu da se predstavje prema smjeru prenosa podataka na dva tipa: kašnjenje tipa senzorkontroler τ^{sc} i kašnjenje τ^{ca} kontroler-aktuator koja se mogu izračunati na sljedeći način

$$\tau^{sc} = t^{cs} - t^{se}, \quad (1)$$

$$\tau^{ca} = t^{rs} - t^{ce}, \quad (2)$$

gdje t^{se} vremenski trenutak kada udaljeni sistem inkapsulira mjerenja u frejm ili paket koji treba da se šalju, t^{sc} vremenski trenutak kada kontroler započinje obradu mjerenja u primljenom frejmu ili paketu, t^{ce} vremenski trenutak kada glavni kontroler inkapsulira upravljački signal u paket koji će biti poslan i t^{rs} je vremenski trenutak kada udaljeni sistem započinje obradu upravljačkog signala [5]. U opštem slučaju oba mrežna kašnjenja mogu biti duža i kraća od vremena

odabiranja. Vrijeme obrade kontrolera τ^c i oba mrežna kašnjenja, definisana relacijama (1) i (2), mogu da se spoje u jedinstveno upravljačko kašnjenje τ radi jednostavnije analize.

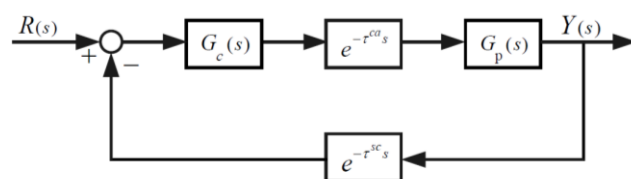
Mrežni protokoli viših slojeva (npr. TCP) mogu da zahtijevaju ponovni prenos ako se desi greška u paketu, ili ukoliko svič ili ruter izgube paket. Ovo se može shvatiti kao neka vrsta kompromisa kod UUS. S druge strane iako se upravljački i senzorski signali izgube u prenosu, rad pojedinih UUS može biti prihvatljiv. U ovom slučaju, ponovni prenos može biti nepoželjan zato što UUS mogu biti ozbiljno pogođeni produženjem kašnjenja kao rezultat ponovnog slanja [4].

Karakteristike kašnjenja u UUS zavise od tipa mreže koja se koristi. Metode projektovanja UUS zasnovane su na nekoliko tipova mrežnog ponašanja i adekvatnom strukturom se tretiraju problemi kašnjenja. Pri tome se polazi od nekoliko pretpostavki kao što su:

- Prenosi u mreži su bez grešaka,
- Svaki frejm ili paket imaju konstantnu dužinu,
- Razlika između vremena odabiranja i senzora, tzv. vremenska devijacija je konstantna,
- Vrijeme izračunavanja je nepromjenljivo i mnogo manje nego period odabiranja,
- Mrežni saobraćaj ne može biti preopterećen,
- Svaka dimenzija izlaznog mjerenja ili upravljačkog signala može da se upakuje u jedinstveni frejm ili paket.

3. SIMULACIONA ANALIZA

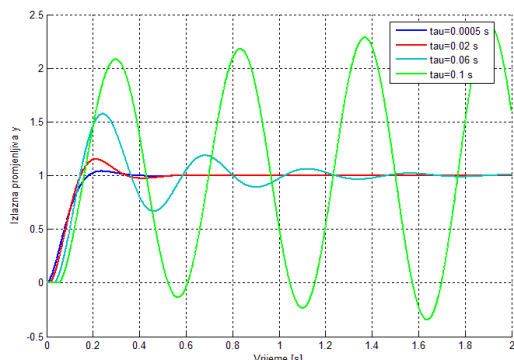
Upravljačka struktura sa kontrolerom $G_c(s)$ prikazana je na Sl. 4.



Slika 4. Upravljačka struktura [5]

Performansa sistema i efekat kašnjenja analizirani su na primjeru funkcije prenosa DC motora

$$G_p(s) = \frac{2029.826}{(s+26.29)(s+2.296)}$$



Slika 5. Odskočni odziv za različite vrijednosti mrežnog kašnjenja τ , gdje $\tau^a = \tau^c = \tau/2$ konstantno i $\beta=1$

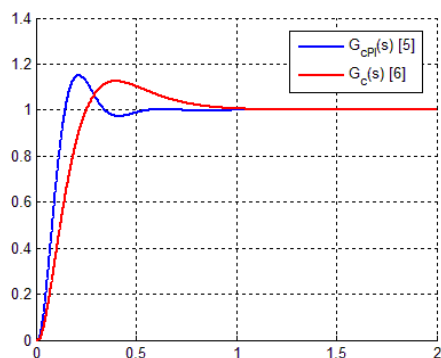
Izvršeno je poređenje performansi sistema sa PI kontrolerom $G_{cPI}(s) = \frac{\beta k_p (s + k_i / k_p)}{s}$, $k_p = 0.1701$, $k_i = 0.378$ iz [5], sa performansom sistema sa kontrolerom projektovanim pod zahtjevima na robusnost prema proceduri iz [6].

Ukupno kašnjenje može da se predstaviti kao $\tau = \tau^{ca} + \tau^{sc}$, gdje $\tau^{ca} = \tau^{sc} = \tau / 2 = 0.01$. Odavde na osnovu procedure projektovanja iz [6], za zahtijevanu maksimalnu vrijednost funkcije osjetljivosti $M_s=1.4$ dobijene su sljedeće vrijednosti parametara $\lambda=0.1$, $\eta_1=0.328$ i $\eta_2=0.017$, a funkcija prenosa kontrolera $G_c(s)$ je

$$G_c(s) = \frac{1}{G_p(s)} \frac{(\eta_2 s^2 + \eta_1 s + 1) e^{-\tau s}}{(\lambda s + 1)^4} \quad (3)$$

Primjenom Padeove aproksimacije [7, 8] na (3), dobija se konačni oblik funkcije prenosa kontrolera $\hat{G}_c(s)$

$$\hat{G}_c(s) = \frac{0.0831(s+3.7964)(s+15.4476)(s+197.8111)}{s(s+187.7163)(s+15.8643)} \quad (4)$$



Slika 6. Odziv sistema u zatvorenoj sprezi sa kontrolerom $G_c(s)$ i procesom $G_p(s)$

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da sistem sa $G_c(s)$ u zatvorenoj sprezi ima manji preskok i IAE (*Integral Absolute Error*) u odnosu na sistem sa PI kontrolerom. Osim toga, u proceduru projektovanja je moguće uvesti dodatni parametar, ζ tj. faktor relativnog prigušenja polova u zatvorenoj sprezi, kao u [6], čime se dodatno može uspostaviti kompromis između performanse i robusnosti.

4. ZAKLJUČAK

U radu su opisane karakteristike, različiti aspekti primjene, te prednosti i nedostaci UUS u odnosu na konvencionalne tipove upravljanja. Bez obzira da li se UUS projektuju u direktnoj ili hijerarhijskoj strukturi performansa sistema slabi usljed postojanja mrežnih kašnjenja koja u najgorem slučaju mogu uzrokovati nestabilnost sistema. Stoga je rješavanje problema kašnjenja od suštinske važnosti za adekvatno funkcionisanje UUS. Rješavanje problema slučajnih mrežnih kašnjenja je još teže, jer ne postoji kriterijum za koji će u opštem slučaju da se garantuje stabilnost UUS. Primjenom robusne procedure projektovanja kontrolera efektivno je uklonjeno mrežno kašnjenje iz funkcije prenosa kontrolera i dobijeni su adekvatni indeksi robusnosti i performanse sistema u zatvorenoj sprezi.

LITERATURA

- [1] J. P. Hespanha, P. Naghshtabrizi, Xu Yonggang, „A Survey of Recent Results in Networked Control Systems“, *Proceedings of the IEEE*, Vol.95, No.1, pp. 138-162, Jan. 2007.
- [2] R. M. Murray, K. J. Aström, S. P. Boyd, R. W. Brockett, and G. Stein, „Control in an information rich world“, *IEEE Contr. Syst. Mag.*, Vol. 23, No. 2, pp. 20–33, Apr. 2003.
- [3] Keyou You, Nan Xiao, Lihua Xie, „Analysis and Design of Networked Control Systems“, *Communications and Control Engineering*, Springer Verlag London 2015.
- [4] Fei-Yue Wang Derong Liu, „Networked Control Systems“, *Theory and Applications*, Springer- Verlag London Limited, 2008.
- [5] Yodyium Tipsuwan, Mo-Yuen Chow, „Control methodologies in networked control systems“, *Control Engineering Practice*, Vol. 11, Issue 10, pp. 1099–1111, Oct. 2003
- [6] T. B. Šekara, M. B. Trifunović, V. Govedarica, “Frequency Domain Design of a Complex Controller under Constraints on Robustness and Sensitivity to Measurement Noise“, *ELECTRONICS*, vol. 15, pp. 40-44, 2011
- [7] Liu T, Zhang W, Gu D. “Analytical design of two-degree-of-freedom control scheme for open-loop unstable process with time delay”, *J. Process Control* 2005; 15:559-72.
- [8] A. George, J. Baker, G.M. Peter, Padé Approximants: Part I. Basic Theory, Addison Wesley, New York, 1981

NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PIDC REGULATORA POD OGRANIČENJIMA NA PRETEK FAZE I OSJETLJIVOST NA MJERNI ŠUM A NOVEL METHOD FOR OPTIMIZATION OF PIDC REGULATORS UNDER CONSTRAINTS ON PHASE MARGIN AND SENSITIVITY TO MEASUREMENT NOISE

Tomislav B. Šekara, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu*
Marko Bošković, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu*
Milovan Radulović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*
Boško Cvetković, *Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu*

Sadržaj: U ovom radu razvijena je nova metoda projektovanja PID regulatora sa redno vezanim diferencijalnim kompenzatorom (PIDC) u frekvencijskom domenu. Optimizaciona metoda zasniva se na maksimizaciji integralnog pojačanja k_i za zadati pretek faze $\phi_{p\dot{z}}$ pod ograničenjem osjetljivosti na mjerni šum M_n . Predložena metoda primjenjuje princip nesimetričnog optimuma (NSO) i omogućava da se ostvari što veći stepen nesimetričnog optimuma za zadati $\phi_{p\dot{z}}$. Rješavanjem optimizacione procedure dobijaju se parametri PIDC regulatora koji daju minimum IAE (Integrated Absolute Error). Efikasnost predložene metode analizirana je sa simulacijama na širokoj klasi industrijskih procesa.

Abstract: This paper presents a novel method for frequency domain optimization of PID controllers with a series lead-lag filter (PIDC). Optimization procedure is based on maximization of integral gain k_i under constraints to sensitivity to measurement noise M_n . The proposed method is based on the non-symmetrical optimum method (NSO) and provides a high degree of non-symmetrical optimum for the given phase margin $\phi_{p\dot{z}}$. Solution to optimization procedure are parameters of PIDC controller which give the minimum of IAE (Integrated Absolute Error). Efficiency of the proposed method is analyzed on large class of industrial processes.

1. UVOD

Veliki značaj i primjena PI/PID regulatora sa učešćem od 94% u realizaciji povratnih sprega u industriji [1] doveli su do razvoja velikog broj različitih metoda za podešavanje njihovih parametara. Razvijene su efikasne i jednostavne procedure za podešavanje parametara industrijskih regulatora, kao i optimizacione procedure [2-16] regulatora tako da se minimizira IAE (*Integrated Absolute Error*) pri ograničenjima na robusnost, što zadovoljava kriterijum dat u [17].

Jedna od poznatih metoda za za projektovanje PI/PID regulatora primjenjuje tzv. princip nesimetričnog optimuma (NSO) [18]. Princip NSO polazi od zahtjeva da fazna Bodeova karakteristika $\phi(\omega)$, odnosno karakteristika funkcije povratnog prenosa $\phi_{pf}(\omega)=180^\circ+\phi(\omega)$ bude nesimetrična u odnosu na pravu povučenu u tački presječne učestanosti pojačanja ($\omega_c, 0$ dB), a koja je normalna na frekvencijsku osu. Na osnovu ove činjenice može se jednostavno formirati kriterijum nesimetričnosti, tj. da određen broj prvih parnih izvoda fazne karakteristike teže nuli u presječnoj učestanosti pojačanja kao što je istaknuto u [19].

Indeksi performanse i robusnosti regulacionih kontura sa PI/PID regulatorima mogu dodatno da se poboljšaju primjenom PIDC regulatora [20, 21]. Funkcija prenosa PIDC regulatora je definisana sa izrazom (1)

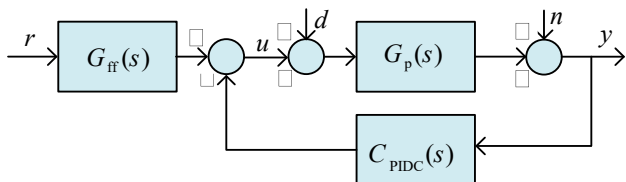
$$C_{PIDC}(s) = (k + \frac{k_i}{s} + k_d s + k_h s^2) F_{NF}(s) \quad (1)$$

gdje $F_{NF}(s)$ niskofrekventni filter.

Stoga je u ovom radu predložena nova metoda za optimizaciju PIDC regulatora za određene industrijske procese sa i bez transportnog kašnjenja. Data metoda je zasnovana na principu NSO pod ograničenjima na pretek faze $\phi_{p\dot{z}}$ i osjetljivosti na mjerni šum M_n . Cilj optimizacione procedure je da se ostvari što veći stepen nesimetričnosti funkcije $\phi_{pf}(\omega)$ u okolini presječne učestanosti ω_c kao što je ranije navedeno. Polazni uslov je da se izvrši minimizacija IAE uz adekvatnu robusnost, i u tu svrhu je primijenjena $\max(k_i)$ metoda. Na osnovu zadatog preteka faze $\phi_{p\dot{z}}$ i kriterijuma nesimetričnosti dobijaju se parametri PIDC regulatora.

2. NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PIDC REGULATORA POD OGRANIČENJIMA NA PRETEK FAZE I OSJETLJIVOST NA MJERNI ŠUM

Upravljačka struktura sa regulatorom $C(s)$ prikazana je na Sl. 1 za određenu klasu funkcija prenosa industrijskih procesa, gdje su: r -referentni signal, u -upravljanje, d -poremećaj, n -mjerni šum, y -upravljana veličina i funkcija prenosa $G_{ff}(s)$ koja opisuje *feed forward* od referentnog signala r do upravljanja u .



Slika 1. Upravljačka struktura

Funkcija povratnog prenosa $L(s)=C_{PIDC}(s)G_p(s)$ ove upravljačke strukture uz (1) ima oblik

$$L(s) = \gamma \frac{k_h s^3 + k_d s^2 + k_s + k_i}{s \left(\frac{T_f^2}{2} s^2 + T_f s + 1 \right)} G_p(s) \quad (2)$$

gdje su podešljivi parametri k , k_i , k_d , k_h i vremenska konstanta T_f filtra drugog reda $F_{NF}(s) = 1 / ((T_f^2 / 2) s^2 + T_f s + 1)$ sa faktorom relativnog prigušenja $\zeta = 1 / \sqrt{2}$. Ako je statičko pojačanje procesa $G_p(s)$ pozitivno tada je parametar $\gamma=1$, dok je za negativno statičko pojačanje $\gamma=-1$. Bez umanjjenja opštosti u predloženoj metodi je razmatran slučaj $\gamma=1$.

Zahtjevi da se ostvari željena performansa/robusnost sistema u zatvorenoj sprezi su:

- pretek faze $\phi_{pf} = \phi_{pFz}$,

$$\phi_{pf}(\omega) = 180^\circ + \arg L(j\omega), |L(j\omega)| = 1, \quad (3)$$

- vremenska konstanta filtracije T_f ,

$$T_f = \sqrt{\frac{2k_h}{M_n}}, \quad (4)$$

gdje je M_n osjetljivost na mjerni šum na visokim frekvencijama definisan sa

$$M_n = \lim_{\omega \rightarrow \infty} \left| \frac{C(j\omega)}{1 + C(j\omega)G_p(j\omega)} \right| = \frac{2k_h}{T_f^2} \quad (5)$$

- kriterijum nesimetričnosti u idealnom slučaju za funkciju $\phi_{pf}(\omega)$ može se dati u opštem slučaju

$$\mu_n = \left. \frac{\partial^n \phi_{pf}(\omega)}{\partial \omega^n} \right|_{\omega=\omega_1} = 0, \quad n = 2, 4, 6, \dots \quad (6)$$

Optimizaciona procedura pod ograničenjima može se predstaviti u sređenom obliku (7)

$$\begin{aligned} & \max_{\omega, k, k_i, k_d, k_h} (k_i), \\ & |L(j\omega)| = 1, \\ & 180^\circ + \arg L(j\omega) = \phi_{pFz}, \\ & \mu_2(\omega, k, k_i, k_d, k_h) = 0, \\ & \mu_4(\omega, k, k_i, k_d, k_h) = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

za zadati pretek faze ϕ_{pFz} i osjetljivost na mjerni šum M_n . Uzimajući iskustveno početne vrijednosti u optimizacionoj proceduri (7) uz (2), (3) i (6) dobijaju se parametri PIDC regulatora k , k_i , k_d , k_h i T_f kao i presječna učestanost pojačanja ω_1 .

3. SIMULACIONA ANALIZA

Predložena metoda je analizirana numeričkim simulacijama na devet procesa koji obuhvataju statičke i astatičke procese sa i bez transportnog kašnjenja.

$$G_{p1}(s) = \frac{1}{(s+1)^4}, \quad G_{p2}(s) = \frac{1}{\prod_{k=0}^3 (0,7^k s + 1)}, \quad G_{p3}(s) = \frac{e^{-5s}}{(s+1)^3},$$

$$G_{p4}(s) = \frac{1-s}{(s+1)^3}, \quad G_{p5}(s) = \frac{9}{(s+1)(s^2+2s+9)}, \quad G_{p6}(s) = \frac{1}{\cosh \sqrt{2}s}$$

$$G_{p7}(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}, \quad G_{p8}(s) = e^{-\sqrt{s}}, \quad G_{p9}(s) = \frac{2e^{-s}}{(10s+1)(5s+1)}$$

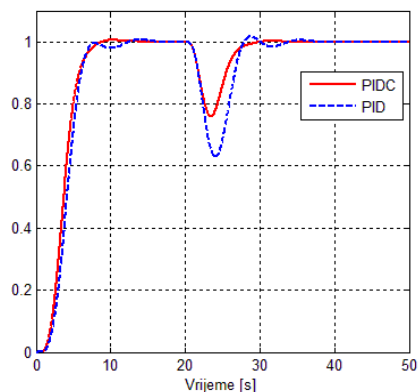
Upravljanje je realizovano u obliku $U(s) = k(bR(s) - Y_f(s)) + k_i(R(s) - Y_f(s))/s - k_d s Y_f(s)$, $Y_f(s) = 1/(T_f s + 1)$, $0 \leq b \leq 1$, sa ciljem dobijanja kvalitetnijih odziva sistema i na referentni signal. U Tabeli 1. date su vrijednosti parametara PIDC regulatora za svaki proces pod unaprijed specificiranim ograničenjima na pretek faze i osjetljivosti na mjerni šum, kao i maksimum funkcije osjetljivosti $M_s = \max_{\omega} |1 / (1 + L(j\omega))|$ i maksimum funkcije

komplementarne osjetljivosti $M_p = \max_{\omega} |L(j\omega) / (1 + L(j\omega))|$.

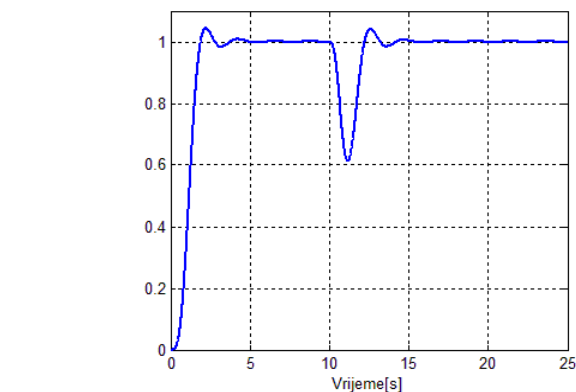
Na Sl. 2-10 prikazani su odzivi sistema na odskočni referentni signal i poremećaj.

Tabela 1. Parametri PIDC regulatora dobijeni predloženom metodom (6) za $G_{pj}(s)$, $j=1,2,\dots,9$ gdje je $T_f = \sqrt{2k_h / M_n}$.

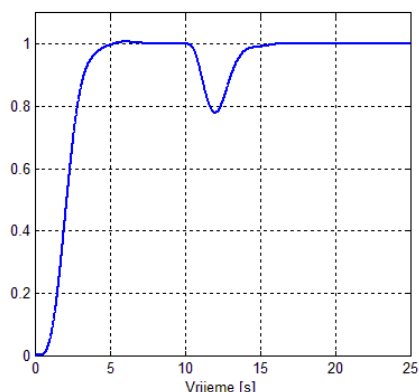
Proces	k	k_i	k_d	k_h	ω_1	ϕ_{pFz}	M_n	M_s	M_p
$G_{p1}(s)$	3,8934	1,1855	4,6820	1,9697	0,9974	45	50	1,89	1,34
$G_{p2}(s)$	4,4405	2,2832	3,1041	0,6845	1,7049	40	40	2,05	1,50
$G_{p3}(s)$	0,7656	0,1520	1,4970	1,3122	0,1569	60	20	2,02	1,02
$G_{p4}(s)$	1,2194	0,3795	1,2028	0,3539	0,4422	60	6	2,06	1,16
$G_{p5}(s)$	2,2894	2,4504	0,6713	0,1951	1,9085	60	10	1,44	1,06
$G_{p6}(s)$	9,3481	14,6543	0,9997	0,0438	8,4168	40	50	2,19	1,49
$G_{p7}(s)$	1,0638	0,0930	1,7070	1,4944	0,6299	45	30	1,49	1,41
$G_{p8}(s)$	13,4335	40,3655	0,5249	0,0017	13,7775	35	40	2,18	1,55
$G_{p9}(s)$	3,5831	0,2143	15,1809	7,1014	0,5423	60	40	1,95	1,09



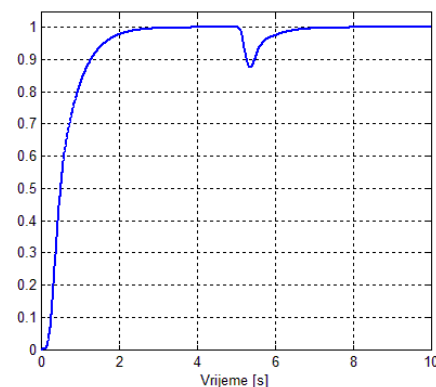
Slika 2. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ sa PIDC i PID [21] regulatorom (za $t>20$ s) za proces $G_{p1}(s)$ i $b=0$



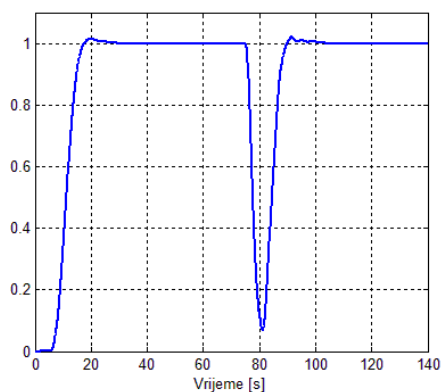
Slika 6. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>10$ s) za proces $G_{p5}(s)$ i $b=0$



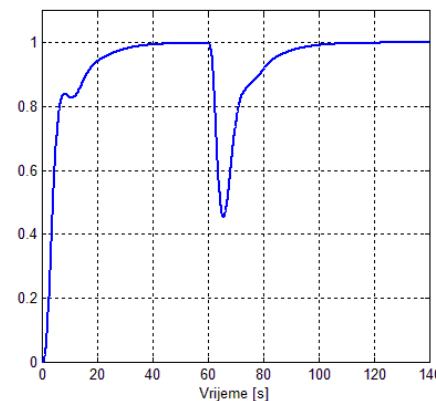
Slika 3. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>10$ s) za proces $G_{p2}(s)$ i $b=0$



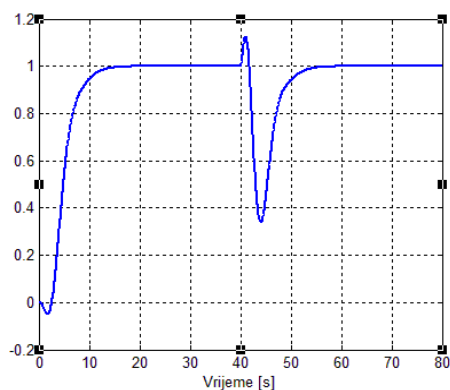
Slika 7. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>5$ s) za proces $G_{p6}(s)$ i $b=0$



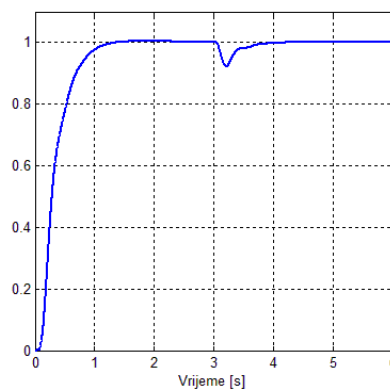
Slika 4. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>70$ s) za proces $G_{p3}(s)$ i $b=0$



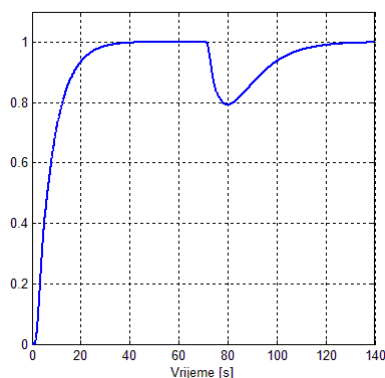
Slika 8. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=0,5$ (za $t>60$ s) za proces $G_{p7}(s)$ i $b=0,4$



Slika 5. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>40$ s) za proces $G_{p4}(s)$ i $b=0$



Slika 9. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>3$ s) za proces $G_{p8}(s)$ i $b=0$



Slika 10. Odkočni odzivi sistema na referencu $r(t)$ i poremećaj $d(t)=1$ (za $t>70$ s) za proces $G_{ps}(s)$ i $b=0.6$

4. ZAKLJUČAK

Predloženom metodom optimizacije PIDC regulatora zasnovanoj na principu nesimetričnog optimuma i $\max(k_i)$ metodi ostvareni su adekvatni indeksi performanse i robusnosti sistema upravljanja. Na osnovu korišćenih reprezentanata industrijskih procesa primijenjena procedura se pokazala efikasnom za sve stabilne procese osim integralnih. Dobijeni rezultati simulacija potvrđuju da je opisano projektovanje PIDC regulatora uporedivo sa metodama [20,21], ali i ostalim optimizacionim metodama [2-16] na određenoj klasi industrijskih procesa.

ZAHVALNICA

Autor Tomislav Šekara zahvaljuje se za podršku Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR33020.

LITERATURA

- [1] S. Yamamoto and I. Hashimoto, "Present status and future needs: the view from Japanese industry", In Arkun and Ray, Eds., *Chemical Process Control-CPCIV. Proc. 4th Inter. Conf. on Chemical Process Control*, TX, 1991.
- [2] S. Skogestad, "Simple analytic rules for model reduction and PID controller tuning", *Journal of Process Control*, Vol. 13, pp. 291–309, 2003.
- [3] M. Shamsuzzoha, M. Lee, "IMC-PID controller design for improved disturbance rejection of time-delayed processes", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 46, No. 7, pp. 2077-2091, 2007.
- [4] M. R. Mataušek, T. B. Šekara, "PID controller frequency-domain tuning for stable, integrating and unstable processes, including deadtime", *J. Process Control*, Vol. 21, pp. 17-27, 2011.
- [5] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, "Classification of dynamic processes and PID controller tuning in a parameter plane", *J. Process Control*, Vol. 21, Issue 4, pp. 620-626, 2011.
- [6] H. Panagopoulos, K.J. Åstrom and T. Hagglund, "Design of PID controllers based on constrained optimization", *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, vol. 149, pp. 32-40 January 2002.
- [7] A. Wallen, K. J. Åstrom, and T. Hagglund, "Loop-shaping design of PID controllers with constant T_i/T_d ratio", *Asian Journal of Control*, Vol. 4, pp. 403-409, December 2002.
- [8] C. Hwang and C-Y. Hsiao, "Solution of non-convex optimization arising in PI/PID control design", *Automatica*, Vol. 38, pp. 1895-1904, November 2002.
- [9] B. Kristiansson and B. Lennartson, "Evaluation and simple tuning of PID controllers with high-frequency robustness", *Journal of Process Control*, Vol. 16, pp. 91-102, February 2006.
- [10] B. Kristiansson and B. Lennartson, "Robust tuning of PI and PID controller: using derivative action despite sensor noise", *IEEE Control Systems Magazine*, pp. 55-69, February 2006.
- [11] A. J. Isaksson and S. F. Graebe, "Derivative filter is an integral part of PID design", *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, Vol. 149, pp. 41-45, January 2002.
- [12] T. B. Šekara, M.R. Mataušek, "Optimal tuning of a PI/PID controller for processes defined by a rational transfer function", *INFOTEH Vol. 6, Paper A-2*, p. 6-9, Jahorina, March 2007 (in Serbian)
- [13] T. B. Šekara and M. R. Mataušek, "Optimization of PID controller based on maximization of the proportional gain under constraints on robustness and sensitivity to measurement noise", *IEEE Trans. Automatic Control*, vol. 54, no.1, pp.184-189, Jan. 2009.
- [14] T. B. Šekara and M. R. Mataušek, "Revisiting the Ziegler- Nichols process dynamics characterization", *J. Process Control* vol. 20, pp. 360-363, 2010.
- [15] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, "A four-parameter optimization of a PID controller", *Proceedings of 52. Conf. ETRAN*, Vol. 1, Palic, Junne 2008 (in Serbian).
- [16] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, "Optimal tuning of a PID controller in frequency domain", *INFOTEH, Paper A-6*, p. 24-27, Bosnia and Herzegovina, Jahorina, March 2009 (in Serbian).
- [17] F. G. Shinskey, "How good are our controllers in absolute performance and robustness", *Measurement and Control*, Vol. 23, pp. 114-121, May 1990.
- [18] L. Loron, "Tuning of PID Controllers by the Non-symmetrical Optimum Method", *Automatica*, Vol. 33, Issue. 1, pp. 103-107, 1997.
- [19] T. B. Šekara, Milovan Radulović, "Nova metoda za optimizaciju PID regulatora zasnovana na principu nesimetričnog optimuma", *Informacione tehnologije IT' 2015*.
- [20] T. B. Šekara, M.B. Trifunovic, "Optimal tuning of a PID controller having a differential compensator connected in series in frequency domain", *Proceedings of INDEL*, pp. 258-261, Banja Luka, 4-6 November 2010 (in Serbian).
- [21] Miloš B. Trifunović, T. B. Šekara "Podešljivi parametri PID/PIDC regulatora za procese koji se mogu opisati kritičnim pojačanjima kritičnom učestanošću", *INFOTEH*, Vol. 10, Ref. A-3, pp. 12-17, Bosna i Hercegovina, Mart 2011

PROJEKTOVANJE INFORMACIONOG SISTEMA ZA AUTOMATIZACIJU POSLOVNIH PROCESA RADIO LOKOMOTIVSKIH UREĐAJA DESIGN INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATION BUSINESS PROCESSES OF RADIO LOCOMOTIVE DEVICES

Marko Bursać, Goran Tričković, Radislav Vulović, *Visoka železnička škola strukovnih studija, Beograd*

Sadržaj: U ovom radu je projektovan informacioni sistem za potrebe održavanja radio lokomotivskog sistema veza za radiodispečerske veze Novi Beograd koji je u sastavu organizacione celine ETP Beograd. Projekat informacionog sistema dizajniranog za održavanje LRDS-a građen je korišćenjem standarda IDEF0 i IDEF1X realizovanih kroz CASE alate BPwin i ERwin. Projektovanje i implementacija informacionog sistema „Održavanje LRDS-a“ ima za cilj da omogući automatizaciju poslovnih procesa, povećanje produktivnosti i kvaliteta poslovnih procesa a u cilju jednostavnijeg održavanja radio lokomotivskih uređaja.

Ključne reči: CASE alat, lokomotivski radio uređaj, projektovanje informacionog sistema

Abstract: This paper is designed information system for maintenance locomotive radio connection system for radio dispatch connection Novi Beograd which is part of the organizational unit ETP Belgrade. Project information system designed to maintain LRDS's was built using standard IDEF0 and IDEF1X realized through CASE tools BPwin and ERwin. Design and implementation of information system "Održavanje LRDS-a" aims to enable the automation of business processes, increasing productivity and quality of business processes in order to simplify maintenance locomotive radio devices.

Keywords: CASE tool, locomotive radio device, information system design

1. UVOD

U ovom momentu železnička postrojenja i telekomunikaciona mreža je tehnički i tehnološki zastarela. Ovo predstavlja problem jer zahtevana tehničko tehnološka modernizacija, koja je uslov svih uslova za uspešno poslovanje u direktnoj je zavisnosti od kvaliteta tehničkih postrojenja i pouzdanog prenosa informacija. Mreža za prenos podataka je neadekvatnih kapaciteta ali informacioni sistem na postojećem softveru u potpunosti mogu da podrže savremeni razvoj produkcionih i primenu novih aplikacija neophodnih za funkcionisanje Akcionarskog društva za upravljanje javnom železničkom infrastrukturom (u daljem tekstu: Infrastruktura železnica Srbije AD) kao savremenog sistema. Zbog toga je neophodno pristupiti izradi aplikacija na najsavremenijoj platformi za razvoj. Pogodni informacioni sistemi su neophodni kako bi se donosile najbolje odluke u domenu upravljanja bitnim procesima koji su u uzročno posledičnoj vezi i deo su sistema saobraćaja vozova. Informacioni sistemi treba da budu projektovani na osnovu dobrog poznavanja i razumevanja spoljnih uticaja koji utiču na te procese. U ovom radu je projektovan informacioni sistem za potrebe održavanja radio lokomotivskog sistema (u daljem tekstu: LRDS) veza za čije održavanje je nadležna deonica za radiodispečerske veze Novi Beograd a u sastavu organizacione celine Sektora za elektrotehnička postrojenja Beograd (u daljem tekstu: Sektor za ETP Beograd). Projekat informacionog sistema za upravljanje procesom rada „Održavanja LRDS-a“ građen je korišćenjem standarda IDEF0 i IDEF1X realizovanih kroz CASE alate BPwin-a i ERwin-a. U cilju realizacije projekta pristupilo se detaljnoj analizi radnih procesa kako bi se uočili svi problemi u radu „Održavanja LRDS-a“ kao i okolnosti i uzroci koji su doveli do ugrožavanja raspoloživosti, gotovosti i vršenju postavljene

funkcije kriterijuma postojećeg tehničkog sistema. Takođe predlažu se i adekvatna rešenja u cilju bolje organizacije rada.

2. POSTOJEĆE STANJE

Infrastruktura železnica Srbije AD je preduzeće u čijoj je nadležnosti bezbednost, upravljanje, organizovanje i regulisanje železničkog saobraćaja, kao i obezbeđenje pristupa i korišćenje javne železničke infrastrukture. U Sektoru za ETP Beograd obavljaju se poslovi održavanja i rekonstrukcije elektrotehničkih uređaja i postrojenja železničke infrastrukture. Sektor za ETP Beograd je prvenstveno odgovoran da obezbedi nesmetano, sigurno i bezbedno funkcionisanje elektrotehničkih postrojenja, koji obuhvataju veliki broj raznovrsnih uređaja. U planiranju odvijanja saobraćaja posebno mesto tehničko-tehnološkog procesa zauzima telekomunikaciona tehnika na železnici. Bez primene odgovarajućih telekomunikacionih postrojenja a posebno namenskih veza i postrojenja ne može se ni zamisliti brz, pouzdan, siguran i bezbedan saobraćaj. Železnička telekomunikaciona mreža tehnički i tehnološki je zastarela, počev od sistema prenosa do mreže opšte i posebne namene.

Uređaji koji čine ove mreže uglavnom su izvedeni u analognoj tehnici i u eksploataciji su više od 30 godina. Uvođenje novih telekomunikacionih tehnologija iziskuje duži vremenski period i mora se vršiti korak po korak u smislu parcijalnog uvođenja i paralelnog rada sa postojećim analognim sistemima dok se ne stvore optimalni uslovi za potpuno isključenje analognih sistema. U pogledu poboljšanja efikasnosti poslovanja i organizacije rada potrebnim za savremene tokove i uslove, poseban akcenat treba staviti na ulaganje potrebno za razvoj savremenih informacionih

sistema koji će obezbediti pristup i razmenu poslovnih informacija sa bilo kog mesta i u bilo kom trenutku.

Deonica za radiodispečerske veze (u daljem tekstu: RDV) sa sedištem u Novom Beogradu pripada organizacionoj jedinici za telekomunikaciona postrojenja (u daljem tekstu: OJ za TT) a u sklopu Organizacione celine za ETP Beograd (u daljem tekstu: OC za ETP Beograd). Deonica je direktno odgovorna za ispravan, siguran i pouzdan rad svih uređaja u sastavu njenog održavanja. Svrha uređaja sistema radio veza je automatizacija i odvijanje železničkog saobraćaja, redovitost i bezbednost u tehnološkom procesu većih železničkih čvorova i ranžirnih stanica, povezivanje dispečerskih centara sa pokretnim vozilima, održavanje mobilnih veza sa ekipama za otklanjanje kvarova na postrojenjima električne vuče, telekomunikacionim i signalno-sigurnosnim uređajima i kablovima. Pored potrebnog redovnog održavanja i otklanjanja smetnji u radu uređaja u okviru deonice za RDV Novi Beograd od velikog značaja je i način vođenja podataka o uređajima, evidencije podataka o smetnjama, zamenjenim delovima, evidencije podataka o merenjima svim potrebnim analizama rada svih uređaja i statističkim podacima koji nam pružaju realnu sliku stanja u svim segmentima za određeni vremenski period. Na osnovu tih analiza moguće je uočiti uzroke smetnji, planirati potrebne delove i identifikovati probleme. Postojeće stanje u deonici RDV Novi Beograd je zadovoljavajuće ali nije na nivou savremenog procesa rada kakvo postoji u modernim železničkim upravama. Zaposleni se zalažu svojom stručnošću u održavanju opreme i uređaja kako bi se održala redovitost i bezbednost železničkog saobraćaja na najvišem nivou.

Nedostaci se ogledaju u organizaciji rada, vođenju evidencija na papirnim obrascima, starosti opreme i nedostatku adekvatnih rezervnih delova, pa je neophodno izvršiti modernizaciju poslovanja deonice kako u radu uređaja tako i u administrativno organizacionom delu deonice.

DOKUMENT ZA TELEKOMUNIKACIONA POSTROJEŃA
Deonica RDV Novi Beograd
Radni nalog za redovno održavanje br. 1
Poslovođa: Lazarević i sledeći radnici: Prujević i Radaković
Vreme odlaska na teren: 2- Vreme započetih radova: 7:00 Prevozno sredstvo: ST 1032
Dugina su izvršili sledeće radne zadatke: Svičava - Usimibavne (01-47H) Lukobavac po. - Mirović
Svičanović i Opađović - T.O.
U Beogradu, dana 4.05.2015.
Radni nalog isticlavio šef deonice:

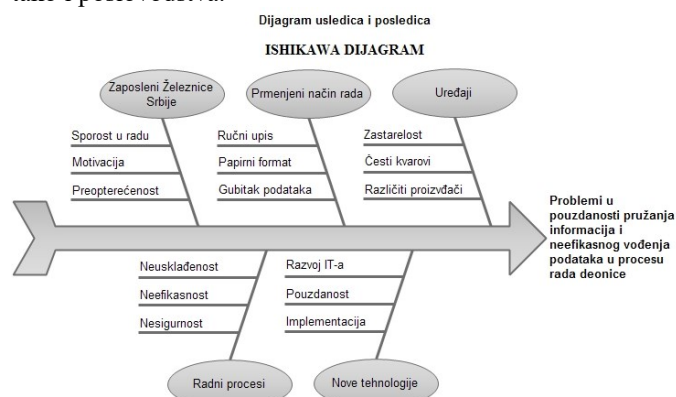
Slika 1. Radni nalog koji se popunjava ručno

Svi potrebni podaci se uglavnom vode na propisanim papirnim obrascima, ručno se popunjavaju a za posledicu imamo nečitkost, oštećenja a ponekad i gubljenje obrazaca. Jedan od važnih obrazaca je radni nalog (slika 1) koji šef deonice izdaje svakog dana radnicima u kojem su sadržani svi podaci potrebni za izvršenje određenog posla.

3. IDENTIFIKACIJA PROBLEMA U RADU

Poslovodstvo i radnici se svakodnevno susreću s problemom neblagovremenog izveštavanja i uvida u podatke

potrebne u cilju efikasnijeg rada deonice RDV Novi Beograd. Većina uzroka je slučajna, odnosno na većinu ne možemo uticati. Riblja kost je naziv za tehniku koja se primenjuje u određivanju uzroka problema. Drugi naziv za ovu tehniku je i dijagram uzroka i posledica ili Ishikawa dijagram (slika 2), nazvan po japanskom profesoru, koji ga je razvio. Tehnika riblje kosti služi za strukturirano rešavanje problema u grupi, s naglaskom na identifikaciju, istraživanje i prikazivanje svih mogućih uzroka problema. U tu svrhu je izrađen dijagram koji pokazuje vezu između uređaja, radnika i radnih procesa koji se obavljaju u cilju bezbednog i pouzdanog rada uređaja i odvijanja železničkog saobraćaja. Rezultat ovog dijagrama uzroka i posledica je problem neefikasnosti u vođenju podataka i izveštavanju o stanju uređaja kako zaposlenih, tako i poslovodstva.



Slika 2. Definisane probleme u pogledu informisanosti

Dijagram uzroka i posledica može pomoći timu za rešavanje problema/poboljšanja kada treba:

- identifikovati moguće uzroke, tj. utvrditi osnovne razloge za specifičnu posledicu ili problem i
- analizirati postojeće probleme prilikom sprovođenja korektivnih akcija.

U našem primeru se javlja pet uzroka u problemu informisanosti i rada informacionog sistema. Uzrok su radnici, način vođenja podataka kao i tehnički uređaji.

4. IZRADA PROJEKTA INFORMACIONOG SISTEMA ZA „ODRŽAVANJE LRDS-a“

Cilj sistema „Održavanje LRDS-a“ je poboljšanje postojećeg sistema kao jednog segmenta u procesu odvijanja železničkog saobraćaja a koji svojim pouzdanim radom direktno utiče na povećanje redovitosti i bezbednosti železničkog saobraćaja.

Proces izgradnje informacionog sistema sastoji se iz tri etape:

- analiza sistema,
- projektovanje sistema i baze podataka i
- izrada aplikacije.

Za uspešan razvoj informacionog sistema potrebno je definisati što objektivniju sliku realnog sveta, njihovih odnosa i stanja kao osnov za procenu budućih stanja i kretanja u razvoju sistema. Opis rada sistema nije jednostavan i lak posao i nije uvek razumljiv običnim jezikom zbog čega koristimo tzv. formalne jezike koji su razumljivi većoj populaciji. Način eliminisanja mogućih dvosmislenosti

sprovodi se pomoću traženja tehnike za efikasnu komunikaciju i razumevanje. Kao najefektnija tehnika pokazala se tehnika modeliranja koja će omogućiti komunikaciju između projektanta i korisnika. CASE alati (Computer Aided Software Engineering) razvijeni su i namenjeni za lakšu prezentaciju i modeliranje faza procesa.

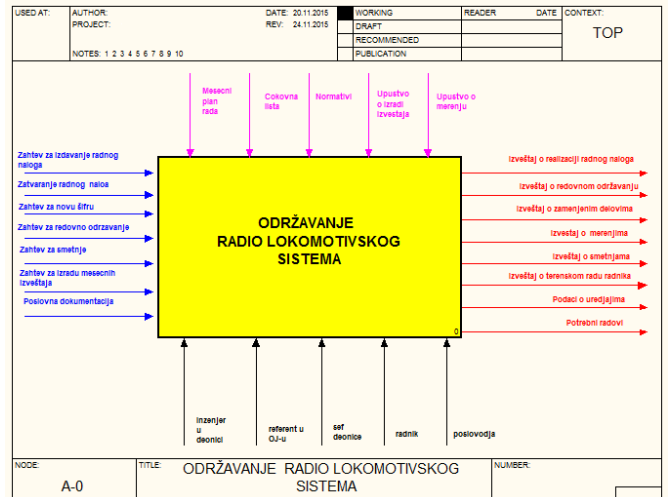
Za izradu projekta koristiće se standard za funkcionalno modeliranje IDEF0 realizovan kroz BPwin CASE alat, IDEF1X standard za modeliranje podataka realizovan kroz ERwin CASE alat. Zadatak ovog projekta je uraditi informacioni sistem koji će se koristiti u Infrastrukturi železnica Srbije AD u okviru informacionog sistema OC za ETP Beograd, OJ za TT, deonice za RDV. Osnovni zadatak informacionog podsistema „Održavanje LRDS-a“ je da ispuni potrebe i zahteve korisnika. Potrebni korisnički zahtevi izvedeni su analizom dosadašnje organizacije rada deonice RDV Novi Beograd rada i postojećeg stanja deonice za RDV su:

- brzo i jednostavno izdavanje radnog naloga,
- izveštaji o izvršenim radovima prema vrsti održavanja,
- izveštaji o merenjima prilikom održavanja,
- izveštaji o ugrađenom materijalu,
- izveštaji o smetnjama na uređajima i vremenu trajanja,
- izveštaji o potrebnim parametrima za svaku pružnu radio stanicu i
- brzu obradu podataka.

Primenom funkcionalne dekompozicije i identifikacijom poslova RDV Novi Beograd u okviru funkcionalnog modela procesa „Održavanje LRDS-a“ definišaće se prvo granice sistema i formirati dijagram konteksta. Za izvođenje ovih aktivnosti koristi se standard IDEF0 tj. CASE alat BPwin. Funkcionalnu dekompoziciju potrebno je izvoditi kroz sledeće podređene aktivnosti: definisanje granica modela, definisanje stabla aktivnosti, definisanje zahteva korisnika i dijagram konteksta informacionog sistema. Informacioni sistem „Održavanje LRDS-a“ obuhvata sledeće elemente:

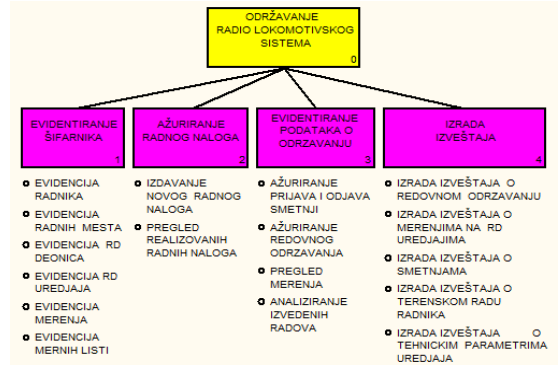
- ulaz u aktivnost: Zahtev za izdavanje radnog naloga, Zatvaranje radnog naloga, Zahtev za novu šifru, Zahtev za redovno održavanje, Zahtev za smetnje, Zahtev za izradu mesečnih izveštaja, Poslovna dokumentacija.
- izlaz iz aktivnosti: Izveštaj o realizaciji radnog naloga, Izveštaj o redovnom održavanju, Izveštaj o merenjima, Izveštaj o zamenjenim delovima, Izveštaj o smetnjama, Izveštaj o merenjima, Radni nalog, Izveštaj o terenskom radu radnika, Analiza smetnji, Podaci o uređajima i Potrebni radovi.
- mehanizam ili realizator aktivnosti: Šef deonice, poslovođa, radnik, inženjer u deonici, referent u OJ-u.
- kontrole na osnovu kojih se realizuje aktivnost: Mesečni plan rada, Normativi, Cokovna lista, Upustvo o merenju, Upustvo o izradi izveštaja.

Na slici 3. prikazan je dijagram konteksta gde se definišu granice modela.



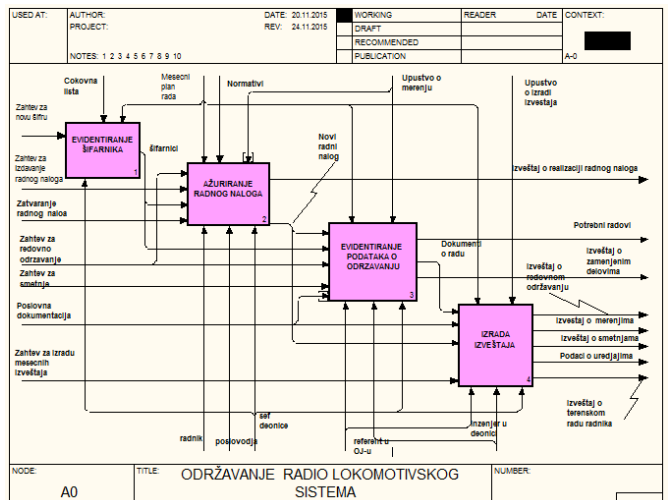
Slika 3. Dijagram konteksta Održavanje LRDS-a

Na osnovu definisane granice modela prelazi se na sledeću aktivnost “Definisanje stabla aktivnosti” (slika 4) gde je potrebno uspostaviti vertikalne (hijerarhijske) veze između aktivnosti.



Slika 4. Stablo aktivnosti

Dekompozicijom dijagrama konteksta „Održavanje LRDS-a“ definišemo sledeći nivo apstrakcije odnosno sa najvišeg nivoa u kome smo definisali opšte funkcije projektovanog sistema prelazimo na niži nivo u kome vršimo detaljniji opis podsistema i dalju dekompoziciju. Na slici 5 prikazan je dekompozicioni dijagram aktivnosti „Održavanje LRDS-a.“



Slika 5. Dekompozicioni dijagram aktivnosti

Posle izrade dekompozicionih dijagrama pristupa se definisanju logičkog modela. Prvo se definišu svi potrebni entiteti kao i njihovi atributi, a zatim se definišu veze između entiteta (relationships). Prvo kreiramo nezavisne entitete (ne zavise od drugih entiteta) a zatim zavisne (zavise od jednog ili više drugih entiteta). U pogledu grafičke prezentacije entiteta, nezavisni entiteti prikazuju kao pravougonici, a zavisni kao pravougaonici sa zaobljenim stranama. Na osnovu napred navedenog u informacionom sistemu „Održavanje LRDS-a“ definisani su sledeći entiteti: Nazavisni: radni nalog, šifra naloga, radnik, RD deonica, prevozno sredstvo, radno mesto, vrsta uređaja, vrsta održavanja, smetnje, lokacija deonice, decibeli, napajanje, radni kanal. Zavisni: održavanje, merna lista, pružna radio stanica.

Druga etapa logičkog modeliranja je definisanje relacija i veza između entiteta i njihovih atributa što je sve zajedno osnova za definisanje fizičkog modela i same baze podataka. Za definisanje fizičkog modela podataka tj. implementacija entiteta i njihovih atributa u tabele i kolone korišćen je ERwin (Entity Relationship for Windows).

Na osnovu prethodno urađenog fizičkog modela podataka „Održavanje LRDS-a“ vrši se proces generisanja šeme baze podataka koji se naziva direktni inženjering. Na osnovu generisane šeme baze podataka izvodi se izrada aplikacije koja se obavlja kroz sledeće aktivnosti: kreiranje upita, kreiranje izgleda forme, kreiranje izveštaja i kreiranje makroa. Za ove potrebe definisani su sledeći upiti: Izveštaj o održavanju prema vrsti uređaja, Izveštaj o merenjima prema radnom nalogu, Izbor podataka o PRS prema RDV deonicama, Izveštaj o održavanju prema RDV deonici, Vreme provedeno radnika na terenu, Merne liste uređaja prema RDV deonici i Realizovani radni nalozi.

Aplikacija “Održavanje LRDS-a” pokreće se klikom na ikonu koja se nalazi na ekranu (desktop). Prilikom startovanja baze otvara se glavni meni “Održavanje LRDS-a”. Na njoj postoje trinaest komandnih dugmadi koji se koriste za otvaranje izbornih menija ili strana. Pritiskom na odgovarajuću dugmad korisnik ulazi u druge izborne menije: Upis pružnih radio stanica, Pregled radnih naloga, Evidentiranje smetnji, Pregled izveštaja i ostalih kreiranih opcija a u zavisnosti od toga šta korisnik hoće da sazna ili odštampa. Na slici 6 dat je izgled glavnog izbornog menija “Održavanje LRDS-a”



Slika 6. Glavni izborni meni "Održavanje LRDS-a"

Na kraju vršimo instalaciju u mrežnom okruženju za šta je potrebna instalaciona verzija za svaku radnu stanicu gde se koristi ili licenca za svaku radnu stanicu koja će koristiti aplikaciju kreiranu u bazi „Održavanje LRDS-a“. Da bi se kreirala sistemski datoteka radne grupe za deljenu aplikaciju vrši se tako što se prvo kreira direktorijum OC za ETP Beograd i smestimo ga na lokalni disk C: a zatim u njemu smeštamo kopiju datoteke održavanje_lrds-a.mdv.

Implementacijom informacionog sistema „Održavanje LRDS-a“ korisnici dobijaju radni nalog elektronskom obliku a odštampan on bi izgledao kao na slici 7.

РАДНИ НАЛОГ бр.12/2									
Деонца		4	0	1	0	6			РД Нови Београд
Полазна станица									Београд
Упутна Станица				0	1				Ваљево
Број конта пруге		4	7	5	0	1			Београд-Бар
Возило						1			ТМД 901-001
Пословођа									Аленић Виолета
Време одласка									7:30
Време започетих радова									8:00
Опис радног задатка	Извршити контролу РД деониче од Ресника до Ваљева и извршити Р.О у ЛРС Ваљево.								
Опис извршеног радног задатка									
Угрошени материјал									
Примедба									
Време повратка									15:50
Време завршених радова									14:00
РД уређај		4	2	6	2	0	9		ЛРС Ваљево
Предходно стање									
Тренутно стање									
Стање исправности									

Slika 7. Novi elektronski radni nalog

5. ZAKLJUČAK

Implementacijom i puštanjem u rad informacionog sistema „Održavanje LRDS-a“ uticalo bi znatno na povećanje produktivnosti, smanjenje troškova, povećanje efektivnosti, povećanje kvaliteta rada i bržeg pristupa informacijama potrebnim za obavljanje delatnosti.

Ostavlja se mogućnost implementacije dodatnih funkcija informacionog sistema kao i povezivanje sistema sa ostalim informacionim sistemima koje koriste druge organizacione celine u sklopu Infrastrukture železnica Srbije AD.

LITERATURA

- [1] Veljović Alempije, *Projektovanje informacionih sistema*, Kompjuter biblioteka, Čačak, 2003
- [2] Vulović Radislav, Veljović Alimpije, Papić Miloš, *Uvod u informacione sisteme*, Tehnički fakultet Čačak, 2011.
- [3] Vulović Radislav, *Uvod u baze podataka*, Visoka železnička škola strukovnih studija, Beograd, 2012.
- [4] <http://www.idef.com/IDEF0.htm>
- [5] <http://www.idef.com/IDEF1x.htm>
- [6] <http://www.bpmmicro.com/>
- [7] <http://erwin.com/>
- [8] Veljović Alempije, Funkcionalno modeliranje korišćenjem IDEF0 standard kao elementa reinženjeringa poslovnih procesa integrisanog univerziteta, RPPO11, Čačak, 2011.
- [9] Lidija Paunović, Razvoj informacionog sistema u funkciji upravljanja naučno – istraživačkim projektom, RPPO11, Čačak, 2011.
- [10] Savković Jelenka, Projektovanje informacionog sistema za razvoj tehnoloških procesa, Savremene tehnologije, Leskovac, 2014.

NEOVLAŠĆENO KORIŠĆENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U USLOVIMA PRIMJENE BROJILA NA DALJINSKO OČITAVANJE UNAUTHORIZED USE OF ELECTRICITY IN TERMS OF APPLICATION OF SMART METERS

Bojan Ćuković, Saša Mujović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sažetak: *Modernizacijom sistema mjerenja električne energije kroz zamjenu postojećih indukcionih brojila novim elektronskim brojlama posljednje generacije, javljaju se novi problemi sa aspekta netehničkih gubitaka. Česte su pojave da se djeluje nedozvoljenim sredstvima na elektronska brojila, čime se ista oštećuju, ne registruju utrošenu električnu energiju, a time dovode do povećanje nivoa gubitaka u distributivnoj mreži. Pomenuti problem je apostrofirani i razmatran u ovom radu. Takođe, navedene su aktivnosti koje sprovode distributeri električne energije pri utvrđivanju nenaplaćenog utroška električne energije potrošača kod kojeg je ustanovljeno protivpravno djelovanje na elektronsko brojilo i njegovo oštećenje.*

Abstract: *Modernization of electric power measurement system through the replacement of existing meters with new electronic (smart) meters of the latest generation induce new problems from the aspect of non-technical losses. It is very common situation that smart meters are exposed to the impact of inadmissible means. In this way, smart meters could be damaged and their proper operation endangered. This will result in increasing of losses in the distribution grid. The foregoing problem is discussed in this paper. Additionally, in the paper were mentioned typical activities of electrical energy suppliers oriented toward detection of unlawful actions on the smart meters, as well as determination of unpaid consumer's consumption.*

1. UVOD

Prenos i distribuciju električne energije, kao vitalne djelove svakog elektroenergetskog sistema, teško je zamisliti bez tehničkih gubitaka. Oni su neizbježni, uz stalnu težnju da nivo istih bude što manji [1]. Pored ove vrste gubitaka postoje i netehnički ili komercijalni gubici, koji nastaju uslijed neovlašćeno preuzete i potrošene električne energije od strane potrošača, koju distributer električne energije ne može naplatiti. Takođe, greške prilikom mjerenja i očitavanja stanja na brojlama podpadaju pod ovu kategoriju gubitaka. U eri standardnih indukcionih brojila netehnički gubici su imali stalnu tendenciju rasta, što je ugrožavalo profit distributera, ali i kvalitet naponskih prilika u mreži. Ukidanje monopola u sektoru elektroprivrede i pojava tržišta električne energije, rezultirali su pojavom većeg broja kompanija zainteresovanih za proizvodnju električne energije. Dodatno, otvorila se mogućnost ulaska na tržišnu scenu većeg broja distributera električne energije. Pomenuti subjekti, profitno orjentisani, su značajno doprinijeli da se u velikom broju zemalja otpočne sa akcijom zamjene tradicionalnih indukcionih brojila, novim elektronskim (smart) brojlama. Ova brojila sadrže mikroracunare, što im daje sposobnost izvršavanja velikog broja operacija u realnom vremenu. Mnogi važni parametri pri određivanju električnih karakteristika sistema mogu biti izračunati u samom mikroracunaru pomoću osnovnih podataka o naponu, struji i faznom stavu između njih. Razvoj daljinske komunikacije posljednjih godina dao je novi zamah razvoju elektronskih brojila, te se dobija mogućnost upravljanja mnoštvom brojila sa jednog centralnog mjesta. Novo elektronsko brojilo, u svakom trenutku, omogućava detaljan i precizan uvid u stanje potrošnje i shodno tome bolju

kontrolu potrošnje. Smart brojilo omogućava precizno daljinsko očitavanje uz isključenje mogućnosti subjektivne greške, kao i brzo evidentiranje eventualnog kvara i njegovo efikasnije otklanjanje. U Crnoj Gori je ugradnja elektronskih brojila na daljinsko očitavanje počela krajem 2011. godine. U toku su aktivnosti na praktičnoj primjeni Projekta unaprijeđenja sistema mjerenja u funkcionalnoj cjelini Distribucija Elektroprivrede Crne Gore (EPCG), čiji je cilj modernizacija sistema mjerenja kroz zamjenu postojećih brojila novim elektronskim ("Enel") brojlama posljednje generacije. Netehnički gubici su jedan od najvećih problema sa kojim se suočavaju lokalne distribucije u Crnoj Gori, a iznalaženje načina za smanjenje njihovog procenta jedan od glavnih zadataka u EPCG. U ovom radu predstavljena je struktura komunikacije Brojilo- Koncentrator- Centar upravljanja. Takođe prikazan je najefikasniji metod u detekciji poremećaja u radu elektronskih brojila i utvrđivanju "količine" neovlašćeno preuzete električne energije.

2. STRUKTURA KOMUNIKACIJE BROJILO- KONCENTRATOR- CENTAR UPRAVLJANJA

Očitavanje podataka o potrošnji električne energije je jedna od najvažnih aktivnosti u radu distributera električne energije i ovaj proces je bio veoma mukotrpan u eri tradicionalnih brojila. Zbog dugotrajnog procesa ručnog očitavanja i česte geografske udaljenosti mjesta sa kojih je potrebno očitati mjerna stanja, pojavila se potreba za sistemom daljinskog očitavanja. AMR (Automatic Meter Reading) je tehnologija za automatsko, daljinsko prikupljanje podataka o potrošnji električne energije. Željeni podaci očitavaju se putem odgovarajuće opremljenih smart brojila pa se nakon toga

informacije prenose do Centra upravljanja. Očitavanje takvih brojila moguće je izvesti korištenjem adekvatnog softvera. Za AMR (Automated Meter Reading) odnosno AMM (Automated Meter Management) sisteme veoma je važna pouzdanost komunikacije kao i niža ulaganja na mjernom mjestu zbog uvođenja dvosmjerne komunikacije. Princip daljinskog očitavanja mjernih podataka temelji se na Uskopojasnoj PLC i GPRS komunikacijskoj tehnologiji. [2]

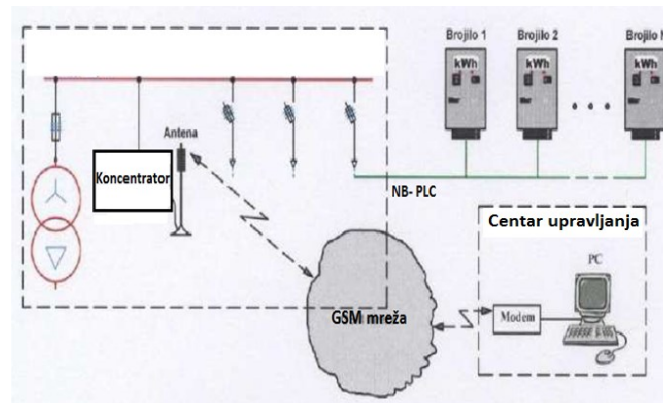
Koncentrator je jedinica za daljinsko upravljanje, koja se koristi u okviru srednjenaponskih/ niskonaponskih (SN/NN) trafostanica, čineći glavni čvor za niskonaponsku komunikacionu mrežu. Koncentratori su smješteni u distributivnim trafostanicama. Koncentrator podataka omogućava sprovođenje komunikacije preko niskonaponske mreže do elektronskih brojila, koja se napajaju iz niskonaponske mreže. Predstavljaju originalno razvijene ploče na kojima se nalazi komunikacioni kontroler, GPRS modem, i PLC modem. Sa jedne strane, koncentrator je spregnut sa Centrom upravljanja (CU) preko telekomunikacionih veza, koje su implementirane na bazi GPRS tehnologije. Sa druge strane, koncentrator je povezan sa određenim brojem smart brojila koja su priključena na trafostanicu. Komunikacija koncentrator- smart brojilo se ostvaruje po principu Uskopojasne PLC komunikacije preko niskonaponske mreže. Podaci dobijeni korišćenjem ovakvog sistema neophodni su u vrijeme liberalizacije tržišta energije, gdje se zahtijeva mnogo veća dinamika nadzora i očitavanja mjernih obračunskih podataka. [3]

Funkcije NN koncentratora su:

1. Kontinualno praćenje statusa veze električnih djelova;
2. Detekcija bilo kakvih kvarova na niskonaponskoj mreži (prekidanje niskonaponske linije i sl.);
3. Verifikacija vremenskih referenci brojila i njihova sinhronizacija (ako je potrebno);
4. Rutiranje poruka poslatih iz AMM centra brojilima;
5. Pozivanje svih brojila koja se napajaju SN/NN transformatorom, radi prikupljanja bilo kakvih dijagnostičkih informacija;
6. Prikupljanje podataka o potrošačima;
7. Prenos informacija do izabranog uređaja potrošača;

Koncept očitavanja brojila putem niskonaponske mreže može se vidjeti na slici 1. Kao što je navedeno brojila su preko Uskopojasne PLC komunikacije povezana sa koncentratom. PLC modem radi u CENELEC frekventnom opsegu A (9 kHz do 95 kHz) koji je namjenski rezervisan za prenos podataka preko niskonaponske mreže. Brzina prenosa podataka po niskonaponskoj mreži zavisi od trenutnih prilika u mreži, impedanse mreže kao i rastojanja između brojila i koncentratora podataka. Koncentrator putem niskonaponske mreže, odnosno Uskopojasnog PLC-a (na sve tri faze), komunicira sa brojilima te bilježi očitane podatke sa svako

brojilo koje je povezano sa tim koncentratom. Nakon toga na potreban zahtjev, koncentrator putem GSM (GPRS) ili neke druge mreže, komunicira sa Centrom upravljanja i dostavlja očitane podatke. Koncentrator, na osnovu unaprijed zadanih parametara, vrši ciklički zadane operacije tokom cijelog dana pa su uz pomoć pripadajućeg softvera podaci dostupni distributeru. [4]



Slika 1. Komunikacija sa brojilom putem NN mreže

3. NEOVLAŠĆENO KORIŠĆENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U USLOVIMA PRIMJENE SAVREMENIH BROJILA

Kod smart brojila izdvajamo jedan veoma bitan način neovlašćenog djelovanja na rad brojila, koji lokalnim distribucijama, pa samim tim i cijelom sistemu EPCG zadaje velike probleme. U pitanju je uređaj (elektrošoker) koji stvara jako magnetsko polje i na taj način onemogućava pravilno registovanje potrošene električne energije (Slika 2.). Relativno su malih dimenzija, težine oko 200 grama. Razlikuju se prema izlaznom naponu, a mogu biti od 10 000 pa do 100 000 volti (postoje podaci o elektrošokerima sa mnogo većim izlaznim naponima). Izvor napajanja su im baterije od 3 ili 9 volti. Elektrošoker djeluje na principu periodičnog električnog pražnjenja putem iskre u vrlo kratkom vremenu, kad se njegova dva metalna šiljka (elektrode) prislone na brojilo i pritisne označeno dugme. Elektrode su međusobno razmaknute oko 3 cm. [5] Neovlašćenim djelovanjem na ovakav način najčešće dolazi do pojave kritičnog alarma na ekranu brojila ili do deaktivacije displeja brojila u potpunosti, zavisno od jačine polja koje se stvara. Brojilo ne registruje ispravno potrošnju, dok potrošač može nesmetano koristiti potrebnu električnu energiju iz distributivnog sistema.



Slika 2. Kontakti elektrošoker

Kritičan alarm na brojilu je alarm automatski generisan u brojilu i evidentiran u sistemu kao posljedica neregularnog rada smart brojila. Pod neregularnim radom brojila u ovom smislu se podrazumijeva stanje brojila izazvano namjernim ljudskim djelovanjem bilo mehaničkim putem ili generisanjem jakog magnetnog impulsa. Pojava kritičnog alarma obavezno znači privremeno ili trajno oštećenje mjernog sklopa, mikroprocesora i modema, pojedinačno ili u kombinaciji pomenuta tri sklopa. Komunikacija između smart brojila i centra upravljanja vrši se AMM sistemom (sistem za daljinsko upravljanje brojilima) pomoću prethodno navedenog komunikacionog sistema. Ukoliko ovakav sistem javi poruku "deaktiviran displej" znači da je brojilo zatečeno na terenu u trenutku kada nije registrovalo utrošenu električnu energiju, što implicira obračun prema procjeni. [6]

Još jedan vid nepravilnost u radu brojila, vezan je za višu i nižu tarifu električne energije, odnosno neovlašćeno djelovanje na samovoljno "ukidanje" jedne od njih. Naime, smart brojila imaju mogućnost rada sa dvije tarife i to tarifa T1 (viša tarifa) koja je u Crnoj Gori zastupljena od 07.00h do 23.00h svakim danom osim nedjeljom - kada je na snazi tarifa T2 (niža tarifa) tokom cijelog dana. Ostalim danima u periodu od 23.00h do 07.00h na brojilima je prisutna tarifa T2. Neovlašćenim djelovanjem na brojila, ista se mogu onesposobiti u tolikoj mjeri da na ekranu, u periodu kontrole, inkasant zatekne aktivnu tarifu T2 na brojilu. Sasvim je jasno da inkasant obavlja kontrole radnim danima u toku radnog vremena, (osim u specijalnim slučajevima kada može biti angažovan prekovremeno i vikendom), kada bi morala biti aktivna tarifa T1 na kontrolisanim smart brojilima. Tako pronađena tarifa T2 postala jedan od glavnih pokazatalja neovlašćenog djelovanja na smart brojila.

4. NAČINI DETEKCIJE NEOVLAŠĆENE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Postupak na osnovu kojeg se prilično precizno može obračunati neovlašćeno preuzeta električna energija je metoda koja se temelji na dostupnim profilima opterećenja potrošača. Pored ovog pristupa, u dosadašnjoj praksi je česta situacija da se, u slučaju otkrivanja neke namjerno izazvane nepravilnosti, potrošačima obračunava neovlašćeno preuzeta električna energije na način što se pomnože maksimalna struja brojila (npr. 60A), napon (220 V ili 380 V), obračunska konstanta brojila i vremenski interval (izražen u časovima) u kojem se desila protivpravna aktivnost. Dobijeni utrošak električne energije se naplaćuje po cijeni skuplje (više) tarife.

3.1. PROFIL OPTEREĆENJA

Profil opterećenja predstavlja osnovni način pravilnog utvrđivanja potrošnje električne energije u slučaju neovlašćenog djelovanja na brojilo. U Crnoj Gori o profilu opterećenja ima smisla govoriti samo kada su u pitanju smart brojila na daljinsko očitavanje. Profil se dostavlja lokalnim Distribucijama, sada već Regijama, elektronskim putem direktno iz Centra upravljanja. Navedeni profil predstavlja izvještaj koji, kao veoma relevantan pokazatelj, prikazuje petnaestominutni presjek stvarne potrošnje električne energije jednog brojila (izražene u *Wh*) za određeni period. Taj period najčešće iznosi posljednja nekoliko mjeseca od trenutka

resetovanja kritičnih alarma. Alarmi su vidljivi iz Centra upravljanja i tako je i moguć monitoring neispravnih brojila. Petnaestominutni profil opterećenja fizički predstavlja informaciju koja se nalazi u svakom smart brojilu u memorijskim registrima. Pomenuta informacija se prosljeđuje koncentratoru podataka preko Uskopojasne PLC komunikacije NN mrežom, a potom se pomoću GPRS komunikacije informacija prosljeđuje od koncentratora podataka do Centra upravljanja. Profil opterećenja se može i ručno preuzeti pomoću određenog uređaja (psiona) putem optičkog porta smart brojila. Sada se može objasniti princip obračuna nefakturisane potrošnje električne energije korišćenjem profila opterećenja.

Za početak je potrebno napraviti sumu stvarne potrošnje električne energije nekog potrošača na osnovu dostupnosti petnaestominutnog profila opterećenja za određeni period (Tabela 1.). Sabirajući petnaestominutnu potrošnju, dobija se dnevna, sedmična ili mjesečna potrošnja električne energije razmatranog potrošača. Nakon toga potrebno je za taj isti period analizirati potrošnju koju je registrovalo brojilo. Količinu registrovane električne energije na brojilu dobijamo na osnovu redovnih mjesečnih očitavanja stanja na brojilima. Od pomoći mogu biti i dodatni presjeci stanja (Tabela 2), koje brojilo registruje. Posljednji korak je vršenje komparacije podataka – sume petnaestominutnih presjeka stanja potrošnje i registrovnog utroška električne energije od strane elektronskog brojila. Evetualna pojava razlike eksplicitno upućuje na postojanje problema, tj. preuzimanja energije na neovlašćen način.

Tabela I: Primjer sume petnaestominutnog presjeka potrošnje za period od 11.00h (dana 31.05.2015. god.) do 16.00h (dana 05.06.2015. god.)

31/05/2015; 11:00:00 h	87 Wh
31/05/2015; 11:15:00 h	90 Wh
31/05/2015; 11:30:00 h	431 Wh
31/05/2015; 11:45:00 h	565 Wh
31/05/2015; 12:00:00 h	533 Wh
31/05/2015; 12:15:00 h	521 Wh
31/05/2015; 12:30:00 h	2573 Wh
31/05/2015; 12:45:00 h	2566 Wh
31/05/2015; 13:00:00 h	565 Wh
31/05/2015; 13:15:00 h	640 Wh
31/05/2015; 13:30:00 h	1658 Wh
31/05/2015; 13:45:00 h	1646 Wh
31/05/2015; 14:00:00 h	674 Wh
.....
05/06/2015; 15:00:00 h	865 Wh
05/06/2015; 15:15:00 h	901 Wh
05/06/2015; 15:30:00 h	374 Wh
05/06/2015; 15:45:00 h	400 Wh
05/06/2015; 16:00:00 h	400 Wh
Ukupna suma potrošnje	350 000 Wh

U konkretnom primjeru navedenom u tabelama (Tabela 1., Tabela 2.) objašnjenje korišćenja profila opterećenja bi bilo sljedeće: Tabela 1. predstavlja relevantni i veoma pouzdani petnaestominutni presjek potrošnje nekog smart brojlara za period od 11.00 h (31.05.2015. god.) do 16.00 h (05.06.2015. god.). Suma navedene potrošnje iznosi 350 000 *Wh* (350 *kWh*). Međutim, Tabela 2. predstavlja informaciju koju pokazuje smart brojilo pri dodatnim presjecima stanja, koja su uzeta prevashodno zbog pojave kritičnog alarma i opravdane sumnje da je brojilo neispravno registrovalo potrošnju. Iz tabele 2. se upoređivanjem zaokruženih stanja dobija registrovana potrošnja datog brojlara za isti period, od 11.00h (31.05.2015. god.) do 16.00h (05.06.2015. god.), koja iznosi 50 *kWh*. Razlika između one vrijednosti potrošene energije koju prikazuje profil opterećenje (350 kWh) i vrijednosti dodatnih presjeka stanja koja su se registrovala na brojilu (50 kWh) za isti period predstavlja onaj iznos neovlašćeno preuzete električne energije koji je potrebno obračunati i naknadno naplatiti (u ovom slučaju 300 kWh).

Tabela 2. Dodatni presjeci stanja uzeti sa brojila za navedene datume

Vrijeme i Datum	Tip čitanja	Vrijednost trenutnog stanja
05/06/2015		
16:01:16 h	Ukupna aktivna energija	140 105 [<i>Wh</i>]
16:01:16 h	Aktivna energija tarifa T1	70 600 [<i>Wh</i>]
16:01:16 h	Aktivna energija tarifa T2	69 505 [<i>Wh</i>]
31/05/2015	Upoređivanje stanja	
11:29:35 h	Ukupna aktivna energija	90 104 [<i>Wh</i>]
11:29:35 h	Aktivna energija tarifa T1	51 098 [<i>Wh</i>]
11:29:35 h	Aktivna energija tarifa T2	39 006 [<i>Wh</i>]

Osim u slučaju neovlašćene potrošnje električne energije, ukoliko potrošač sumnja u ispravnost sopstvenog brojila, profil opterećenja može imati ulogu i u informisanosti potrošača o njihovim potrošnjama električne energije pojedinačno. Analizirajući profil opterećenja (tj. petnaestominutni presjek potrošnje) uz pomoć nekog od kompetentnih zaposlenih EPCG, potrošač dobija i precizan uvid u period kada potrošnja njegovog domaćinstva dostiže maksimalan ili minimalan iznos i na taj način može sprovesti mjere štednje električne energije.

5. ZAKLJUČAK

Neovlašćenim preuzimanjem električne energije, radi se na štetu vrijednih prirodnih resursa Crne Gore, kao i svih građana. Upravo zato je u interesu čitavog društva da se spriječi ova pojava. Neophodna je edukacija građana u cilju sprječavanja i prevencije ove nelegalne radnje. Naime, neovlašćena potrošnja ima negativan uticaj na kvalitet snabdijevanja potrošača električnom energijom, zatim na povećanu količinu uvoza električne energije, a što dalje rezultira i povećanjem cijene električne energije. U širem smislu navedeni problem ostavlja negativne posljedice i na energetske efikasnost, s obzirom na to da pojedinci koji neovlašćeno preuzimaju električnu energiju, uglavnom je ne troše racionalno. Takođe potrebno je osavremenjivanje sistema mjerenja električne energije, dosljedna primjena stalnih, privremenih i dodatnih mjera, sve u cilju progresije na svim poljima. Zahtjeva se potrebna koordinacija i sinhronizacija aktivnosti između Regija i Funkcionalnih cjelina u okviru EPCG, kao i primjena zakonskih akata kako bi se dobili povoljni rezultati. Suzbijanje svih vidova neovlašćene potrošnje predstavlja strateški cilj EPCG.

LITERATURA

- [1] S. Sivanagaraju, S. Satyanarayana, "Electric Power Transmission and Distribution", *Pearson Education India*, September 2008.
- [2] Milan Puharić Zlatko Zmijarević, Dejan Jelenčić, "Uloga regulatora u procesu uvođenja sustava pametnog mjerenja", Hrvatski Ogranak Međunarodne Elektrodistribucijske Konferencije- HO CIRED, Maj 2008;
- [3] "Uputstvo za instalaciju i puštanje u rad brojila, koncentratora podataka i modema u trafostanicama 10/0.4 kV"- Elektroprivreda CG AD Nikšić, 01.06.2012. godine
- [4] Marko Bubulj, Radovan Kalajdžić, Dejan Kolarević, Milenko Krtenić, Branko Kolašinović, Slavoljub Mošić, Darko Čukić, Mirko Markov, Boris Milijić, Miroslav Gajić, Predrag Vidić, Milan Jovanović, Pupin Telecom DKTS , "SIKUB - SISTEM ZA NADZOR ELEKTRIČNIH BROJILA", INFOTEH-JAHORINA, str. 349-353, Mart 2008. god.
- [5] <http://zastita.info/hr/clanak/2009/6/sokeri-kao-munje-u-rukama,83,2800.html>
- [6] "Program mjera za otkrivanje, utvrđivanje, dokazivanje i sprječavanje neovlašćenog korišćenja električne energije"- Elektroprivreda CG AD Nikšić, Septembar 2014. godine

AKVIZICIJA PODATAKA KORIŠĆENJEM RAZVOJNE PLOČE RASPBERRY PI MODEL B DATA ACQUISITION USING SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI MODEL B

Boško Cvetković, Mihailo Lazarević, Taško Maneski, Petar Mandić, Mašinski fakultet u Beogradu
Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Tomislav B. Šekara, Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Sadržaj: U radu je prikazano kako se može koristiti niskobudžetna razvojna ploča, u ovom slučaju Raspberry Pi, za prikupljanje analognih i digitalnih signala u laboratoriji Mašinskog fakulteta i u realnim uslovima na konstrukcijama. Prednost korišćenja ove razvojne ploče je znatno niža cena od najjeftinijih DAQ (Data acquisition) sistema, a pri tome se dobija i znatno veća upotrebljivost koja se može meriti sa više od 20-30 puta skupljim DAQ sistemima.

Abstract: In this paper we present how a low cost, credit card – sized single board computer, in this case Raspberry Pi, can be used for data acquisition of analog and digital signals in laboratory at faculty of mechanical engineering and in real conditions on constructions. Advantage of using this board is the price that is significantly lower than cheapest DAQ (Data acquisition) systems, and we get usability that can be measured with 20-30 times more expensive DAQ systems.

1. UVOD

Akvizicija (prikupljanje) podataka je proces tokom koga se merenja fizičkih veličina prikupljaju i konvertuju u numeričke vrednosti radi analize na računaru. Sistemi za akviziciju podataka se označavaju skraćenicom DAQ ili DAS (Data Acquisition System), [1], [2] i sastoje se od senzora koji konvertuju fizičke vrednosti u električne signale i kola koja obrađuju dobijene signale u numeričke vrednosti.

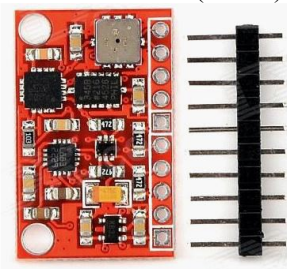
Akvizicija podataka je izuzetno bitna za inženjere i istraživače jer prikupljeni podaci omogućavaju analizu rada uređaja ili ponašanja konstrukcije ili nekog mehaničkog dela.

U ovom radu je ukratko opisano kako se Raspberry Pi sa dodatnim komponentama, koje će u nastavku biti navedene, senzorom ADXL345 i senzorima za merenje deformacija, koristi kao DAQ u laboratorijskim uslovima na Mašinskom fakultetu u Beogradu kao i realnim uslovima za testiranje uticaja spoljašnjih faktora na konstrukcije. U konkretnom slučaju, iz statičkog proračuna konstrukcije određena su kritična mesta gde su postavljeni merni senzori. Vreme akvizicije podataka je 14 dana u realnim uslovima a 2 dana u laboratorijskim uslovima sa simulacijom spoljašnjih faktora koji utiču na konstrukciju. Za testiranje u laboratorijskim uslovima frekvencija akvizicije podataka je bila podešena na 60Hz, a u realnim uslovima frekvencija je podešena na 10Hz. Program za akviziciju podataka napisan je u programskom jeziku Python, a za tabelarnu i grafičku analizu u jeziku C#.

2. HARDWARE

Najbitniji delovi opreme koja je korišćena za formiranje sistema za akviziciju podataka su Raspberry Pi [4], koji poseduje 2 USB porta koji se koriste za povezivanje eksternih hard diskova čija je namena skladištenje podataka. Poseduje

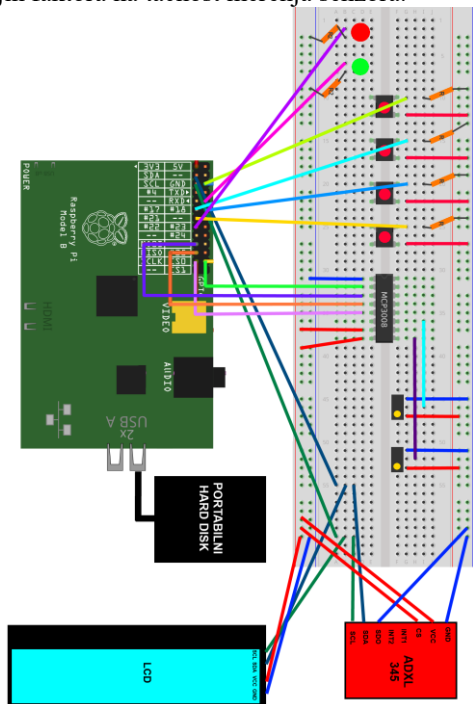
17 GPIO pinova koji se mogu podesiti kao ulazni ili izlazni pinovi i podršku za I2C i SPI bus komunikaciju. U našem projektu iskorišćeno je 12 GPIO pinova. Za operativni sistem korišćen je RASPBIAN Debian Wheezy verzija 2014-06-20. Za konverziju iz analognog u digitalne signale koristimo MCP3008 ADC koji je 10-bitni ADC (analog to digital converter) konvertor koji koristi SPI komunikacioni protokol. Poseduje 8 ulaznih kanala koji mogu biti konfigurisani za konverziju signala. Brzina mu je 200ksps (200.000 semplova u sekundi) pri naponu od 5V. Za prikaz trenutnog stanja merenja koristimo standardni HD44780 LCD. Ispis se vrši preko 16 karaktera u 2 reda. Za povezivanje sa Raspberry Pi pločom koristimo dodatni SPI adapter i programsku biblioteku `i2c_lcd`. Jedan od senzora koji smo koristili za naša merenja je ADXL345 akcelerometar (slika 1).



Slika 1. ADXL345 akcelerometar

Osetljivost se može birati između $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ ili $\pm 16g$. U projektu je korišćena osetljivost $\pm 16g$ zbog potrebe veće preciznosti. Brzina prenosa podataka je od 10Hz do 3200Hz. Ostale komponente korišćene u projektu su senzori za merenje deformacija, tasteri, LE diode, potencijometri, otpornici, proto ploče i jedan eksterni HDD kapaciteta 160GB kao mesto za skladištenje .log datoteka (u slučaju da nije potrebno smestiti velike količine podataka može se koristiti i micro SD kartica sa koje je pokrenut operativni sistem, a maksimalna veličina koju podržava Raspberry Pi je 128GB), [3].

Na slici 2. prikazano je kako su sve nabrojane komponente povezane u jednu funkcionalnu celinu radi akvizicije podataka. Radi zaštite uređaja i komponenti, one su smeštene u posebno napravljeno kućište, sa izlazima radi povezivanja senzora. U realnim uslovima senzori su zaštićeni od delovanja spoljašnjih faktora čime smo smanjili uticaj spoljašnjih faktora na tačnost merenja senzora.

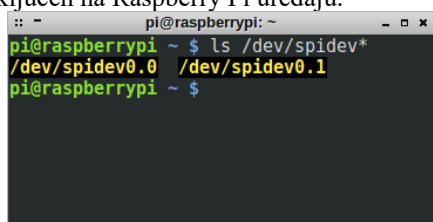


Slika 2. Prikaz povezivanja

3. OSNOVNO PODEŠAVANJA OS-A

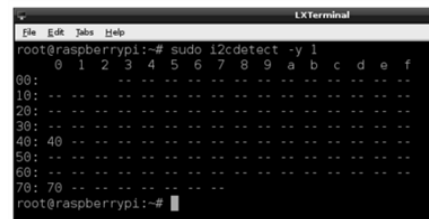
Osnovno što je potrebno uraditi je omogućiti SPI i I2C komunikacione protokole na Raspbian operativnom sistemu čime smo omogućili rad uređaja sa velikim brojem senzora koji zahtevaju neki od ova dva protokola za slanje vrednosti merenja.

Da bi se omogućio SPI komunikacioni protokol (SPIDEV) prvo je potrebno uključiti Raspberry Pi i ostvariti konekciju na lokalnu mrežu gde se nalazi povezan i PC. Preko PC-a ulogovati se na Raspberry Pi daljinski putem SSH protokola i izmeniti `raspi-black-list.conf` fajl koristeći komandu `sudo nano /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf` u kome je potrebno zakomentarisati liniju `"blacklist spi-bcm2708"` koristeći hash simbol `"#"` na početku. Nakon toga restartovati Raspberry Pi komandom `sudo reboot`, ponovo uspostaviti SSH konekciju i otkucati `ls /dev/spidev*`. Ukoliko se kao odgovor dobije isto što i na slici 3, SPI drajver (spidev) je uspešno uključen na Raspberry Pi uređaju.



Slika 3. Potvrda omogućenog SPI protokola

Za omogućavanje I2C komunikacionog protokola potrebno je uključiti Raspberry Pi, ući u LX Terminal i otkucati komande `sudo apt-get install python-smbus` i `sudo apt-get install i2c-tools`. Nakon toga editujemo fajl modules komandom `sudo nano /etc/modules` i dodajemo unutar fajla liniju `i2c-bcm2708` i `i2c-dev`. Nakon toga restartovati Raspberry Pi komandom `sudo reboot`, pokrenuti ponovo LX terminal i otkucati liniju `sudo i2cdetect -y 1`. U prozoru se vide svi uređaji koji su povezani sa Raspberry Pi putem I2C interfejsa (slika 4).



Slika 4. Potvrda omogućenog I2C protokola

4. AKVIZICIJA PODATAKA - OBJAŠNENJE PROCESA

Pre početka akvizicije neophodno je podesiti konfiguracioni fajl (settings.cfg) koji se nalazi na memorijskoj kartici i smešten je u isti folder gde se nalazi i sama aplikacija za akviziciju.

Izgled fajla sa početnim podešavanjima za akviziciju podataka koja je korišćena za projekat u laboratorijskim uslovima je:

```

ANALOGINPUTS 1:2:3:4:5:6:7:8
BINARYINPUTS 1:2:3:4
SAMPLERATE 10
RECORDTIME 60
RECORDCYCLES i
RECORDAVERAGE 10
    
```

"ANALOGINPUTS" - Svi analogni ulazi čije vrednosti korisnik želi da snimi u fajl. Izgled parametra za npr. Analogne ulaze 1, 2 i 3 se piše u obliku "1:2:3". Moguće je snimati kanale od 1-8. Ako ne želimo da snimamo analogne kanale onda se postavlja vrednost "0". Osnovna vrednost je "1:2:3:4:5:6:7:8".

"BINARYINPUTS" - Svi digitalni kanali čije vrednosti korisnik želi da snimi u fajl. Izgled parametra za npr. Analogne ulaze 1, 2 i 3 se piše u obliku "1:2:3". Moguće je snimati kanale od 1-4. Ako ne želimo da snimamo digitalne kanale onda se postavlja "0". Osnovna vrednost je "1:2:3:4".

"SAMPLERATE" - Učestalost akvizicije podataka u Hz. Osnovna vrednost je "60".

"RECORDTIME" - Vreme snimanja po fajlu u sekundama. Osnovna vrednost je "60".

"RECORDCYCLES" - Broj ciklusa snimanja - "i": snimanje se vrši sve dok se ne pritisne taster.

"START/STOP", "broj": u zavisnosti od željenog broja ciklusa. Osnovna vrednost je "i".

"RECORDAVERAGE" - Srednja vrednost (ukrupnjavanje) podataka. Ako se unese broj 10, onda će srednja vrednost tih 10 semplova biti snimljena u fajl kao jedan podatak. Osnovna vrednost je "10".

Jednom kada smo na računaru podesili konfiguracioni fajl, potrebno pripremiti sam uređaj za početak akvizicije podataka. To je urađeno tako što smo u micro SD slot stavili memorijsku karticu sa operativnim sistemom i programom a na USB port priključili eksterni HDD, a potom priključili napajanje na Raspberry Pi ploču. Akvizicija i kontrola podataka se obavlja uz pomoć 4 tastera koji se nalaze na razvojnoj ploči.

Taster 2 je TEST MODE taster. Pritiskom na taster 2 započinje proces prikupljanja podataka u tzv. TEST modu. Pali se LCD na kome se ispisuje poruka da je sistem u test modu i da za 5 sekundi počinje proces. Proces akvizicije podataka se vrši sa unapred predefinisanim parametrima koje korisnik ne može da podešava. Po završetku procesa na ekranu se ispisuje da je TEST mod uspešno završen, da su podaci snijeni, što označava da je sistem ponovo spreman za rad i za novu komandu. Svrha test moda je da se vidi ispravnost podešavanja uređaja i postavljenih senzora pre puštanja sistema u rad, što smo mi uradili i u laboratorijskim i u realnim uslovima da bi videli da li su svi senzori dobro povezani i daju merenja. Nakon što smo ustanovili da je sve ispravno podešeno, pritiskom na taster 1 koji je START/STOP taster započinje proces prikupljanja željenih vrednosti. Ponovnim pritiskom na taster 1 po završetku ciklusa prekida se proces akvizicije podataka i sistem je ponovo spreman za rad i novu komandu. Pritiskom na taster 3 u toku procesa akvizicije podataka uključujemo ili isključujemo ekran radi vizuelne kontrole podataka koji se prikupljaju i ispravnosti rada našeg sistema za akviziciju. Osvežavanje ekrana se vrši na 5 sekundi a u TEST modu ekran je stalno uključen. Pritiskom na taster 4 menjamo stranicu sa podacima koji se prikazuju na LCD ekranu. Stranica 1 daje prikaz analognih ulaza 1-4, stranica 2 analognih ulaza 5-8, stranice 3-6 prikazuju očitavanja sa digitalnih ulaza.

5. KOD ZA AKVIZICIJU SIGNALA

Kao što je dobro poznato senzori za merenje deformacija pretvaraju merenu veličinu u električni signal. Taj signal dovodimo na ADC koji ga pretvara u digitalni signal. Pri tome, ovde je potrebno proći kroz petlju i isčitati svaki od analognih ulaza koji su podešeni u konfiguracionom fajlu. Svaka vrednost se smešta u niz tempadpdata radi ukupnjavanja. Izgled dela koda za akviziciju analognih signala je oblika:

```
for adcInput in range(0, len(ai_acq)):
    s2 = adc0.analogRead(int(ai_acq[adcInput]) - 1)
    tempadpdata[adcInput] = s2
```

Korišćenjem biblioteke i2c_adxl345 za rad sa ADXL345 senzorom, sa senzora se očitavaju vrednosti za svaku od osa. Deo koda za akviziciju digitalnih signala sa ADXL345 senzora putem I2C protokola je:

```
x, y, z = adxl345.getAxes()
tempbidata[0] = "%.3f" % x
tempbidata[1] = "%.3f" % y
```

```
tempbidata[2] = "%.3f" % z
```

6. PREGLED PRIKUPLJENIH PODATAKA

Jedna od bitnih faza u procesu i za kasniju upotrebu i analizu istih jeste i sam prikaz, odnosno pregled prikupljenih podataka. Za pregled prikupljenih podataka u tabelarnom i grafičkom prikazu (slike 6 i 7) koristimo program za analizu prikupljenih podataka (Data Logger Visualiser) (slika 5). Program je napisan u programskom jeziku C# i pored pregleda podataka u tabelarnom i grafičkom obliku sa proizvoljnim zumiranjem radi detaljne analize, omogućen je i export podataka u .csv fajl. Time smo omogućili učitavanje takvog fajla u Microsoft Excel radi pravljenja složenijih 2D ili 3D dijagrama.

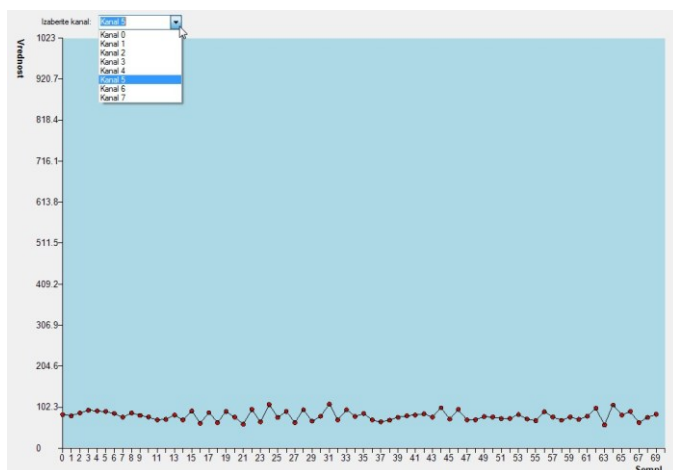
O. No.	Channel 1	Channel 2	Channel 3	Channel 4	Channel 5	Channel 6	Channel 7	Channel 8
1	587	75	0	77	78	84	75	81
2	587	59	0	72	94	81	66	88
3	587	64	0	67	91	88	72	75
4	587	72	0	65	79	95	77	71
5	587	91	0	62	75	93	88	76
6	587	87	0	60	78	92	83	78
7	587	83	0	68	81	87	83	84
8	587	81	0	81	71	78	88	95
9	587	84	0	68	78	88	82	83
10	587	76	0	84	81	82	78	90
11	587	71	0	73	90	78	71	94
12	587	75	0	71	80	71	84	104
13	587	93	0	91	61	72	98	97
14	587	65	0	73	78	83	71	84
15	587	75	0	76	74	71	82	104
16	587	98	0	77	63	93	94	86
17	587	60	0	96	79	62	78	121
18	587	83	0	65	93	89	72	80
19	587	63	0	80	78	64	84	107
20	587	94	0	76	69	92	97	81
21	587	76	0	82	78	78	82	102
22	587	67	0	95	76	60	79	116
23	587	86	0	68	80	87	83	77

Slika 5. Glavni radni ekran programa DLV

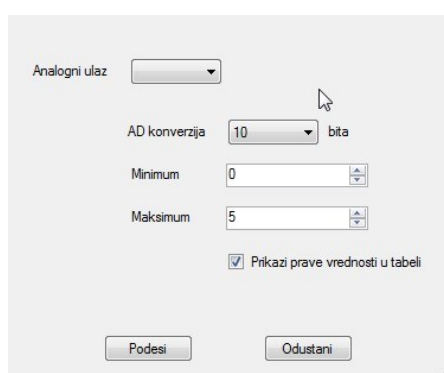
Na radnom delu u tabelarnom prikazu je prikazano:

- Broj semplova
- Analogni ulazi koji su snimani
- Digitalni ulazi koji su snimani
- Početno vreme kada je započeta akvizicija podataka
- Vreme koliko je trajala akvizicija
- Učestanost semplovanja
- Broj ciklusa
- Ukupnjavanje

Moguće je birati između prikaza analognih i digitalnih signala. Vizuelni prikaz prikupljenih podataka je po kanalu a korisnik bira koji kanal želi da vidi (slika 6). Analogne vrednosti koje su snimljene u fajl dobijene su konverzijom putem AD konvertora. Pošto je korišćen 10-bitni ADC vrednosti idu od 0-1023. Putem podešavanja (slika 7) dobijamo realne analogne vrednosti unosom minimalne i maksimalne vrednosti ulaza po kanalu.



Slika 6. Grafička analiza promene merenih vrednosti



Slika 7. Konverzija u realne vrednosti

Program za prikupljanje podataka omogućava da se podaci čuvaju u više fajlova tokom jednog procesa. To je urađeno radi sigurnosti u slučaju prestanka rada napajanja. Zato program za pregled vrednosti omogućava spajanje više fajlova u jedan. Nakon izbora svih fajlova koji će se spojiti program će ponuditi korisniku da unese ime za finalni spojeni fajl i to će rezultovati novim fajlom sa svim podacima prikupljanja. Nakon toga je potrebno učitati taj fajl. Primer .log fajla sa samo nekoliko analognih vrednosti:

```
1023,18,0,11,1023,0,662,864,
1023,0,0,0,1022,4,662,864,
1023,25,0,26,1023,24,662,864,
1023,32,0,30,1023,26,662,864,
1023,11,0,7,1023,3,662,864,
1023,0,0,0,1023,0,662,863,
```

7. ZAKLJUČAK

Kao što se može videti iz prethodnog, korišćenjem Raspberry Pi razvojne ploče sa jednom varijantom Linux operativnog sistema, navedenog dodatnog hardvera u vidu AD konvertera i senzora, programa pisanog u Python

programskom jeziku na samoj razvojnoj ploči i PC programa za analizu, može se napraviti veoma povoljno fleksibilan DAQ sistem sa odličnim performansama.

Velika fleksibilnost se ogleda u tome što se putem dodatnih ploča lako se proširuje funkcionalnost. Na primer ako nam je potrebna veća preciznost pri AD konverziji, može se koristiti ADC Pi ili ADC Differential Pi ploča, koja omogućava 18-bitnu preciznost i 8 ulaza. Ako nam je potrebno da dobijamo izveštaje putem interneta ili preko SMS poruka, koristi se modul 3G shield. Ili, ako je lokacija gde je postavljen Raspberry Pi pokrivena internetom, koristimo Wireless modul. Ovo su samo neke od dodatnih ploča koje povećavaju funkcionalnost.

Postoji i veliki broj senzora koji su razvijeni za Raspberry Pi kao što su senzor vibracija, senzor vlažnosti/temperature, protokomer, senzor zvuka, senzor brzine, ... Za sve ove dodatne ploče i senzore postoje razvijeni drajveri i način implementacije u Python, C ili drugim programskim jezicima, što omogućava brzu integraciju za akviziciju novih podataka.

Promenom razvojne ploče za novi model veoma jednostavno se ubrzava i kompletan DAQ sistem u zavisnosti od povećanja brzine procesora i ostalih komponenti na novoj razvojnoj ploči. Najnoviji model Raspberry Pi, [3] ploče poseduje četvororojezgarni procesor ARM Cortex-A7 CPU na 900MHz, 1GB RAM-a, 40 GPIO pinova i čak 4 USB porta. Inicijalni testovi pokazuju da je moguće obraditi više nego 3 puta više podataka od starijeg modela pri akviziciji. Kompletan softver se može preneti na novu razvojnu ploču i najčešće sa minimalnim izmenama novi sistem je spreman za rad, što je pored cene ogromna prednost.

ZAHVALNICA

Autori Autori Mihailo Lazarević, Tomislav Šekara, Petar Mandić, se zahvaljuju za podršku Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije projekti TR35006, III41006(M.P.L), TR33020 (T.B.Š) i TR33047 (P.D.M).

LITERATURA

- [1] M. Vadursi, *Data Acquisition*, India, Sciyo, 2010.
- [2] M. Di P. Emilio, *Embedded Systems Design for High-Speed Data Acquisition and Control*, Switzerland, Springer, 2015.
- [3] Raspberry PI Rev2 – P1 Connector, Available: [http://www.combinatorialdesign.com/boards/Raspberry-Pi/P1, \[1.12.2013\]](http://www.combinatorialdesign.com/boards/Raspberry-Pi/P1, [1.12.2013])
- [4] B. Horan, *Practical Raspberry Pi*, Apres, USA, 2013.
- [5] J.M. Hughes, *Real World Instrumentation with Python*, USA, O'Reilly Media, 2010.

PRAKSA RSA ŠIFROVANJA THE PRACTICE OF RSA ENCRYPTION

Duško Parezanović, Dragan Vidaković, Gimnazija Ivanjica, Srbija

Sadržaj- U ovom izlaganju ćemo se baviti praktičnom realizacijom šifrovanja, kriptografskog mehanizma, zasnovanog na kriptografiji javnog ključa, pomoću koga postićemo očuvanje tajnosti (poverljivosti, privatnosti), svojstva bez kojeg bi bilo nemoguće obavljati e-trgovinu, bankarstvo, državne, vojne ili policijske komunikacije korišćenjem savremenih komunikacionih mreža.

Ključne reči: kriptografija, rsa, šifrovanje

Abstract- We are going to deal in this exposure with practical realization of coding, cryptographic mechanism, based on cryptography of a public key, which assists us to accomplish maintenance of secrecy (confidentiality, privacy), characteristics without it would be impossible to perform trading, banking, state, military or police communication using modern communication networks. .

Key word: criptography, rsa, encryption

1. UVOD

Tajnost podataka je svojstvo da se podaci mogu čitati samo od strane autorizovanih korisnika [1]. Brojni su načini da se obezbedi tajnost, počev od fizičke zaštite, pa sve do matematičkih algoritama koji sadržaj informacija čine nerazumljivim, šifrovanim. Nas će prvenstveno interesovati upravo ovo poslednje.

Potrebno je informaciju (poruku) bijektivno transformisati da bi se dobio šifrovani tekst poruke. Da bi se to ostvarilo potrebno je raspolagati sa ključevima, koji upravo svaki za sebe definiše tu jedinstvenu bijekciju skupa poruka u skup šifrata. Ta transformacija mora da bude bijekcija, jer je neophodna reverzibilnost procesa, pošto je krajnji cilj jedinstvena regeneracija poruke iz šifrovanog teksta, odnosno dešifrovanje mora da bude jednoznačno.

Dve su osnovne šeme kojima se postiže očuvanje tajnosti podataka: Simetrično i asimetrično šifrovanje.

Simetrično šifrovanje podrazumeva da postoji isti ključ kojim se podaci i šifruju i dešifruju. To je robustan postupak kojim se postiže ogroman protok podataka u kratkom vremenu što asocira na ono što većina smatra da je šifrovanje.

Kod simetričnog šifrovanja je međutim velika slabost u distribuciji i čuvanju ključeva jer svaka kompromitacija podrazumeva velike štete i redizajniranje šeme.

Dugo je vodeća šema simetričnog bio DES ali kako su tehnike pronalazjenja ključa u cilju nadgledanja šifrovanih komunikacija napredovale DES je zamenjen sa pouzdanijim mehanizmom - AES.

Tajnost kraćih poruka, pa i ključeva za simetrično šifrovanje se mogu postići asimetričnim algoritmima za zaštitu tajnosti.

Ovi algoritmi se karakterišu manjim javnim i daleko većim tajnim ključem i otuda se nazivaju asimetričnim.

Moguća šema postizanja tajnosti asimetričnim algoritmom može da bude ova: Entiteti **A** i **B** tajno razmenjuju ključ, par (e, d) . U nekom sledećem vremenu, ako **A** želi da pošalje poruku **m** entitetu **B**, potrebno je da izračuna $c = E_e(m)$ i rezultat pošalje **B**. Po prijemu **c**, **B** računa $D_d(c) = m$ regenerišući na taj način originalnu poruku **m**. E_e označava transformaciju šifrovanja, a D_d transformaciju dešifrovanja, pri čemu je potrebno da **d** tj. **Da**, bude tajno.

Jedno od pitanja koje se može postaviti je zašto su potrebni ključevi? Zašto nije jednostavno odabrana funkcija za šifrovanje i odgovarajuća funkcija za dešifrovanje? Razlog je dalekosežan: u tom slučaju otkrivanje para koji omogućava šifrovanje/dešifrovanje uslovio bi redizajniranje čitave šeme šifrovanja, dok je u slučaju upotrebe ključeva dovoljno promeniti par (e, d) .

Dakle, da podvučemo: Ako je znanjem **e** jednostavno odrediti **d**, tada ceo par (e, d) mora biti tajan i radi se o simetričnom algoritmu, tj. o kriptografiji tajnih ključeva. Ukoliko znajući samo **e** nemamo praktičnog načina da odredimo **d**, radi se o asimetričnom algoritmu, tj. kriptografiji javnih ključeva. U ovom slučaju samo treba obezbediti tajnost **d**, ali da ne bi bilo zabune **d** nećemo zvati tajni nego privatni ključ.

Kriptografija javnog ključa (Public-key, PK), revolucionarni proboj na polju zaštite tajnosti i integriteta podataka, uglavnom je zasnovana na - nikada matematički dokazanom, uverenju, da su izvesni matematički problemi teško rešivi. Množenje dva velika prosta broja je jednosmerna - hash funkcija, što znači da se njihov proizvod **n** može lako dobiti, ali se pokazalo kao vrlo teško faktorirati taj proizvod u cilju dobijanja tih prostih činilaca, a taj problem i problem

pronalaženja privatnog ključa **d** u **PK**, ako je poznat javni kjuč (**e**, **n**), su dva ekvivalentna problema. Postoji dosta PK šema, asimetričnih algoritama, koje su zasnovane na tom praktično teško rešivom problemu, naravno ukoliko je broj cifara dovoljno veliki, a kojima se konstruiše jednosmerna funkcija sa "tajnim vratima".

Relativitet "teško" rešivog zadatka je shvatljiv ako znamo da je Ron Rivest 1977 [2] smatrao da će za faktorisanje 125-to cifrenog broja biti potrebni milioni godina, a da je 129-to cifreni broj faktorisan već 7 godina kasnije-1994. I ko danas može da tvrdi da već sada ne postoji algoritam, recimo kod NSA (National Security Agency), za jednostavnije razbijanje ključa od preko 1024 binarne cifre, a većina sveta možda živi u zabludi da je ključ te dužine pouzdana zaštita.

2. POSTAVKA PROBLEMA

Ukoliko ne želimo da postanemo i ostanemo tehnoloska kolonija nemamo drugog izbora već da krenemo u proizvodnju vlastitog softvera i svih ostalih potrebnih elemenata, npr. svojih velikih prostih brojeva - ako se radi o RSA šifrovanju, jer je sasvim jasno da korišćenje javno poznatih velikih prostih brojeva, a pogotovo stranih komercijalnih paketa dostupnih na tržištu, ma kako se reklamirali, može da predstavlja samo "trap-door", za nadgledanje "sigurnih komunikacija".

Sobzirom na tako postavljen cilj, potrebu proizvodnje svoga softvera i svojih velikih prostih brojeva, a imajući u vidu da smo se u ovom radu opredelili za kriptografsku tehniku zasnovanu na asimetričnim algoritmima koji funkcionišu sa ključevim dužine i više hiljada bita, potrebno je u prvom redu da izgradimo kompletnu aritmetiku za rad sa velikim brojevima.

3. POTREBNI ALATI

U osnovi RSA mehanizma, dakle, nalazi se rad sa velikim binarnim brojevima koji - svakom novom generacijom procesora ili bržim algoritmom za faktorisanje brojeva, moraju da budu sve veći. Danas se najvažnije tajne već štite ključevima od preko 15.000 bita tako da pojava kriptografija eliptičnih krivih omogućava da se ta trka - između onih koji integritet i tajnost poruka štite RSA mehanizmom i onih koji se trude da neovlašćeno nadgledaju štićenu komunikaciju, bar malo uspori.

Efikasno programski rešeno sabiranje, oduzimanje, množenje i deljenje velikih binarnih brojeva - aritmetika velikih brojeva, predstavlja neophodan preduslov za praktično rešenje ekspanencijacije - sofisticiranog alata modularne aritmetike velikih brojeva, bez koje bi PK bila nemoguća. Modularna ekspanencijacija se efikasno vrši tzv. square-and-multiply algoritmom [2], [3], [4], [5], [6] koji je od velike važnosti u mnogim kriptografskim protokolima.

Problem ekspanencijacije je zapravo problem nalaženja $a^k \pmod n$, gde $a \in \mathbb{Z}_n$, što je srž RSA mehanizma

Neka broj k , $n > k \geq 0$, ima binarnu reprezentaciju $k = k_0 2^0 + k_1 2^1 + \dots + k_i 2^i$, $k_i \in \{0, 1\}$. Tada se problem nalaženja ostatka, odnosno $a^k \pmod n$, svodi, zbog osobina operacije mod, na nalaženje ostatka broja $\Pi(a \exp k_i 2^i)$ (gde Π označava proizvod), $t \geq i \geq 0$. Pošto mi radimo sa ogromnim brojevima, potrebno je naći tehniku koja efikasno implementira modularnu multiplikaciju izbegavajući pri tome korak klasične modularne redukcije $x*y \pmod n$ (koju je moguće izvesti samo ako su u pitanju mali brojevi). Ta tehnika je *Montgomery-eva* redukcija [2]. Kombinujući *Montgomery-ovu* redukciju i množenje dva velika broja, možemo da rešimo *Montgomery-ovu* redukciju proizvoda dva velika broja, a samim tim rešavamo modularnu ekspanencijaciju $a^k \pmod n$.

3.1. MONTGOMERY-EVA MULTIPLIKACIJA

Ulaz: celi brojevi $\mathbf{m} = (\mathbf{m}_{n-1} \dots \mathbf{m}_1 \mathbf{m}_0)_b$, $\mathbf{x} = (\mathbf{x}_{n-1} \dots \mathbf{x}_1 \mathbf{x}_0)_b$, $\mathbf{y} = (\mathbf{y}_{n-1} \dots \mathbf{y}_1 \mathbf{y}_0)_b$,

gde je $\mathbf{x} \geq 0$, $\mathbf{m} \geq \mathbf{y}$, $\mathbf{R} = \mathbf{b}^n$ i $\text{nzd}(\mathbf{m}, \mathbf{b}) = 1$, $\mathbf{m}' = -\mathbf{m}^{-1} \pmod \mathbf{b}$.

Izlaz: $\mathbf{xyR}^{-1} \pmod \mathbf{m}$ (u daljem radu na ovu proceduru ćemo se pozivati sa *Mont(x, y)*).

1. $\mathbf{A} \leftarrow 0$ ($\mathbf{A} = (\mathbf{a}_n \mathbf{a}_{n-1} \dots \mathbf{a}_1 \mathbf{a}_0)_b$)

2. za $\mathbf{i} = 0, \dots, \mathbf{n} - 1$ ponoviti sledeće korake:

2.1 $\mathbf{u}_i = (\mathbf{a}_0 + \mathbf{x}_i \mathbf{y}_0) \mathbf{m}' \pmod \mathbf{b}$

2.2. $\mathbf{A} \leftarrow (\mathbf{A} + \mathbf{x}_i \mathbf{y} + \mathbf{u}_i \mathbf{m}) / \mathbf{b}$

3. Ako je $\mathbf{A} \geq \mathbf{m}$, onda $\mathbf{A} \leftarrow \mathbf{A} - \mathbf{m}$

4. Izlaz je \mathbf{A} .

Primerba1. Ovaj algoritam se zasniva na tzv. *Montgomery-ovoj* redukciji: Dati su celi brojevi \mathbf{m} i \mathbf{R} gde je $\text{nzd}(\mathbf{m}, \mathbf{R}) = 1$ i neka je $\mathbf{m}' = -\mathbf{m}^{-1} \pmod \mathbf{R}$, a \mathbf{T} neki ceo broj $\mathbf{mR} \geq \mathbf{T} \geq 0$. Ako je $\mathbf{U} = \mathbf{Tm}' \pmod \mathbf{R}$, onda je $(\mathbf{T} + \mathbf{Um}) / \mathbf{R} \equiv \mathbf{TR}^{-1} \pmod \mathbf{m}$.

3.2. MONTGOMERY-EVA EKSPONENCIJACIJA

Ulaz: $\mathbf{m} = (\mathbf{m}_{l-1} \dots \mathbf{m}_0)_b$, $\mathbf{R} = \mathbf{b}^l$, $\mathbf{m}' = -\mathbf{m}^{-1} \pmod \mathbf{b}$.

$\mathbf{e} = (\mathbf{e}_t \dots \mathbf{e}_0)_2$ gde je $\mathbf{e}_t = 1$ i ceo broj $\mathbf{x} \in [1, \mathbf{m})$.

Izlaz: $\mathbf{x}^e \pmod \mathbf{m}$.

$\mathbf{w} \leftarrow \text{Mont}(\mathbf{x}, \mathbf{R}^2 \pmod \mathbf{m})$, $\mathbf{A} \leftarrow \mathbf{R} \pmod \mathbf{m}$ (Ovo se računa u proceduri)

za $\mathbf{i} = \mathbf{t}, \dots, 0$ ponoviti sledeće korake:

$\mathbf{A} \leftarrow \text{Mont}(\mathbf{A}, \mathbf{A})$

Ako je $\mathbf{e}_i = 1$ onda je $\mathbf{A} \leftarrow \text{Mont}(\mathbf{A}, \mathbf{w})$

$\mathbf{A} \leftarrow \text{Mont}(\mathbf{A}, 1)$

Izlaz je \mathbf{A} .

4. POSEBAN PROBLEM

Neophodan je zahtev da broj n bude proizvod dva velika prosta broja. Za broj se može dokazivati da je prost, može se konstruisati prost broj, ali za kriptografske potrebe se najčešće, pre svega služimo isključivanjem mogućnosti da je broj složen, i to sa velikom verovatnoćom. Lakše je naime testiranjem dokazati da je broj složen ili u suprotnom da je verovatno prost nego decidirano utvrditi da je broj prost, i uvek se mora imati na umu da radimo sa brojevima od više stotina decimala tako da se uobičajeni postupci testiranja

efikasnije zaštitimo, ma kako se to defetistički prikazivalo kao nemoguće i nepotrebno, jer “Veliki brat” ionako sve zna. Naš rad je samo jedan mali korak u tom pravcu.

LITERATURA

- [1] J. Golić, *An Overview of Cryptology*, Tekst predavanja, Matematički institut SANU, May 1998.
- [2] A. Menezes, P.C. van Oorschot, S. Vanstone, *Handbook of Applied Cryptography*, CRC Press, New York, 1997.
- [3] D. R. Stinson, *Cryptography, theory and practice*, Third Edition, Chapman & Hall/CRC, 2006.
- [4] B. Schneier, *Applied Cryptography*, John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [5] Avinash Kak, “Lecture and Notes on Computer and Network Security”, <https://engineering.purdue.edu/kak/compsec/>, accessed 15.05.2015.
- [6] R. Smith, *Internet, Cryptography*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1997.
- [7] D. Vidaković, *Analiza i implementacija asimetričnih algoritama za zaštitu tajnosti i integriteta podataka*, Magistarska teza, Elektrotehnički fakultet Beograd, decembar 1999.

ALGORITAM ZA ESTIMACIJU SINHFROFAZORA I FREKVENCije SYNCHROPHASOR AND FREQUENCY ESTIMATION ALGORITHM

Žarko Zečević, Tomo Popović, Zdravko Uskoković, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je predložen algoritam za estimaciju sinhrofazora i frekvencije u elektroenergetskim sistemima. Predloženi pristup se bazira na transformaciji izmjerenog signala u kompleksnu sinusoidu pomoću Constant Modulus algoritma. Transformisani signal i koeficijenti transformacije se koriste za estimaciju parametara od interesa. Rezultati simulacija pokazuju da predloženi algoritam ima bolje performanse od razmatranih algoritama.

Abstract: In this paper, a new algorithm for synchrophasor and frequency estimation in power systems is proposed. The proposed approach is based on transformation of the measured signal into a complex sinusoid by using the Constant Modulus algorithm. The transformed signal and transformation coefficients are used for estimation of the parameters of interest. Simulation results show that the proposed algorithm exhibits better performances compared to the considered algorithms.

1. UVOD

PMU uređaji služe sa mjerenje frekvencije i fazora strujnih i naponskih signala u krucijalnim tačkama elektroenergetskog sistema, [1]. Sva mjerenja su sinhronizovana sa koordinisanim univerzalnim vremenom (eng. UTC) korišćenjem globalnog pozicionog sistema (GPS), [1]. IEEE standard C37.118.1-2011 je trenutno referentni dokument koji opisuje performanse koje treba da zadovolje PMU uređaji, [2]. PMU uređaji se mogu podijeliti na uređaje P klase (brži i manje tačni) i na uređaje M klase (sporiji i tačniji). Uređaji P klase su namijenjeni aplikacijama za zaštitu elektroenergetskih sistema, dok uređaji M klase nalaze primjenu u monitoringu elektroenergetskih sistema, [2].

Tradicionalni algoritmi za estimaciju sinhrofazora su bazirani na konceptu mjerenja u stacionarnom stanju. Kod njih se podrazumijeva da su parametri fazora konstantni unutar vremenskog prozora za koji se vrši estimacija. Među njima su popularni algoritmi zasnovani na DFT-u, zbog dobrih filtarskih karakteristika i robusnosti pri pojavi viših harmonika. Međutim, u slučajevima kada frekvencija fundamentalne komponente varira dolazi do degradacije performansi pomenutih algoritama. Iz tog razloga se koriste razne tehnike za kompenzaciju izračunatog fazora u funkciji od estimirane frekvencije, [3]. Njutnov metod i Kalmanovi filtri takođe nalaze primjenu u estimaciji parametara sinhrofazora, [4, 5].

Pomenute metode su dizajnirane tako da daju dobre rezultate u stacionarnom stanju. Međutim, najnoviji IEEE standard postavlja zahtjeve za tačnošću i u prelaznom procesu, tj. u slučajevima kada dolazi do step promjena u amplitudi ili fazi napona i struja. Iz tog razloga predloženi su brojni algoritmi za estimaciju dinamičkih fazora, koji pokazuju bolje performanse u dinamičkim uslovima, nego konvencionalne metode, [6, 7]. Većina predloženih algoritama je računski zahjevna, što može dovesti do kašnjenja. U [8] je

predložen iterativni Least Error Square (LES) metod koji je računski jednostavan, a pritom zadovoljava sve kriterijume najnovijeg IEEE standarda.

U ovom radu je predložen novi pristup za estimaciju sinhrofazora i frekvencije koji se bazira na transformaciji realnog sinusnog signala u kompleksni signal koristeći Constant Modulus Least Square algoritam (LSCMA). Predloženi algoritam zadovoljava sve kriterijume IEEE standarda C37.118.1-2011. Rezultati simulacija pokazuju da LSCMA metod u većini simuliranih scenarija ima veću tačnost u odnosu na razmatrane algoritme.

Rad je organizovan na sljedeći način. Nakon uvoda opisan je model za estimaciju sinhrofazora, kao i algoritmi sa njihovu estimaciju sa kojima je vršeno poređenje. Nakon toga su dat opis predloženog algoritma, rezultati simulacija i zaključak.

2. ESTIMACIJA SINHFROFAZORA I FREKVENCije

Za potrebe analize, u elektroenergetskim sistemima se najčešće koristi fazorska reprezentacija sinusnih signala. Sinusni signal amplitude X_m , frekvencije ω i faze ϕ :

$$x(t) = X_m \cos(\omega t + \phi) \quad (1)$$

ima sljedeću fazorsku reprezentaciju:

$$X = (X_m / \sqrt{2}) e^{j\phi} = X_r + jX_i, \quad (2)$$

gdje su X_r i X_i realni i imaginarni djelovi fazora, respektivno. Sinhrofazorska reprezentacija signala (1) je vrijednost X -a iz (2), pri čemu je ϕ trenutna vrijednost faze u odnosu na kosinusnu funkciju nominalne frekvencije koja je sinhronizovana sa UTC-om, [2].

U [8] je opisan LES metod za estimaciju sinhrofazora kod kojeg se polazi od pretpostavke da izmjereni električni signal sadrži prvih N harmonika:

$$x(nT) = \sum_{n=1}^M x_n \cos(2\pi nTf + \theta_n) + \sigma(nT), \quad (3)$$

gdje n označava diskretno vrijeme, T periodu odabiranja, a $\sigma(nT)$ bijeli Gausov šum.

Vrijednost realnog i imaginarnog dijela sinhrofazora se estimira na sljedeći način, [8]:

$$\hat{\mathbf{x}}(i) = \mathbf{A}^\dagger \mathbf{x}(i). \quad (4)$$

Vektor $\mathbf{x}(j)$ predstavlja izmjerene vrijednosti naponskog signala u toku j -og prozora dužine M , dok je \mathbf{A} matrica dimenzija $N \times M$, čiji su elementi jednaki $\cos(n2\pi f_{j-1}mT)$ i $\sin(n2\pi f_{j-1}mT)$ za $n=1, \dots, N$, i $m=-M/2, \dots, M/2$, [8]. Prva dva elementa vektora $\hat{\mathbf{x}}(i)$ su jednaka realnom i imaginarnom dijelu sinhrofazora koje treba reportovati za posmatrani i -ti vremenski prozor, [8]:

$$\hat{X}_r(i) = x_1(i), \hat{X}_i(i) = x_2(i). \quad (5)$$

Frekvencija fundamentalne komponente se estimira na sljedeći način, [8]:

$$\hat{f}(i) = \left(\tan^{-1} \frac{\hat{X}_i(i)}{\hat{X}_r(i)} - \tan^{-1} \frac{\hat{X}_i(i-1)}{\hat{X}_r(i-1)} \right) / (2\pi TN) \quad (6)$$

Umjesto trenutne frekvencije, LES metod za estimaciju sinhrofazora koristi estimiranu frekvenciju iz prethodnog blokovskog trenutka, a zatim na osnovu dobijenih parametara estimira frekvenciju za tekući prozor. Ukoliko se frekvencije $\hat{f}(i)$ i $\hat{f}(i-1)$ razlikuju, korake (5) i (6) treba ponoviti unaprijed određen broj puta ili dok razlika između pomenute dvije frekvencije ne bude manja od specificirane greške.

Dinamički FIR filter baziran na DFT-u je u IEEE standardu predstavljen kao referentni algoritam za estimaciju sinhrofazora, [2]. Parametri sinhrofazora se estimiraju na sljedeći način:

$$\hat{X}(i) = \frac{2}{G} \sum_{k=-M/2}^{M/2} x(i+k) \times W(k) \times \exp(-j(i+k)T\omega_0). \quad (7)$$

Sa $W(k)$ su označeni koeficijenti niskopropusnog filtra:

$$W(k) = \frac{\sin(4\pi F_{fr}Tk)}{4\pi F_{fr}Tk} h(k), \quad (8)$$

gdje je $k=-M/2, \dots, M/2$, F_{fr} je presječna frekvencija niskopropusnog filtra, T perioda odabiranja, $h(k)$ Hammingov prozor, a G pojačanje koje se dobija sumiranjem koeficijenata $W(k)$:

$$G = \sum_{k=-M/2}^{M/2} W(k). \quad (9)$$

3. PREDLOŽENI ALGORITAM

Ako je električni signal zadat u obliku (1), onda postoje kompleksni koeficijenti W_1 i W_2 , takvi da važi sljedeće:

$$r(nT) = e^{j\omega nT} = W_1 x(nT) + jW_2 x(nT - \Delta), \quad (10)$$

gdje je Δ vremensko kašnjenje jednako cjelobrojnom umnošku periode odabiranja T . Može se pokazati da su W_1 i W_2 koji zadovoljavaju (10) jednaki:

$$W_1 = \frac{e^{-j\omega\Delta}}{A \sin \omega\Delta}, \quad W_2 = \frac{j}{A \sin \omega\Delta}. \quad (11)$$

Za i -ti blok odbiraka širine M , koeficijenti W_1 i W_2 se mogu naći minimizacijom funkcije performanse:

$$J(i) = |1 - \mathbf{W}^H(i) \mathbf{X}(i)|, \quad (12)$$

gdje je \mathbf{W} vektor sa koeficijentima W_1 i W_2 , a $\mathbf{X}(i)$ matrica dimenzija $M \times 2$, čiji su elementi $x(nT+k)$ i $x(nT-\Delta+k)$, za $k=-M/2, \dots, M/2$. Vektor \mathbf{W} se može iterativno ažurirati koristeći Least Square Constant Modulus algoritam (LSCMA):

$$\mathbf{W}(i) = \lambda \mathbf{W}(i-1) + (1-\lambda) \mathbf{X}^\dagger y(i), \quad (13)$$

gdje je λ faktor zaboravljanja koji treba odabrati da bude blizu jedinice.

U svakom blokovskom trenutku i , amplituda sinhrofazora se računa na sljedeći način:

$$\hat{X}_m(i) = \frac{\sin(\arg\{W_2(i)/W_1(i)\})}{|W_1(i)|}. \quad (14)$$

dok je frekvencija jednaka:

$$\hat{f}(i) = |\pi/2 + \arg\{W_2(i)/W_1(i)\}| / (2\pi\Delta) \quad (15)$$

Konačno, trenutna faza se estimira pomoću jednačine:

$$\phi(i) = \arg\{W_2(i)r(i)\}, \quad (16)$$

gdje je $r(n)$ transformisani signal:

$$r(i) = \mathbf{W}(i)^H \mathbf{X}(i). \quad (17)$$

S obzirom na to da električni signal može da sadrži više harmonike, izmjereni signal x , prije procesiranja LSCMA-om, treba filtrirati niskopropusnim filtrom. Filtriranje signala dovodi do pojačanja/slabljenja amplitude i vremenskog

kašnjenja. Iz tog razloga je potrebno izvršiti odgovarajuću amplitudsku i faznu korekciju transformisanog signala:

$$r(i) = \mathbf{W}(i)^H \mathbf{X}(i) A_F(f_i) e^{j\phi_F(i)}, \quad (18)$$

gdje su $A_F(f_i)$ i $\phi_F(i)$ amplitudska i fazna karakteristika niskopropusnog filtra na učestanosti $f(i)$. Koeficijenti korekcije se ažuriraju samo ako dolazi do promjene frekvencije fundamentalne komponente. Poželjno je da niskopropusni filtar ima ravnu amplitudsku karakteristiku i konstantno grupno kašnjenje u opsegu frekvencija od interesa ($\pm 5\text{Hz}$ od nominalne frekvencije, [2]).

4. REZULTATI SIMULACIJA

Nominalna frekvencija fundamentalne komponente je 50Hz. Brzina odabiranja je 1250Hz, a brzina izvještavanja 25 frejmova/s. Širine prozora za estimaciju kod LSCMA, LES i DFT metoda su 25, 50 i 258 odbiraka, respektivno. Vrijednost parametra Δ kod LSCMA metoda je $5T$. Kao indikatori performansi korišćeni su totalni vektor greške (TVE, za sinhrofazore) i devijacija frekvencije od stvarne vrijednosti (DF), [2]. Razmotreni su različiti scenariji simulacija. Maksimalne vrijednosti TVE i DF koje propisuje standard za svaki od scenarija date su u zaglavljinama tabela u kojima su prikazani numerički rezultati simulacija.

A. Poređenje u stacionarnom stanju

U tabeli 1.a je prikazana maksimalna vrijednost TVE razmatranih algoritama za različite frekvencije fundamentalne komponente. Može se uočiti da LSCMA i LES algoritam estimiraju sinhrofazore bez greške, dok se kod Metoda B javlja mala greška, koja raste sa odstupanjem frekvencije od nominalne vrijednosti. Isti zaključci važe i za estimaciju frekvencije (Tabela 1.b).

Tabela 1.a TVE razmatranih algoritama za različite vrijednosti fundamentalne frekvencije

f [Hz]	Maksimalna vrijednost TVE (1%)				
	45	47	50	53	55
LSCMA	0	0	0	0	0
LES	0	0	0	0	0
DFT	0.34	0.29	0.048	0.25	0.34

Tabela 1.b DF razmatranih algoritama za različite vrijednosti fundamentalne frekvencije

f [Hz]	DF [0.005Hz]				
	45	47	50	53	55
LSCMA	0	0	0	0	0
LES	0	0	0	0	0
DFT	0.002	3×10^{-4}	0	3×10^{-4}	0.003

Rezultati simulacija u slučaju kada električni signal sadrži proizvoljni harmonik čija amplituda iznosi 10% amplitude fundamentalne komponente su dati u Tabelama 2.a i 2.b. U ovom primjeru najmanju vrijednost TVE postiže LES metod, iz razloga što se kod istog vrši modelovanje harmonika. Međutim, ako se žele postići dobre performanse za svih 50

harmonika, ovaj algoritam će imati veliku računsku složenost, jer je u toku svakog frejma potrebno izvršiti pseudo inverziju matrice dimenzija 25×100 . Kod predloženog algoritma TVE opada sa povećanjem reda harmonika, iz razloga što se ulazni signal filtrira Butervortovim filtrom čije pojačanje opada sa povećanjem frekvencije. DFT metod za sve harmonike ima grešku drugog reda. Sa stanovišta frekvencije svaki od algoritama daje dobre rezultate.

Tabela 2.a TVE razmatranih algoritama u slučaju pojave različitih harmonika

Red harmonika	Maksimalna vrijednost TVE (%)				
	1	2	3	7	15
LSCMA	0.036	7×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-7}	7×10^{-8}
Metod A	0	0	0	0	0
Metod B	0.034	0.085	0.075	0.06	0.048

Tabela 2.b DF razmatranih algoritama u slučaju pojave različitih harmonika

Red harmonika	DF (0.025Hz)				
	1	2	3	7	15
LSCMA	10^{-13}	10^{-13}	10^{-13}	10^{-13}	10^{-13}
Metod A	0	0	0	0	0
Metod B	0	0	0	0	0

B. Poređenje u dinamičkim uslovima

Tačnost algoritama za amplitudsko i fazno modulirane signale takođe je specificirana IEEE standardom. U tabelama 3.a i 3.b su prikazani rezultati simulacija u slučaju kada se faza mijenja po zakonu $1 + 0.1 \cos \omega t$, pri čemu su razmotrene različite frekvencije ω . Može se uočiti da predloženi algoritam ima najmanju vrijednost TVE i DF. LES pravi grešku istog reda u procjeni sinhrofazora kao predloženi algoritam, dok je vrijednost DF višestruko veća u odnosu na predloženi algoritam. Sa druge strane, kod DFT algoritma se javlja suprotna situacija u odnosu na LES.

Tabela 3.a TVE razmatranih algoritama u slučaju faznih modulacija

f [Hz]	Maksimalna vrijednost TVE (3%)				
	0.1	1	2	3.5	5
LSCMA	1×10^{-5}	1×10^{-3}	0.005	0.02	0.04
LES	6×10^{-5}	0.005	0.02	0.06	0.14
DFT	0.048	0.048	0.049	0.05	0.051

Tabela 3.b DF razmatranih algoritama u slučaju faznih modulacija

f [Hz]	DF TVE (0.3Hz)				
	0.1	1	2	3.5	5
LSCMA	10^{-6}	0.0003	0.001	0.004	0.003
LES	0.08	0.1	0.12	0.15	0.005
DFT	2×10^{-6}	0.0004	0.0015	0.005	0.009

Rezultati simulacija u slučaju kada se amplituda fundamentalne komponente mijenja po zakonu $1 + 0.1 \cos \omega t$ su prikazani u Tabelama 4.a i 4.b. U ovom primjeru LSCMA algoritam ima najveću tačnost, dok LES metod pokazuje najlošije performanse.

Tabela 4.a TVE razmatranih algoritama u slučaju amplitudskih modulacija

f [Hz]	Maksimalna vrijednost TVE (3%)				
	0.1	1	2	3.5	5
LSCMA	1×10^{-5}	0.0003	0.0006	0.001	0.002
LES	0.008	0.08	0.17	0.29	0.4
DFT	0.048	0.048	0.049	0.05	0.052

Tabela 4.b DF razmatranih algoritama u slučaju amplitudskih modulacija

f [Hz]	DF (0.3Hz)				
	0.1	1	2	3.5	5
LSCMA	0.0002	0.0015	0.003	0.055	0.078
LES	0.008	0.08	0.17	0.29	0.4
DFT	0.02	0.042	0.06	0.075	0.1

U tabelama 5.a i 5.b su prikazani rezultati simulacija u slučaju kada se frekvencija fundamentalne komponente mijenja po linearnom zakonu. U ovom primjeru najbolje performanse u pogledu estimacije i sinhrofazora i frekvencije pokazuje LSCMA metod.

Tabela 5.a Poređenje razmatranih algoritama u slučaju kada frekvencija linearno rasre

Nagib rampe	TVE (1%)				
	0.1	0.2	0.5	0.8	1
LSCMA	0.0008	0.006	0.016	0.025	0.035
LES	0.015	0.08	0.08	0.1	0.15
DFT	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

Tabela 5.b Poređenje razmatranih algoritama u slučaju kada frekvencija linearno raste

Nagib rampe	DF (0.05Hz)				
	0.1	0.2	0.5	0.8	1
LSCMA	0.0006	0.001	0.002	0.003	0.004
LES	0.002	0.004	0.01	0.015	0.04
DFT	0.005	0.008	0.011	0.02	0.03

Tabela 6. Poređenje razmatranih algoritama u slučaju kada dođe do nagle promjene amplitude

10% step	Amplituda			Frekv.
	Π (10%)	T_d (0.01s)	T_r (0.28s)	T_r (0.56s)
LSCMA	0.35%	0.002s	0.028s	0.0328s
LES	0.10%	0.0096s	0.022s	0.0240s
DFT	0.83%	0.006s	0.021s	0.0190s

Algoritmi za estimaciju sinhrofazora treba da imaju zadovoljavajući odziv i u slučaju kada dođe do step promjena u amplitudi. U tom smislu posmatraju se tri karakteristične veličine: preskok (Π), vrijeme kašnjenja (T_d) i vrijeme odziva (T_r), [2]. U tabeli 6 su date vrijednosti pomenutih veličina za razmatrane algoritme. Može se uočiti da svaki od algoritama zadovoljava specifikacije standarda. LES ima najmanji preskok, LSCMA najmanje vrijeme kašnjenja, a DFT metod najkraće vrijeme odziva.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predložen novi pristup za estimaciju sinhrofazora koji se bazira na transformaciji realnog sinusnog signala u kompleksni signal koristeći LSCMA algoritam. Koeficijenti transformacije se direktno koriste za estimaciju amplitude i frekvencije fazora, dok se na osnovu dobijenog kompleksnog signala vrši estimacija faze. Kod predloženog pristupa je potrebno izvršiti dodatno niskopropusno fitiranje napona i struja, kako bi se redukovao uticaj viših harmonika. Predloženi algoritam zadovoljava sve kriterijume IEEE standarda C37.118.1-2011. Rezultati simulacija pokazuju da LSCMA metod u većini simuliranih scenarija ima veću tačnost u odnosu na razmatrane algoritme.

LITERATURA

- [1] J. De La Ree, V. Centeno, J.S. Thorp, A.G. Phadke, "Synchronized Phasor Measurement Applications in Power Systems," *IEEE Trans. on Smart Grid*, vol.1, no.1, pp.20-27, June 2010.
- [2] *IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems*, IEEE Standard C37.118.1-2011 (Revision of IEEE Standard C37.118-2005).
- [3] D. Macii, D. Petri, and A. Zorat, "Accuracy analysis and enhancement of DFT-based synchrophasor estimators in off-nominal conditions," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 61, no. 10, pp. 2653–2664, Oct. 2012.
- [4] V. V. Terzija, M. B. Djuric, and B. D. Kovacevic, "Voltage phasor and local system frequency estimation using Newton type algorithm," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 9, no. 3, pp. 1368–1374, Jul. 1994.
- [5] M. S. Sachdev, H. C. Wood, and N. G. Johnson, "Kalman filtering applied to power system measurements for relaying," *IEEE Trans. Power Apparatus Syst.*, vol. 104, no. 12, pp. 3565–3573, Dec. 1985.
- [6] M. A. Platas-Garza and J. A. de la Serna, "Dynamic phasor and frequency estimates through maximally flat differentiators," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 59, no. 7, pp. 1803–1811, Jul. 2010.
- [7] J. A. de La, O. Serna, and M. A. Platas, "Maximally flat differentiators through WLS Taylor decomposition," *Digital Signal Process.*, vol. 21, no. 2, pp. 183–194, Mar. 2011.
- [8] S. Das, T. Sidhu, "A Simple Synchrophasor Estimation Algorithm Considering IEEE Standard C37.118.1-2011 and Protection Requirements," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol.62, no.10, pp.2704-2715, Oct. 2013.

MACHINE-TO-MACHINE KOMUNIKACIJA U LTE-ADVANCED MREŽAMA MACHINE-TO-MACHINE COMMUNICATIONS IN LTE-ADVANCED NETWORKS

Aleksandar Sošić, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je dat pregled, prikazana su poboljšanja i izazovi i opisan je način machine-to-machine (M2M) komunikacije u LTE-Advanced (LTE-A) mrežama. Naziv M2M komunikacija se koristi za opisivanje bilo koje tehnologije koja omogućava mrežnim uređajima da razmjenjuju informacije i izvršavaju radnje bez ljudske pomoći. Pri projektovanju LTE-A sistema jedan od ključnih djelova na koje se trebalo fokusirati je upravo bila M2M komunikacija.

Abstract: This paper presents an overview, shows improvements and challenges and describes the machine-to-machine (M2M) communication in LTE-Advanced (LTE-A) networks. Name of M2M communications is used to describe any technology that allows network devices to exchange information and execute actions without human assistance. During the development of LTE-A systems, one of the key parts that needed to be focused on was the M2M communication.

1. UVOD

M2M komunikacija se, kao što je već rečeno, definiše kao prenos podataka između uređaja bez ljudske interakcije. Neki od najvažnijih M2M servisa su bezbjednost, praćenje, plaćanje, daljinsko održavanje, monitoring i drugi. M2M komunikacija može se ostvariti na više načina, a neki od mogućih rješenja su žičana komunikacija (optički, kablovski, ADSL i dr.), lokalna bežična komunikacija (WLAN, Bluetooth i dr.), kao i korišćenje mobilne mrežne infrastrukture (GPRS, 3G, LTE-A, WiMAX i dr.) [1]. U ovom radu će se razmotriti pitanje komunikacije između M2M uređaja koji koriste LTE-A mrežnu infrastrukturu.

LTE-A je mobilni komunikacioni standard koji je evoluirao iz standarda *Long Term Evolution* (LTE) i razvijen je od strane *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) grupe. Pri projektovanju LTE-A sistema uzeti su u obzir i M2M zahtjevi koji su od velike važnosti za što bolju M2M komunikaciju, a najvažniji su da se obezbijedi niska cijena modema, što duži vijek trajanja baterije, unaprijeđena pokrivenost i kontrola zagušenja.

Mobilna mrežna infrastruktura se smatra spremnom za korišćenje i samim tim omogućava laku implementaciju uređaja kako bi se ostvarila M2M komunikacija. Međutim, M2M komunikacija putem mobilnih mreža postavlja velike izazove zbog različitih vrsta saobraćaja, različitih aplikacija i velikog broja priključaka. Da bi se ostvarila podrška velikog broja uređaja, arhitektura M2M sistema mora da bude veoma dobro projektovana i da ima veoma dobru spektralnu efikasnost. Mobilna komunikacija ima nekoliko prednosti kao što su globalna standardna infrastruktura, ekonomično povezivanje, jednostavna instalacija i održavanje, a naročito za kratkoročna raspoređivanja M2M aplikacija. U narednih nekoliko godina broj pametnih mjernih uređaja u tipičnoj urbanoj sredini se procjenjuje na desetine hiljada [2]. M2M aplikacije će moći da uključe veliki broj pametnih brojila, monitoring zdravstvenih uređaja i ostalog. Da bi se u potpunosti uspješno ostvarile ovakve mogućnosti,

standardizaciona tijela 3GPP i *Institute of Electrical and Electronics Engineering* (IEEE) stvaraju svoje radne grupe koje će da omogućе sve ovo kroz razna izdanja.

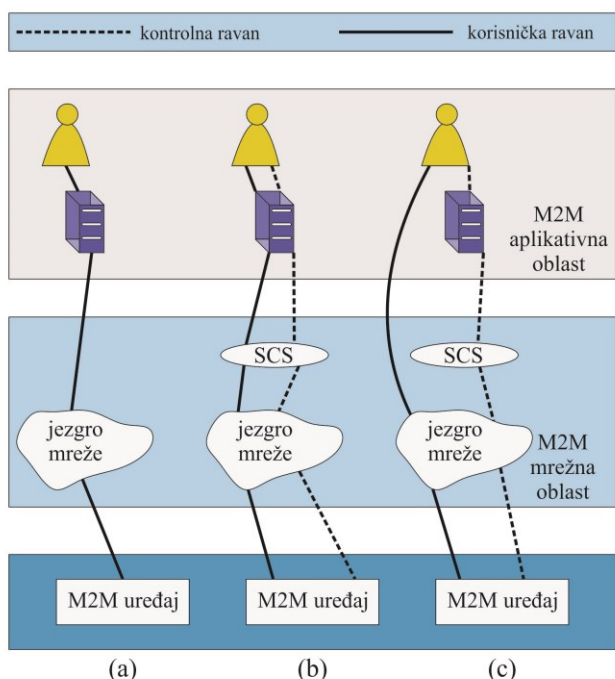
2. MREŽNA ARHITEKTURA ZA M2M KOMUNIKACIJU U LTE-A MREŽAMA

Za razliku od standardnih terminala koji se koriste u mobilnoj mreži, M2M uređaji zahtijevaju nešto drugačije karakteristike gledano iz ugla mobilnog operatera. Stoga, neophodno je obezbijediti optimizovanija rješenja za M2M aplikacije koje se koriste u mobilnim mrežama. Da bi se obezbijedila globalna integracija mora se kreirati mrežna *end-to-end* arhitektura za M2M komunikaciju. U ovom odeljku biće dat pregled M2M arhitekture koja se trenutno koristi u LTE-A mrežama.

M2M uređaji mogu biti stacionarni ili mobilni. Mobilne mreže nude odličnu pokrivenost, mobilnost, roaming podršku, veoma dobru bezbjednost i imaju infrastrukturu koja je već spremna za upotrebu. 3GPP je u mogućnosti da pruži različite usluge kako bi se ostvarila što bolja M2M komunikacija, omogućavajući različita arhitektonska poboljšanja, transport, kao i mogućnost upravljanja pretplatnicima, raspoređivanje i drugo. Postoji nekoliko načina koji mogu vršiti raspoređivanje u LTE-A mrežama kako bi se ostvarila M2M komunikacija [3], a u ovom radu će biti prikazana tri načina raspoređivanja, koja su takođe i ilustrovana na Slici 1, a to su:

- Direktni model - najjednostavnije raspoređivanje je direktni model, gdje se aplikativni server povezuje direktno sa mrežnim operaterom kako bi se ostvarila komunikacija sa M2M uređajima bez korišćenja servisa od bilo kog *Service Capability Server* (SCS);
- Indirektni model – model kod koga se aplikativni server povezuje indirektno sa mrežnim operaterom pomoću nekog SCS-a kako bi se iskoristile dodatne vrijednosti dodatnih servisa za M2M;

- Hibridni model – kod ovog modela aplikativni server koristi i direktni i indirektni model istovremeno, da bi mogao da se direktno poveže sa mrežnim operatorom kako bi obavio direktnu komunikaciju sa M2M uređajem, dok je indirektno povezan sa SCS-om.



Slika 1. Prikaz tri načina raspoređivanja: a) direktni; b) indirektni; c) hibridni.

SCS je server koji omogućava kompatibilnost servisa. SCS obezbeđuje *Application Program Interface* (API) kako bi omogućio različitim aplikativnim serverima da koriste kapacitete SCS-a. SCS može biti kontrolisan od strane *Home Public Land Mobile Network* (HPLMN) operatora ili od strane M2M servis provajdera. HPLMN identifikuje u kojoj *Public Land Mobile Network* (PLMN) mreži se nalazi profil pretplatnika. Na primjer, korisnici roaminga će dobiti pretplatničke informacije od HPLMN. SCS koristi pretplatničku bazu podataka kako bi autorizovao konekcije na *Tsp* referentnu tačku i locirao SCS *servicing node* kako bi mogla da se vrši kontrola i šalju podaci ka SCS-u. *Tsp* je interfejs koji je standardizovan od strane 3GPP grupe kako bi se omogućile usluge dodatnih servisa za M2M komunikaciju.

Da bi se podržao indirektni i hibridni model, jedna ili više instanci od *Machine Type Communication – InterWorking Function* (MTC-IWF) se mora nalaziti u HPLMN. MTC-IWF je funkcionalni entitet koji sakriva internu mrežnu topologiju PLMN i prevodi signalne protokole kako bi mogla da se pozove specifična funkcija u PLMN. MTC-IWF može biti samostalan entitet ili funkcionalni entitet od drugog mrežnog elementa. SCS se povezuje sa LTE-A mrežom preko MTC-IWF instance koja se nalazi u HPLMN da bi se ostvarila komunikacija sa M2M uređajima koji se koriste za komunikaciju. SCS može biti korišten od strane jedne li više M2M aplikacija. M2M uređaj može koristiti jednu ili više M2M aplikacija [4]. M2M aplikacije koje se nalaze u drugim mrežama su hostovane na jednom ili na više aplikativnih

servera. Interfejs između SCS i aplikativnih servera nije standardizovan od strane 3GPP, već su druge organizacije zadužene za standardizaciju API-a. Razvoj M2M API-a treba da omogući međusobnu komunikaciju svih uređaja i veći izbor aplikacija i samim tim neophodan je jedinstveni protokol koji je kompatibilan sa Internet Protocol (IP).

Dalje, da bi se ostvarila M2M komunikacija mogu se koristiti dva scenarija. Prvi scenario je da se ostvari komunikacija između M2M uređaja i jednog ili više M2M servera u aplikacionom domenu. U ovom scenariju M2M korisnik bi mogao upravljati sa velikim brojem uređaja kroz jedan ili više M2M servera. M2M serveri su podržani od strane operatora koji obezbeđuje API za M2M korisnike kako bi oni mogli da komuniciraju sa pomenutim serverima. Da bi se obezbijedila komunikacija između M2M uređaja i M2M servera, PLMN omogućava transakcije između gore pomenutih M2M servera i uređaja. PLMN mora obezbijediti autentifikaciju i autorizaciju za M2M uređaje prije nego što stupe u komunikaciju sa M2M serverima. Druga mogućnost je *peer-to-peer* model gdje bi M2M uređaji mogli da komuniciraju direktno bez M2M servera [5]. Komunikacija između M2M uređaja bi se mogla obavljati u mreži istog operatora, a takođe i između različitih operatora. Tako, unutrašnja komunikacija M2M uređaja može da se obavlja kako preko mobilne mreže tako i preko *ad-hoc* mreže.

3. M2M APLIKACIJE

Sa pojavom jeftinih senzora male snage i aktuatora, kao što je *Radio-Frequency Identification* (RFID), koji su sposobni da komuniciraju bežično korišćenjem standardizovanih interfejsa i protokola, povećava se sposobnost i omogućava se razvijanje velikog broja M2M aplikacija koje je moguće koristiti u LTE-A. Ovakve aplikacije će znatno poboljšati kvalitet života na poslu, kod kuće, na putovanjima. Aplikacije ovog tipa će biti moguće koristiti jer se svakodnevno radi na tome da se omogući da veliki broj M2M uređaja ostvari komunikaciju između sebe i da se međusobno razmjenjuju informacije iz različitih sredina gdje su ovakve aplikacije i raspoređene. M2M aplikacije se mogu podijeliti u nekoliko kategorija, a to su:

- *robotic applications* - robotika će omogućiti da se poveća kvalitet naših života kao i to da se sačuvaju troškovi i minimizira rasipanje resursa. U budućnosti, roboti će postati veoma inteligentniji i napredniji nego danas i biće umreženi sa drugim robotima i ostvarivaće komunikaciju. Roboti će u mnogim slučajevima zamijeniti čovjeka i moći će da izvršavaju razne zadatke. Roboti će omogućiti da se automobili kreću bez kontrole vozača, a veoma će biti zastupljene i bespilotne letjelice. Neke studije sprovedene od strane IEEE organizacije pokazuju da će do 2040. godine širom svijeta biti do 75% vozila koja će moći samostalno da se kreću bez ljudske pomoći;
- *information-ambient society* - u budućnosti obje tehnologije i M2M i *Big Data* će biti potrebne, a njihovim spajanjem će se dobiti futuristička platforma koja će pomoći u kreiranju pametnih zajednica i

pametnih gradova. *Big Data* predstavlja mogućnost upravljanja velikim količinama različitih podataka razumnom brzinom i u odgovarajućem vremenskom okviru da bi se omogućila analiza tih podataka u realnom vremenu [6]. Integracijom M2M sa *Big Data* dobiće se informaciono-ambijentalno društvo koje će evoluirati do granica da se stvore društva u kojima će mašine biti u mogućnosti da otkriju različita stanja pomoću svojih senzora;

- *security and public safety* - sigurnost i bezbjednost su jedan od najozbiljnijih problema kako za stambeno privatne, tako i za komercijalne i javne lokacije. M2M komunikacija se smatra idealnom za pojednostavljeno praćenje u cilju pružanja sigurnosti i bezbjednosti. M2M tehnologija će pružiti isplativ, brz i efikasan način za raspoređivanje, daljinski nadzor, daljinsko praćenje, lično praćenje i zaštitu javne infrastrukture;
- *intelligent transportation* - uz sve veći porast vozila na putu stvara se još jedno veliko tržište za M2M komunikacionu tehnologiju. Automobili, vozovi, avioni, motori i druga prevozna sredstva će biti opremljena sa M2M senzorima i aktuatorima. Zajednički naziv za takva prevozna sredstva je M2M komunikacioni entiteti. Roba koja se prevozi koristiće senzore kako bi se mogle poslati informacije M2M centrima koji prate saobraćaj i transportnim kompanijama koje bi u svakom momentu mogle da prate robu i vozila i da dostave klijentima informacije o tome gdje se njihova roba trenutno nalazi;
- *smart environment* - inteligentni sistemi, senzorske mreže i slično će značajno poboljšati kvalitet ljudskog života. Oni će biti bazirani na M2M komunikaciji i biće u stanju da prikupljaju, upravljaju i iskorišćavaju informacije kako bi se sprovela automatizacija u našem svakodnevnom životu. Pravljenjem takvih odluka, zasnovanim na informacijama u realnom vremenu, doprinosi se smanjenju troškova života, efikasnijem korišćenju prirodnih resursa i stoga bi se M2M komunikacija mogla koristiti svuda oko nas: u kućama, kancelarijama, industriji i ostalom okruženju [7];
- *e-Health* - M2M aplikacija koja može biti veoma korisna za zdravstvo, uključuje praćenje bolesnika, identifikaciju pacijenata, prikupljanje medicinskih podataka i ostalog;
- *environment monitoring* - ili monitoring životne sredine obuhvata praćenje biljaka, životinja, vazduha, zemljišta, vode. M2M komunikacija omogućiće da se uzimaju uzorci i da se prenose agencijama koje su zadužene za ta praćenja. Isto tako, kvalitet mesa, voća, povrća, mliječnih proizvoda je od suštinskog značaja za potrošače. M2M senzori mogu precizno da mjere temperaturu, vlažnost, svjetlost i da preko LTE-A infrastrukture šalju informacije M2M serverima kada god je to potrebno [8].

4. LTE-A PROŠIRENJA ZA M2M KOMUNIKACIJU

LTE-A proširenja za M2M komunikaciju su predstavljena u izdanjima *Release 11*, *Release 12*, a radi se i dalje na poboljšanjima koja će tek izaći u izdanjima *Release 13* koje će biti uskoro predstavljeno, kao i u *Release 14* [10]. Ova poboljšanja se bave pitanjima kontrole preopterećenja, omogućavanjem mrežne podrške za M2M uređaje, smanjenjem troškova uređaja, uštedom energije sa veoma dugim trajanjem baterije i poboljšanjem pokrivenosti [9]. 3GPP je standardizovao i u procesu je standardizacije karakteristika koje su prikazane u Tabeli 1. Najvažnije karakteristike obezbjeđuju to da LTE-A može da ispuni M2M zahtjeve jeftinih uređaja, sveprisutnu pokrivenost i ultra dugo trajanje baterije [11].

Tabela 1. Najvažnije karakteristike

Izdanja	Karakteristike
<i>Release 11</i> (2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ UE pokazatelj snage ▪ RAN kontrola preopterećenja
<i>Release 12</i> (2014)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ UE kategorija 0 ▪ režim uštede energije za UE ▪ UE informacije za podešavanje eNB parametara
<i>Release 13</i> (očekuje se u martu 2016)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ još niža složenost UE kategorije ▪ unapređenje pokrivenosti ▪ unapređenje uštede energije

Ključni uslov za podršku M2M komunikacije u LTE-A mrežama je omogućavanje dostupnosti jeftinih uređaja. Tipični LTE-A uređaji su dizajnirani da podrže širokopoljasne usluge. Najmanje sposoban LTE-A uređaj, poznat kao uređaj kategorije 1 (*UE Category-1*), ima dvije prijemne antene, RF propusni opseg od 20 Mhz, i podržava propusni opseg od 10 Mbps na *downlink*-u i 5 Mbps na *uplink*-u. U *Release 12* predstavljeni su uređaji sa još manjim mogućnostima. Ova kategorija uređaja se naziva i kategorija 0 (*UE Category-0*), i ima jednu prijemnu Rx antenu, smanjen prenos podataka na 1 Mbps i na *uplink*-u i na *downlink*-u, i može imati opcionalni polu-dupleksni režim rada [12].

U *Release 13* biće definisana i nova kategorija uređaja sa još nižom složenošću, s tim što će se smanjiti RF propusni opseg i na *uplink*-u i na *downlink*-u na 1,4 Mhz, a smanjiće se i maksimalna snaga prenosa. U *Release 13* takođe se razmatraju i tehnike za uštedu energije i za normalni i za prošireni režim pokrivenosti. Neke od tehnika koje se još razmatraju su i polu-dupleksne operacije, smanjenje kontrolnog kanala, poboljšanje pokrivenosti, a takođe će biti omogućeno to da M2M uređaji mogu da pošalju i informacije podrške o tipu saobraćaja i takve informacije bi pomogle da se mreža konfiguriše na odgovarajući način.

Ako gledamo kategoriju 1 kao osnovnu, od koje ćemo početi analizu, smanjenjem RF propusnog opsega na 1,4 Mhz obezbijediće se i smanjenje troškova za oko 39%. Smanjenjem prenosa podataka na 1 Mbps i ostavljanjem samo jedne RF antene smanjiće se i složenost za oko 59%. Dodatno, polu-dupleksne operacije koje će se uvesti smanjiće složenost za 7-10%, dok maksimalno smanjenje snage će obezbijediti manje troškove, 2-7%. Sve ove tehnike bi trebalo da obezbijede 69-76% smanjenja ukupnih troškova modema.

Dakle, cijena modema za uređaje kategorije 0 bi trebala da bude manja za oko 25% u odnosu na uređaje kategorije 1 [13].

5. IZAZOVI ZA M2M KOMUNIKACIJU

Podrška mnoštva raznovrsnih uređaja, kao i obima saobraćaja generisanog od strane tih uređaja je jedan od najvažnijih izazova za M2M komunikaciju. Neka istraživanja su pokazala da će do 2020. godine biti umreženo u komunikacione mreže preko 50 milijardi uređaja. Takvo povećanje M2M saobraćaja moglo bi dovesti do preopterećenja i stvoriti zagušenja koja bi dovodila do gubitaka paketa. Kako bi se obezbijedila sveprisutnost bežične veze za M2M uređaje, LTE-A uvodi heterogenu mrežu (HetNet) kao posebnu mrežnu arhitekturu za tu svrhu. Međutim, u LTE-A sa tim nije u potpunosti osigurano uspješno sprovođenje M2M komunikacije i još uvijek postoje neki problemi koje treba riješiti. LTE-A je kreiran za širokopolasne aplikacije, koje obezbjeđuju veći kapacitet *downlink*-a u odnosu na *uplink*, dok većina M2M aplikacija šalje i prima male količine podataka što dodatno dovodi do neopravdanog neiskorišćenja resursa zbog korišćenja protokola koji nije optimizovan. Tako, M2M saobraćaj bi mogao uzalud trošiti resurse ukoliko ne bi bio kreiran pažljivi plan za kontrolu saobraćaja u mreži.

Tržište M2M komunikacija je jedna od najaktivnijih oblasti za istraživanje. Istraživačke zajednice i standardizaciona tijela su u procesu rješavanja izazova za ostvarivanje što bolje komunikacije M2M uređaja. Istraživanja treba da se fokusiraju na pronalaženju načina za poboljšanje performansi, smanjenju energetske potrošnje i propusnog opsega, kao i na efikasniju upotrebu resursa. Takođe, neefikasna primopredaja, zbog velike mobilnosti, predstavlja problem i treba dodatno da bude ublažena. Stoga, kad god M2M uređaj može da se poveže na više različitih mreža, na primjer Wi-Fi i LTE-A, trebalo bi nastojati na tome da se takav scenario iskoristi kombinovanjem tehnika kao što su šeme za raspoređivanje prenosa podataka, a isto tako istražiti i tehnike koje efikasno smanjuju količinu podataka koja treba da se prenese, na primjer kompresija podataka, u cilju optimizacije ukupnih performansi. Takođe, mora se uzeti u obzir i potreba za niskom energijom i niskom latencijom. Postoji još mnoštvo otvorenih pitanja koja je potrebno na neki način riješiti prije nego što M2M sistemi zaista dosegnu predviđeno masovno korišćenje. Neke od glavnih tema o kojima treba voditi razgovore su:

- poslovni modeli i partnerstva u industriji;
- standardizacijske aktivnosti;
- sigurnost u M2M sistemima;
- identifikacija i adresiranje u M2M sistemima;
- regulatorski aspekti;
- mogućnosti samoupravljanja;
- upravljanje M2M sistemima.

6. ZAKLJUČAK

M2M komunikacija sa svojim sposobnostima pružanja različitih usluga i omogućavanjem korišćenja različitih

aplikacija smatra se za ključno poboljšanje LTE-A sistema, a takođe se očekuje da će održati sveprisutnost i u 5G sistemima. U ovom radu je dat pregled M2M arhitekture, M2M aplikacija, nekih najvažnijih proširenja za M2M, i dat je pregled nekih od ključnih izazova koji se postavljaju pred M2M komunikaciju. Dakle, govoreno je o poboljšanjima kao što su smanjenje troškova za uređaje, poboljšanjima pokrivenosti, uštedi energije i ostalom.

M2M komunikacija može da igra jednu od ključnih uloga u našim životima i da nam znatno poboljša kvalitet života. Kako bi se omogućila potpuna automatizacija u našem svakodnevnom životu potrebno je da se obezbijedi veza između svih M2M uređaja. Kako bi se implementirali M2M uređaji za svakodnevnu upotrebu najjednostavnije je iskoristiti LTE-A sisteme koji već imaju spremnu infrastrukturu za korišćenje širokopolasnih aplikacija i dodatnim poboljšanjima stvoriti od te takve infrastrukture i infrastrukturu za M2M komunikaciju.

LITERATURA

- [1] Zheng, K., Ou, S., Alonso-Zarate, J., Liu, F., and Zhu, H., "Challenges of Massive Access in LTE-Advanced Networks with Machine-to-Machine Communications," 12-18, 2014.
- [2] Vodafone, "RACH intensity of time controlled devices," 3rd Generation Partnership Project (3GPP), Sophia Antipolis Cedex, France, Tech. Rep. R2-102296, Apr. 2010.
- [3] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications," Jun. 2013.
- [4] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Service requirements for machine-type communications," Sophia Antipolis Cedex, France, Sep. 2012.
- [5] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), "Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications," 2012.
- [6] O. Shigeru, "M2M and big data to realize the smart city", NEC Tech. J., vol. 7, no. 2, pp. 67–71, Sep. 2012.
- [7] D. Niyato, L. Xiao, and P.Wang, "Machine-to-machine communications for home energy management system in smart grid," IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 4, Apr. 2011.
- [8] A. Dada and F. Thiesse, "Sensor applications in the supply chain", May 2008
- [9] 3GPP TR 23.887, "Study on Machine-Type Communications (MTC) and Other Mobile Data Applications Communications Enhancements," v.12.0.0, December 2013.
- [10] <http://www.3gpp.org/specifications/releases>
- [11] 3GPP TR 37.869, Study on Enhancements to Machine-Type Communications (MTC) and other Mobile Data Applications, v.12.0.0, March 2013.
- [12] Ratasuk, R., Zhang, Y., Lei, D., Mangalvedhe, N., and Ghosh, A, "Coverage Enhancement for M2M Communications using LTE," 2014.
- [13] "4G Americas Cellular Technologies Enabling the IoT White Paper" – November, 2015.

KONTROLABILNI STRUJNI POJAČAVAČ U CMOS TEHNOLOGIJI OPTIMIZOVAN ZA PRIMJENE U OPTO-ELEKTRONSKIM INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIM TEHNOLOGIJAMA

CMOS CONTROLLABLE CURRENT AMPLIFIER OPTIMIZED FOR OPTO-ELECTRONIC INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Alija Dervić, Nikša Tadić, Milena Erceg, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu predstavljen je naponom kontrolisan strujni pojačavač u CMOS tehnologiji čiji se rad bazira na otpornom ogledalu. Prikazani strujni pojačavač je namijenjen za rad u opto-elektronskim sistemima koji se koriste u informaciono-komunikacionim tehnologijama. Naponom kontrolisan strujni pojačavač je realizovan u diskretnoj tehnici, sa naponom napajanja od 2.1 V. Izmjereni dinamički opseg pojačanja iznosi 53.6 dB, dok simulacije pokazuju da se frekventni opseg kreće od 10 MHz do 120 MHz.

Abstract: Resistive-mirror based CMOS voltage-controlled current amplifier is presented in this paper. Proposed current amplifier is intended for opto-electronic systems which are used in information and communication technologies. It has been realised using discrete components with a supply voltage of 2.1 V. Measured gain dynamic range is 53.6 dB, while simulated frequency bandwidth is between 10 MHz and 120 MHz.

1. UVOD

Strujno procesiranje dobija na značaju 1968. godine, sa pojavom Wilson-ovog strujnog ogledala, strujnih prenosnika i translinearne petlje sa bipolarnim tranzistorima. Iako je naponsko procesiranje i dalje dominantan pristup, analogna obrada signala (kao osnova za digitalnu obradu signala) u strujnom domenu postaje nezamjenljiva u određenim oblastima elektronike. To se prije svega odnosi na one oblasti u kojima osnovni gradivni elementi imaju ulazne veličine u strujnom domenu, kao što je slučaj, npr., u optoelektronici.

Osnov svake analogne obrade signala je pojačavanje signala. Poseban kvalitet pojačavačkih kolima daje svojstvo kontrolabilnosti. Pod pojmom kontrolabilni pojačavač podrazumijeva se pojačavačko kolo čije se pojačanje može mijenjati promjenom određenog parametra, najčešće promjenom kontrolnog napona ili kontrolne struje. Kontrolabilni strujni pojačavač predstavlja osnovni gradivni element jedne klase optičkih prijemnika [1]. Sa druge strane, optički prijemnici predstavljaju sastavni dio sistema za prenos podataka optičkim putem. Prenos podataka koji se danas obavlja posredstvom optičkih kablova iznosi blizu 80% cjelokupnog internet saobraćaja [2], što predstavlja jak motiv za rad na unapređenju karakteristika strujnih pojačavača.

Zahvaljujući translinearnim petljama [1], kontrolabilni strujni pojačavači u bipolarnoj tehnologiji imaju značajno bolje karakteristike u odnosu na kontrolisane strujne pojačavače u CMOS tehnologiji. Međutim, zbog manjih troškova proizvodnje koje zahtijeva CMOS u odnosu na bipolarnu tehnologiju, istraživački rad u oblasti kontrolabilnih strujnih pojačavača u CMOS tehnologiji sve više dobija na značaju.

2. KONTROLABILNI STRUJNI POJAČAVAČ

2.1 Otporno ogledalo

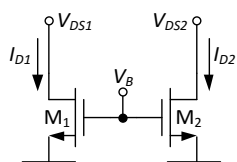
Otporno ogledalo [3] prikazano je na slici 1. Otpornost kanala MOSFET-ova definisana je kao odnos napona drejnors i struje drejna koja protiče kroz MOSFET-ove. Otpornosti R_{DS1} i R_{DS2} otpornog originala M_1 i otpornog lika M_2 , redom, biće jednake ako su oba MOSFET-a identičnih karakteristika, i ako su oba MOSFET-a u omskom režimu rada. Matematički model koji opisuje rad otpornog ogledala dat je sljedećom relacijom:

$$R_{DS1} = R_{DS2} \Rightarrow \frac{V_{DS1}}{I_{D1}} = \frac{V_{DS2}}{I_{D2}} \quad (1)$$

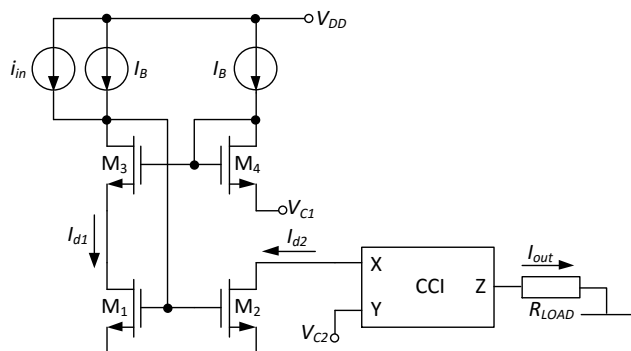
gdje je V_{DS1} napon drejnors MOSFET-a M_1 , V_{DS2} napon drejnors MOSFET-a M_2 , I_{D1} struja drejna MOSFET-a M_1 i I_{D2} struja drejna MOSFET-a M_2 .

2.2 Princip rada

Blok šema strujnog pojačavača prikazna ja na slici 2. Otporno ogledalo koga čine MOSFET-ovi M_1 i M_2 predstavlja bazni dio strujnog pojačavača. Preko polarizacionog strujnog izvora koji generiše struju I_B i kola za transfer kontrolnog napona V_{C1} , koga čine MOSFET-ovi M_3 i M_4 koji rade u režimu zasićenja, vrši se polarizacija gejtova MOSFET-ova M_1 i M_2 . Za transfer kontrolnog napona V_{C2} koristi se naponski *follower* u sklopu strujnog prenosnika prve generacije CCI [1], na čiji Y priključak se dovodi kontrolni napon V_{C2} .



Slika 1. Otporno ogledalo



Slika 2. Blok-šema kontrolabilnog strujnog pojačavača

Strujni izvor I_B realizovan je preko *wide-swing* strujnog ogledala. Iste struje protiču kroz MOSFET-ove M_3 i M_4 , i na taj način se obezbeđuje prenos kontrolnog napona V_{C1} na drejn MOSFET-a M_1 . Kontrolni napon V_{C2} se preko naponskog *follower*-a u sklopu strujnog prenosnika prve generacije CCI prenosi na drejn MOSFET-a M_2 . Pored toga što obavlja prenos kontrolnog napona V_{C2} , strujni prenosnik prve generacije CCI obavlja i ulogu izlaznog stepna. Struja koja teče kroz X priključak strujnog prenosnika prve generacije CCI se preko strujnog *follower*-a prenosi na Z priključak i ujedno predstavlja izlaznu struju I_{out} . Strujni *follower* u sklopu strujnog prenosnika prve generacije CCI konstruisan je kao dvoizlazno *wide-swing* strujno ogledalo [1].

Podrazumijevajući da se MOSFET-ovi M_1 i M_2 nalaze u omskom režimu rada, na osnovu relacije (1) dobija se da je izlazna struja I_{out} strujnog pojačavača prikazanog na slici 2 data sljedećim izrazom:

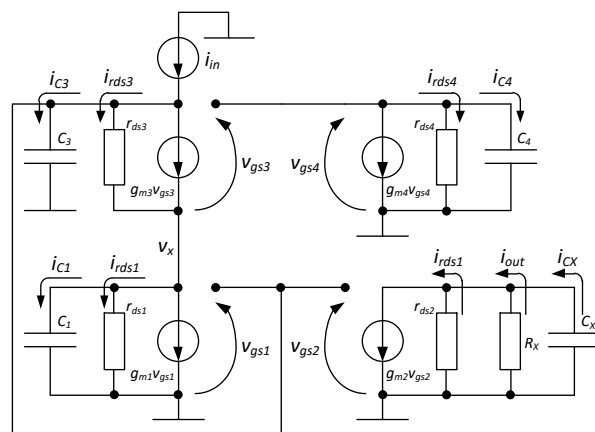
$$I_{out} = \frac{V_{C2}}{V_{C1}} I_{d1} \quad (2)$$

Jasno je da se promjenom odnosa kontrolnih napona V_{C2} i V_{C1} mijenja strujno pojačanje predloženog strujnog pojačavača.

Osnovni režim rada predstavljenog strujnog pojačavača jeste režim pojačanja, kada su oba MOSFET-a u sklopu otpornog ogledala M_1 i M_2 u omskoj oblasti. Takođe, predstavljeni dizajn može da se koristi i kao oslabljivač. Pored osnovnog pojačavačkog režima, strujni pojačavač može da obavlja pojačanje kada je MOSFET M_2 u oblasti zasićenja.

2.3 Analiza frekventnih karakteristika pojačavača

Na slici 3 prikazan je model za male signale kontrolabilnog strujnog pojačavača. Na osnovu ovog modela dobija se prenosna karakteristika strujnog pojačavača:



Slika 3. Model za male signale kontrolabilnog strujnog pojačavača

$$A_i(s) = \frac{i_{out}}{i_{in}} = \frac{r_{ds2}}{R_x + r_{ds2}} \frac{(1 + g_{m3}r_{ds1})g_{m2}}{r_{ds1}C_1C_3} \cdot \frac{1 + s \frac{r_{ds1}C_1}{1 + g_{m3}r_{ds1}}}{s^2 + s \frac{1 + g_{m3}r_{ds1}}{r_{ds1}C_1} + \frac{g_{m1}g_{m3}}{C_1C_3}} \quad (3)$$

gdje je: r_{ds1} izlazna otpornost MOSFET-a M_1 , r_{ds2} izlazna otpornost MOSFET-a M_2 , R_x ulazna otpornost strujnog prenosnika prve generacije, g_{m1} transkonduktansa MOSFET-a M_1 , g_{m2} transkonduktansa MOSFET-a M_2 , g_{m3} transkonduktansa MOSFET-a M_3 , C_1 ekvivalentna kapacitivnost drejna MOSFET-a M_1 i C_3 ekvivalentna kapacitivnost drejna MOSFET-a M_3 . Frekvencija pola uzrokovanog ulaznom otpornošću R_x i kapacitivnošću C_x strujnog prenosnika prve generacije CCI dovoljno je velika da se njegov uticaj može zanemariti. Prirodna učestanost ω_0 i faktor Q prenosne karakteristike $A_i(s)$ (3) dati su kao:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m3}}{C_1C_3}} \quad (4)$$

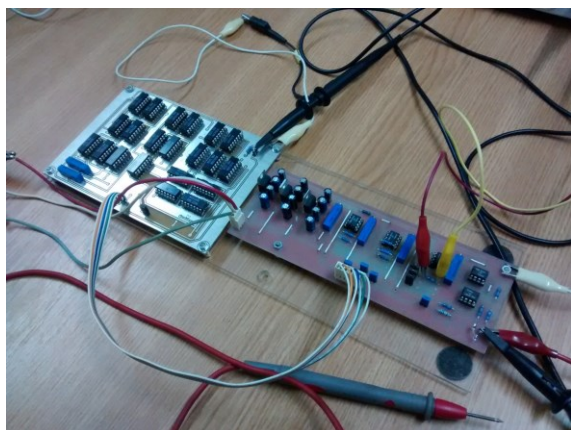
$$Q = \frac{r_{ds1}}{1 + g_{m3}r_{ds1}} \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m3}C_1}{C_3}} \quad (5)$$

Strujno pojačanje A_i za male frekvencije izražava se kao:

$$A_{i0} = A_i(s=0) = \frac{g_{m2}}{g_{m1}} \frac{1 + r_{ds1}g_{m3}}{r_{ds1}g_{m3}} \frac{r_{ds2}}{r_{ds2} + R_x} \quad (6)$$

Ukoliko MOSFET-ovi M_1 i M_2 rade u omskom režimu, strujno pojačanje A_{i0} za male frekvencije izražava se kao:

$$A_{i0} = \frac{\beta_2}{\beta_1} \frac{V_{DS2}}{V_{DS1}} \frac{V_{DS1}}{V_{DS1} + R_x I_B} \left(1 + \frac{\sqrt{I_B}}{V_{DS1} \sqrt{2\beta_3}} \right) \quad (7)$$



Slika 4. Realizacija kontrolabilnog strujnog pojačavača u diskretnoj tehnici (lijeva štampana pločica), eksitacioni sistem (desna štampana pločica)

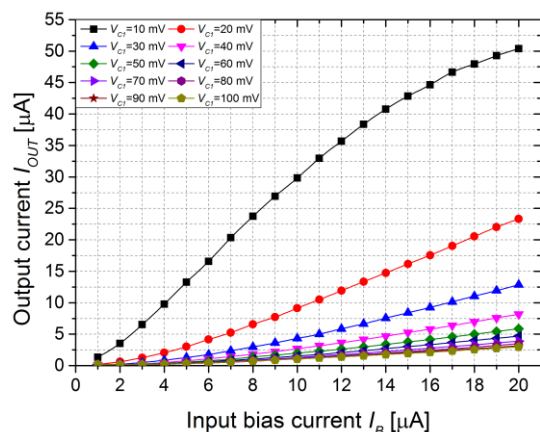
Ukoliko MOSFET M_2 radi u oblasti zasićenja, strujno pojačanje A_{i0} za male frekvencije zadovoljava relaciju:

$$A_{i0} = \frac{2\beta_2}{\beta_1^2 V_{DS1}^2} \left(1 + \frac{\sqrt{I_B}}{V_{DS1} \sqrt{2\beta_3}} \right) I_B \quad (8)$$

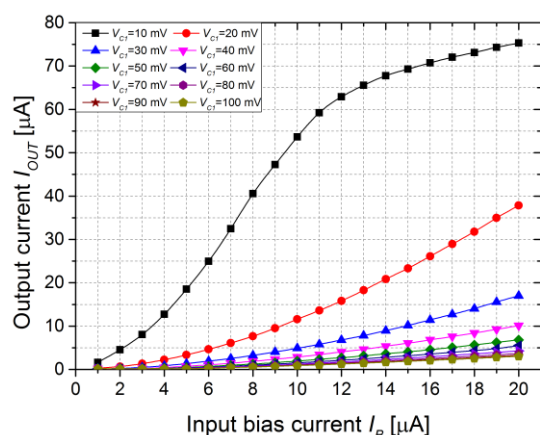
3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U ovom dijelu prikazani su postignuti rezultati predstavljenog strujnog pojačavača u diskretnoj tehnici. Za realizaciju kontrolabilnog strujnog pojačavača u diskretnoj tehnici korišćena su integrisana kola ALD1106 i ALD1107 koja sadrže po 4 n-kanalna, odnosno, p-kanalna MOSFET-a identičnih karakteristika. Takođe, rad predloženog kontrolabilnog CMOS strujnog pojačavača simuliran je korišćenjem softverskog paketa SPICE sa MOSFET modelom BSIM3v3 za TSMC 0.35 μm CMOS tehnologiju, koji je dobijen od strane MOSIS-a. Na slici 4 prikazan je prototip realizovan u diskretnoj tehnici.

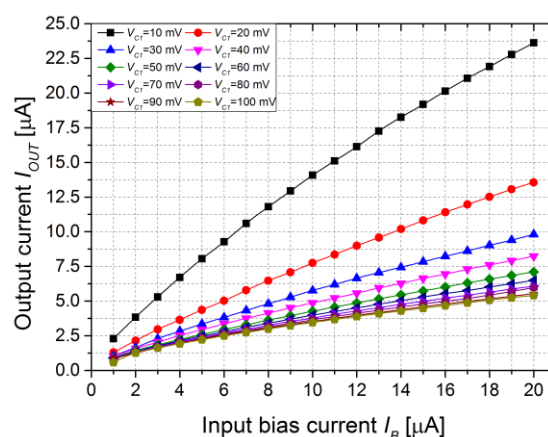
U cilju smanjenja napona napajanja strujnog pojačavača izvršena je paralelizacija MOSFET-ova. Zahvaljujući paralelizaciji MOSFET-ova postigao se veći faktor pojačanja β . Realizovan je sistem za testiranje koji se sastoji od: stabilisanog napona za napajanje strujnog pojačavača, polarizacionih napona, kontrolnih napona V_{C1} i V_{C2} , kao i jednosmjernog strujnog izvora koji generiše polarizacionu struju I_B . Napon napajanja strujnog pojačavača koji je postignut u diskretnoj realizaciji iznosi 2.1 V, što je blisko minimalnom naponu napajanja prikazanog u tehničkoj dokumentaciji [4] koji iznosi 2 V. Takođe, jednosmjerna polarizaciona struja I_B iznosi 10 μA . Korišćeni MOSFET-ovi su optimizovani za struje drejna reda mA, što omogućava maksimalni frekventni opseg od 30 MHz. Uzimajući u obzir ostvareni napon napajanja i struju polarizacije, frekventni opseg u diskretnoj tehnici se kreće u opsegu od svega nekoliko desetina kHz. U rezultatima simulacija pokazuje se da je frekventni opseg strujnog pojačavača u integrisanoj tehnologiji između 10 MHz i 120 MHz, u zavisnosti od vrijednosti pojačanja. Maksimalni proizvod strujnog pojačanja i propusnog opsega postignutog u simulacijama



Slika 5. Jednosmjerna prenosna karakteristika kontrolabilnog strujnog pojačavača kada oba MOSFET-a u sklopu otpornog ogledala rade u omskom režimu, pri čemu je $V_{C2}=100\text{ mV}$



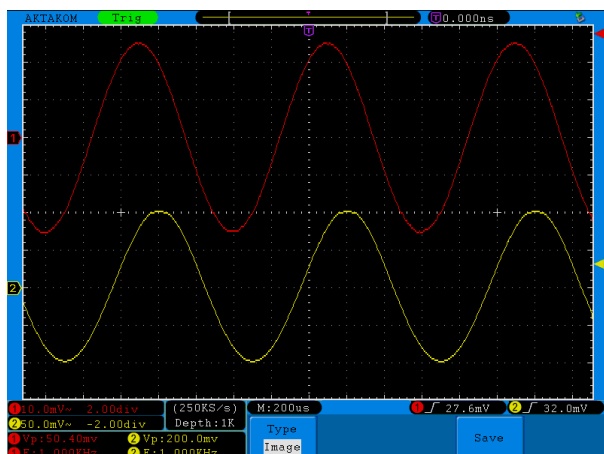
Slika 6. Jednosmjerna prenosna karakteristika kontrolabilnog strujnog pojačavača kada MOSFET M_2 radi u režimu zasićenja, pri čemu je $V_{C2}=250\text{ mV}$



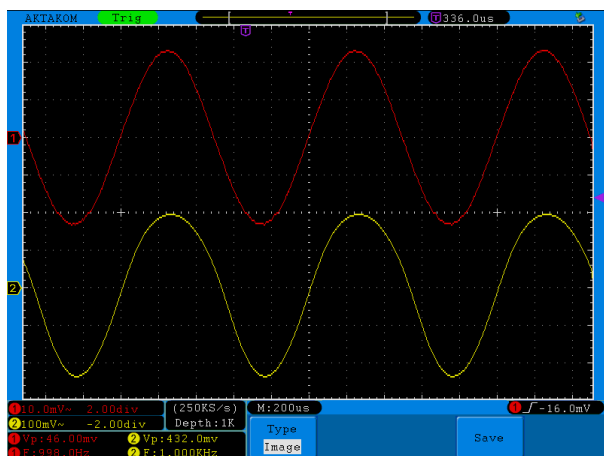
Slika 7. Jednosmjerna prenosna karakteristika kontrolabilnog strujnog oslabljivača, pri čemu je $V_{C2}=10\text{ mV}$

iznosi 1.05 GHz, što je 4.5, 5.8, 21.8 puta više nego u [6], [9], [5], redom.

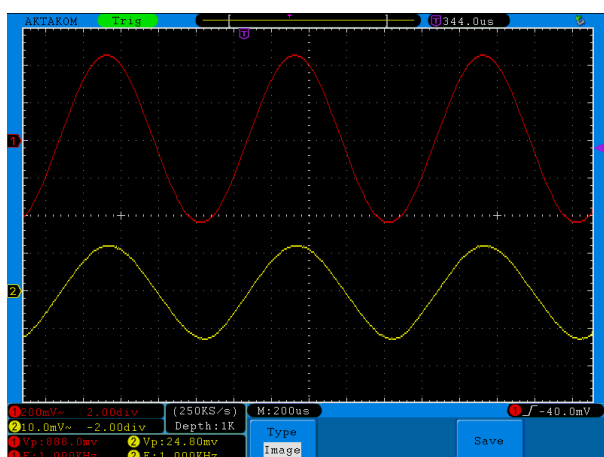
Na slikama 5-7 prikazane su jednosmjerne karakteristike zavisnosti izlazne struje od ulazne struje, pri različitim



Slika 8. Vremenski odziv strujnog pojačavača (MOSFET-ovi M_1 i M_2 u se nalaze omskom režimu). Parametri: $I_B=10 \mu\text{A}$, $V_{C2}=100 \text{ mV}$, $V_{C1}=10 \text{ mV}$, $A_f=32 \text{ dB}$



Slika 9. Vremenski odziv kontrolabilnog strujnog pojačavača (MOSFET M_2 u zasićenju). Parametri: $I_B=10 \mu\text{A}$, $V_{C2}=250 \text{ mV}$, $V_{C1}=10 \text{ mV}$, $A_f=39 \text{ dB}$



Slika 10. Vremenski odziv kontrolabilnog strujnog oslabljivača. Parametri: $I_B=10 \mu\text{A}$, $V_{C2}=10 \text{ mV}$, $V_{C1}=100 \text{ mV}$. $A_f=-11 \text{ dB}$

režimima rada, za različite vrijednosti pojačanja. Na slikama 8-10 predstavljen je vremenski odziv strujnog pojačavača pri

prostioperiodičnoj pobudi. Na ovim slikama crvena linija predstavlja ulazni, dok žuta linija predstavlja izlazni signal.

Predstavljeni kontrolabilni strujni pojačavač ima najveći dinamički opseg pojačanja (odnos maksimalnog i minimalnog pojačanja) do sada ostvaren u CMOS tehnologiji. Izmjereni dinamički opseg u diskretnoj tehnici iznosi 53.6 dB (478.6), što je 2.4, 2.85, 19, 30.2, 120.2 puta više nego u [7], [9], [6], [5], [8], redom. Simulacije u integrisanoj tehnologiji se veoma dobro poklapaju sa izmjerenim dinamičkim opsegom.

4. ZAKLJUČAK

Predstavljen je naponom kontrolisan strujni pojačavač realizovan u CMOS tehnologiji. Princip rada bazira se na otpornom ogledalu. Izmjereni rezultati na prototipu realizovanom u diskretnoj tehnici pokazuju veoma dobre performanse koje su u skladu sa matematičkim modelima. Realizacijom ovog dizajna u integrisanim CMOS tehnologijama sa minimalnom dimenzijom manjom od 100 nm ostvarile bi se frekventne karakteristike koje odgovaraju zahtjevima u savremenim opto-elektronskim informaciono-komunikacionim tehnologijama.

LITERATURA

- [1] N. Tadić at al., "A 78.4 dB Photo-Sensitivity Dynamic Range, 285 TQHz Transimpedance Bandwidth Product BiCMOS Optical Sensor for Optical Storage Systems," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 46, no. 5, pp. 1170-1182, March 2011.
- [2] V. Alwayn, *Optical Network Design and Implementation*, Cisco Press, March 2004.
- [3] N. Tadić, "Resistive mirror-based voltage controlled resistor with generalized active devices," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 47, no. 2, pp. 587-591, April 1998.
- [4] "Quad/Dual N-channel matched pair MOSFET array," Advanced Linear Devices, Inc. (Revised 2012). [Online]. Available: <http://www.aldinc.com/pdf/ALD1116.pdf>
- [5] F. Esparza-Alfaro at al., "Low-Power Class-AB CMOS Voltage Feedback Current Operational Amplifier With Tunable Gain and Bandwidth," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 61, no. 8, pp. 574-578, May 2014.
- [6] J. De Lima, "A low-voltage programmable-gain current-mode amplifier," *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, vol. 41, pp. 147-157, December 2004.
- [7] K. Kaewdang at al., "A design of CMOS tunable current amplifiers," *IEEE International Symposium on Communications and Information Technology ISCIT 2004*, vol. 1, pp. 519-522, October 2004.
- [8] C.A. De La Cruz-Blas, at al., "A $\pm 0.75\text{-V}$ Compact CMOS Class-AB Current-Mode Exponential Variable Gain Amplifier," *IEEE Trans. on Circuits and Systems II*, vol. 54, no. 12, pp. 1042-1046, December 2007.
- [9] Z. Wang, "Two CMOS large current-gain cells with linearly variable gain and constant bandwidth," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I*, vol. 39, no. 11, pp. 1021-1024, December 1992.

ZAVISNOST PERFORMANSI PRENOSA SLIKE POŽARA KROZ RICEAN FSO KANAL OD INDEKSA SCINCILACIJE

DEPENDENCE OF PERFORMANCE FSO TRANSMISSION ON IMAGE FIRE DETECTION OVER RICEAN TURBULENCE CHANNELS OF ON SCINCILACION INDEX

Milan Mišić, Bojan Prlinčević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Zvečan*
Stefan Panić, *Prirodno-matematički fakultet Priština sa sedištem u Kos. Mitrovici*
Petar Spalević, *Fakultet tehničkih nauka, Priština sa sedištem u Kos. Mitrovici*
Bojana Milosavljević, *Univerzitet Singidunum, Beograd*

Sadržaj: U ovom radu izvršena je analiza zavisnosti performansi prenosa slike požara putem Ricean turbulentnog FSO kanala u zavisnosti od scincilacije, prečnika otvora aperture i dužine linka propagacije. U prvom delu rada predstavljen je algoritam za detekciju požara u slici i algoritam za simulaciju prenosa slike FSO kanalom. Izvršena je analiza performansi prenosa i scincilacionog indeksa. Na kraju je grafički prikazana zavisnost scincilacionog indeksa u odnosu na parametre, prečnika otvora aperture i dužinu linka propagacije. Dobijeni rezultati prikazani su grafički.

Abstract: In this paper performance analysis of FSO transmission of fire detection image over Ricean turbulence channel was carried out. System performances are observed as the function of system parameters such as scintillation index, aperture diameter and propagation link range. First algorithm for image fire detection was observed. Further algorithm for FSO transmission over Ricean turbulence channel was presented. Capitalizing on obtained simulation and numerical results, graphical presentation of the dependence of scintillation index on system parameters such as aperture diameter and propagation link range is given.

1. UVOD

Nepažnjom i neblagovremenom detekcijom požara godišnje u požaru izgore velika prostranstva šuma [1]. Rana detekcija i suzbijanje šumskih (i drugih požara) su od presudnog značaja da se uništenje svede na minimum [2]. U cilju što efikasnijeg praćenja i otkrivanja požara na velikim prostranstvima postoje mnogi konvencionalni sistemi za detekciju i monitoring uglavnom zasnovani na principu detekcije požara putem senzora [3]. Usled brzog razvoja digitalnih tehnologija javila se tendencija da konvencionalne tehnike za detekciju (zasnovane na sensorima, termometrima i dr.) budu zamenjene kompjuterskim sistemima za detekciju požara zasnovanim na digitalnoj obradi slike [3]. Detekcija požara u slici se vrši razlaganjem slike na piksele i klasifikacijom piksela. U literaturi je poznato više algoritama za detekciju požara u slici. Algoritmi za detekciju požara u slici baziraju se na razlaganju slike na RGB odnosno YCbCr komponente. Neki od algoritama za detekciju požara u slici prezentovni su u radovima [4]-[7]. Algoritam za detekciju požara predstavljen u radu [7] predstavlja algoritam sa veoma visokom efikasnošću detekcije požara u slici.

Daljinsko nadgledanje predstavlja jedan od najčešće korišćenih alata za efikasno istraživanje i upravljanje šumskim prostranstvima [8]. Ubzani razvoj elektronike, informatike i digitalnih tehnologija omogućio je kompjuterski podržano daljinsko nadgledanje koje je predstavlja odgovarajuću zamenu za konvencionalno praćenje i detekciju šumskih požara [9]. Postojeći sistemi za daljinsko praćenje i detekciju šumskih požara mogu se grupisati u tri kategorije: sistemi za zasnovani na zemaljskim tehnikama, sistemi zasnovani na principu praćenja iz vazduha bespilotnim letelicama i sistemi za praćenje

putem satelita [10]. Kod sva tri navedena sistema za nadgledanje i detekciju požara potrebno je da se informacija sa mesta nadgledanja prenese do mesta detekcije. Vrlo pogodan način za prenos slike (informacije) požara od mesta zaštite do mesta za detekciju je putem FSO (*engl.* Free Space Optical) kanala.

Upotreba FSO bežičnih optičkih sistema za prenos podataka, koja u poslednje vreme postaje sve intenzivnija, ima značajne prednosti u odnosu na prenos podataka putem radio frekvencije (RF). Veliku praktičnu primenu FSO sistemi za komuniaciju, takođe, nalaze i u kombinovanoj primeni FSO i RF komunikacionih sistema, uz upotrebu FSO prenosa kod "last mile" konekcije. Prednosti FSO sistema u odnosu na RF sisteme su: usmerenost snopa signala, otpornost na elektromagnetne smetnje, odsustvo ko-kanalne interferencije, slobodna Frenselova zona, mogućnost duplex prenosa, jednostavna praktična realizacija, dozvoljen prenos i upotreba spektra bez licence. Jedna od najvećih prednosti FSO sistema jeste mogućnost emitovanja velike prenosne snage signala, a da takvo emitovanje zahteva značajno nižu cenu i kraće vreme potrebno za instalaciju sistema [11]. Iz tog razloga FSO sistemi nalaze sve značajniju primenu u raznim sferama [12],[13]. Međutim, pored velikih prednosti, FSO sistemi za prenos podataka imaju i male nedostatke kao što su: 1) usmeravanje je teže 2) može se javiti značajno rasejanje signala i slabljenje usled uticaja atmosferskih faktora (gasovi, aerosoli, kiša, magla dim...), koji utiču da se svetlosni zrak priguši i raseje. Pri dobrim atmosferskim uslovima ostvarljive su znatno veće dužine dometa linkova. Usled atmosferskih promena, dolazi do promena u atmosferskim indeksima prelamanja duž linka optičkog signala. Atmosferske turbulencije i njihov uticaj na

propagaciju optičkog FSO linka opisani su detaljno u [13]-[15]. Promene, vremenske i prostorne, oscilacije svetlosnog snopa, nastale usled varijacija indeksa prelamanja uzrokovanih atmosferskim turbulencijama, manifestuju se kao promena nivoa primljenog signala. Ova pojava poznata je kao FSO feding ili scincilacija [16]. Indeks iradijacije scincilacije je važan parametar koji se koristi da bi se odredili efekti turbulencije indukovane scincilacijom na FSO sisteme. Scincilacioni indeks je intenzivno proučavan u radu [16].

Brzina prenosa podataka tipičnim FSO linkom kreće se od nekoliko Gb/s, a u skorije vreme čak i do 30 Gb/s. Trajanje tipičnog FSO fedinga iznosi i do nekoliko ms, što pri velikim brzinama prenosa može uzrokovati da veliki broj uzastopnih bitova bude netačno prenešen ili čak i potpuno izgubljen, usled čega će prijemni signal biti značajno oslabljen, i javlja se veća greška na prijemu BER (*engl.* Bit Error Rate). Da bi se precizno modelovao i predvidele performanse FSO linka u posmatranim atmosferskim prilikama, od suštinskog je značaja statističko modelovanje promene atmosferske turbulencije. Veoma rasprostranjeni modeli turbulencije, koji obezbeđuju odličnu vezu između teorijskih i eksperimentalnih podataka su Log-normalni model, K model [17] i Gamma-Gamma model raspodele [13]. U radu [14] prikazana je upotreba Rician modela za modelovanje kombinovanih efekata turbulencije uzrokovanih faznim pomerajem i amplitudnim fluktuacijama pri analizi performansi rada FSO sistema. Isti model je korišćen i u radu [15] za analizu performansi koherentnih FSO sistema sa većim brojem prijemnika. Rician model se razmatra zbog svoje generalnosti, jer je moguće, na osnovu podešavanja vrednosti parametra K u ovom generalnom modelu propagacije, modelovati različite nivoe uticaja scincilacije, pa i granične slučajeve odsustva scincilacije, i uticaja izrazito jake scincilacije.

Algoritmi za detekciju požara, kao i efikasnost sistema za prenos podataka (slike) u velikoj meri određuju i uspešnost u detekciji požara. U ovom radu je analiziran jedan od algoritama za detekciju požara u slici koji za detekciju požara u slici koristi analizu slike u boji. Proces za detekciju požara podrazumeva analizu vrednosti osvetljenosti i hrominantnih karakterisitka svakog piksela i u skladu sa time klasifikaciju piksela požara.

U ovom radu izvršena je analiza performansi slike u boji prenesene putem Rician FSO linka. Rad je organizovan na sledeći način: u sekciji 2 opisan je algoritam za detekciju požara i Rician FSO model kanala. u sekciji 3 prikazani su dobijeni rezultati i analiza performansi. Zaključak je dat u sekciji 4.

2. SISTEM MODEL

Primljeni FSO signal može se predstaviti pomoću izraza:

$$E_r(t, r) = u_s(t) \exp(j2\pi f_c t + \theta(t)) \exp[\chi(r) + j\phi(r)] \quad (1)$$

gde r predstavlja položaj vektora na polju prijemnog otvora, f_c noseća frekvencija optičkog prenosa i $u_s(t)\exp(j\theta(t))$ predstavlja kompleksnu anvelopu modulacije signala. Izrazi $\chi(r)$ i $\theta(r)$ opisuju turbulenciju indukovanu amplitudnom oscilacijom i varijacijom u fazi kanala.

Na prijemniku fotodetektora FSO signal ima oblik:

$$y_r(t) = x_r(t) + n_r(t) \quad (2)$$

gde je $n_r(t)$ signal AWGN šuma (*engl.* Additive White Gaussian Noise) sa nultom srednjom vrednošću i varijansom:

$$\sigma_n^2 = \frac{B_s e^2 \eta \pi}{2hf_c} A^2 D^2 \quad (3)$$

gde e predstavlja naelektrisanje elektrona, h označava Plankovu konstantu, η predstavlja efikasnost fotodetektora, B_s predstavlja propusni opseg signala, D je prečnik prijemnog otvora i A je amplituda polja lokalnog oscilatora (LO) na demodulatoru.

Deo signala koji nosi informaciju može se predstaviti u obliku:

$$x_r(t) = \frac{e\eta\pi}{2hf_c} AD^2 u_s(t) \text{Re}\{\alpha \exp(j2\pi f_{IF}t + \theta_{IF}(t))\} \quad (4)$$

gde $f_{IF}=f_c-f_{LO}$ predstavlja ekvivalentnu frekvenciju signala i α predstavlja efikasnost modelovanja fedinga FSO kanala.

Kao što je prikazano u radovima [14], [15] u cilju modelovanja efekta turbulencije indukovanih amplitudnim fluktuacijama i faznim odstupanjima, funkcija gustine verovatnoće PDF (Probability Density Function) promene amplitude FSO signala pod uticajem scincilacije modelovane Rician-ovom distribucijom, data je pomoću:

$$f_\alpha(\alpha) = \frac{2\alpha(1+K)}{\alpha^2} e^{-K-(1+K)\alpha^2/\bar{\alpha}^2} I_0\left(2\alpha\sqrt{\frac{K(1+K)}{\alpha^2}}\right) \quad (5)$$

gde $I_0(x)$ predstavlja modifikovanu Bessel-ovu funkciju prvog reda [18], dok parametar K predstavlja odnos jačine detektovane dominantne koherentne i nekoherentnih komponente date kao:

$$K = \left[\frac{\bar{\alpha}^2}{\sqrt{\alpha_r^4 + 2\alpha_r^2(\sigma_i^2 - \sigma_r^2)} - (\sigma_i^2 - \sigma_r^2)^2} - 1 \right] \quad (6)$$

sa parametrima definisanim pomoću:

$$\bar{\alpha}^2 = \sigma_i^2 + \sigma_r^2 + \bar{\alpha}_r^2 \quad (7)$$

$$\bar{\alpha}_r = \exp\left(-\frac{\sigma_\chi^2 + \sigma_\phi^2}{2}\right) \quad (8)$$

$$\sigma_r^2 = (1/2G)\left(1 + \exp(-2\sigma_\phi^2) - 2\exp(-2\sigma_\chi^2 - 2\sigma_\phi^2)\right) \quad (9)$$

$$\sigma_i^2 = (1/2G)\left(1 - \exp(-2\sigma_\phi^2)\right) \quad (10)$$

gde: σ_χ^2 predstavlja Log-amplitudnu varijansu koja je data kao $\sigma_\chi^2 = 0.307k^{7/6}L^{11/6}C_n^2$ prikazano u radu [19]. $\sigma_\phi^2 = \Delta J(D_k/r_o)$ predstavlja preostala fazna odstupanja nakon izražavanja prečnika prijemnika D_k pomoću Zernike modela (polinoma). Parametar $k=2\pi/\lambda$ -predstavlja talasni broj, L -dužina linka propagacije dok C_n^2 definiše indeks refrakcije. Parametar G je dat pomoću:

$$G = \left\{1.09(\rho_0/D_k)^2 \Gamma[1.2, 1.08](\rho_0/D_k)^{5/3}\right\}^{-1} \quad (11)$$

$\Gamma(.,.)$ predstavlja nekompletnu Gamma funkciju, a ρ_0 -generalizovani Fried parametar [20]. Fried parametar [19] dat je izrazom:

$$r_o = 1.68(C_n^2 L k^2)^{-3/5} \quad (12)$$

Trenutna vrednost odnosa signal-šum, SNR na prijemu nakon demulacije data je pomoću:

$$\gamma = \frac{P_x}{\sigma_n^2} = \frac{\eta I_s}{h f_c B_s} \frac{\pi D^2}{4} \alpha^2 \quad (13)$$

gde $I_s = |u_s(t)|^2$ predstavlja moduo intenziteta optičkog polja dok P_x označava snagu izlaznog signala.

Algoritam za simulaciju FSO transmisije slike požara realizovan je u dve faze i sastoji se od sledećih koraka:

Faza 1: Korak 1: Slika u boji je razložena na R,G,B komponente; *Korak 2:* Od matrica R,G,B komponenti slike, kreiran je vektor A ; *Korak 3:* Izvršena je binarizacija elemenata vektora A i dobijen je vektor D ; *Korak 4:* Nad vektorom D primenjena je BPSK modulacija $x=2D-1$. *Korak 5:* Izvršena je transmisija BPSK modulisanog signala kroz Rician-ov turbulentni kanal: $y = h \times x + n$, gde h predstavlja vektor koji opisuje Rician-ov model kanala, koji je generisan u skladu sa jednačinom (5), uzimajući u obzir parametar K i odnos jačina dominantne koherentne i nekoherentnih komponenti definisanih u jednačini (6). *Korak 6:* Dekodiranje prenesenog signala je izvršeno primenom Grejovog dekodiranja vektora \hat{z} .

Faza 2: Nad dobijenim vektorom D , nakon transmisije FSO Rician-ovim kanalom, primenjen je MIPFD algoritam za detekciju požara prikazan u radu [21].

3. SIMULACIONI REZULTATI I ANALIZA PERFORMANSI

U cilju simulacije FSO transmisije slike u boji kroz Rician-ov turbulentni fading kanal i detekcije požara u slici na udaljenoj lokaciji, izvršen je sledeći eksperiment:

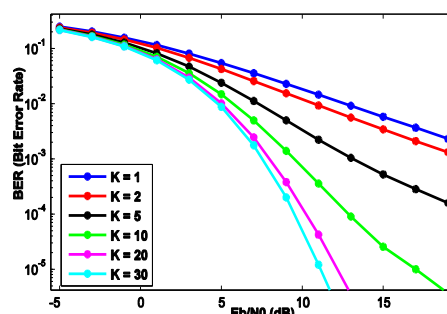
Korak 1: Originalna slika požara je učitana i izvorno kodovana. *Korak 2:* Na binarizovanoj test slici primenjena je BPSK modulacija. *Korak 3:* Izvršena je transmisija BPSK modulisanog signala kroz Rician-ov fading kanal sa dodatim AWGN šumom i sa različitim vrednostima parametra K . *Korak 4:* Na prijemnoj strani signal je dekodiran i izvršena je rekonstrukcija slike. *Korak 5:* Nad rekonstruisanom slikom primenjen je algoritam za detekciju požara u slici. *Korak 6:* Rezultati detekcije požara nakon transmisije upoređeni su sa rezultatima detekcije požara pre transmisije. *Korak 7:* Izvršena je analiza prečnika blenda u zavisnosti od uticaja dužine propagacije linka i indeksa refrakcije na vrednost parametra K . Kao mera kvaliteta transmisije slike i detektovanog požara primenjena je BER:

$$BER = \frac{\sum_{ijl} [(x_{ij})_l]_2 \oplus [(y_{ij})_l]_2}{M \times N} \quad i = 1..M, j = 1..N, l = 1..n \quad (14)$$

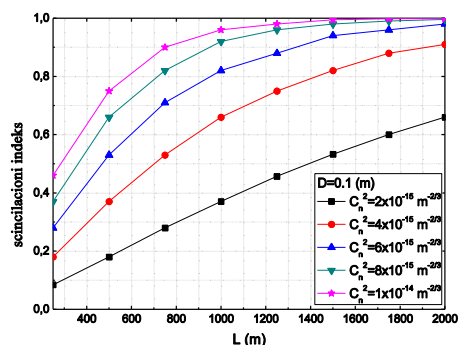
gde: x_{ij} predstavlja piksel originalne slike, y_{ij} predstavlja piksel rekonstruisane slike, $M \times N$ predstavlja dimenzije slike i \oplus predstavlja operator EXOR (ekskluzivno ili) koji je primenjen na n parova bita x i y .

Za potrebe eksperimenta korišćena je baza slika [22]. Vrednosti parametra K , varirane su u njegovim teoretskim vrednostima $K = \{1, 2, 5, 10, 20, 30\}$. Vrednost parametra T_h je za potrebe eksperimenta optimizovana i usvojena $T_h = 65$ [7].

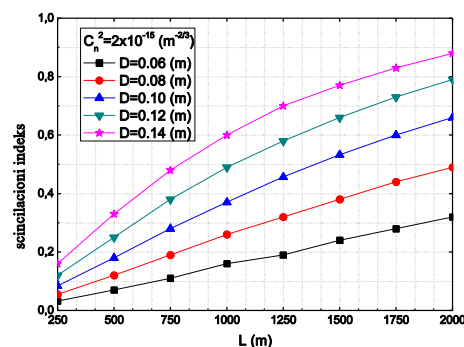
Na sl. 1 prikazani su rezultati mere kvaliteta BER. Na sl. 2 prikazana je zavisnost indeksa scincilacije u odnosu na indeks refrakcije C_n^2 i dužinu propagacionog puta, a na sl. 3 zavisnost u odnosu na dijametar aperture i dužinu linka propagacije L .



Slika 1. Mera performansi BER



Slika 2. Zavisnost indeksa scincilacije σ_i^2 u odnosu na indeks refrakcije C_n^2 i dužinu propagacije linka pri konstantnom dijametru aperture $D=0.1$ (m)



Slika 3. Zavisnost scincilacionog indeksa σ_i^2 u odnosu na dužinu propagacije linka L i dijametra aperture, pri konstantnom indeksu refrakcije $C_n^2 = 2 \times 10^{-15} \text{ (m}^{-2/3}\text{)}$.

Sa dijagrama prikazanog na sl. 2 i na osnovu rezultata prikazanih u radu [21] može se zaključiti da se zadovoljavajuća vrednost mere kvaliteta BER (10^{-6}) dobija pri vrednosti parametra $K=10$. Uočljivo je da scincilacioni indeks raste sa povećanjem dužine propagacionog puta kao i sa povećanjem refrakcionog indeksa (sl.2). Takođe, sa povećanjem dužine propagacionog puta i sa povećanjem dijametra aperture indeks scincilacije raste (sl.3). U prethodnim radovima izvršena je

analiza prenosa slike požara u zavisnosti od parametra K , gde je utvrđeno da se na prijemu dobija slika izuzetnog kvaliteta pri vrednosti parametra $K=10$. Za analizirani model vrednost parametra K ima željenu vrednost pri dijametru aperture $D=0,1$ (m) i pri propagacionom putu $L=750$ (m), indeksu refrakcije $C_n^2=2 \times 10^{-15}$ i indeksu scincilacije $\sigma_i^2=0,28$. Takođe se sa dijagrama prikazanih na slikama 2 i 3 može uočiti da se željena vrednost parametra K može dobiti različitim kombinacijama analiziranih parametara ali u veoma uskom opsegu varijacije. Može se zaključiti da promene scincilacionog indeksa sa povećanjem dužine propagacionog linka rastu i da se karakteristike sistema mogu popraviti povećanjem dijametara aperture do teroretskih vrednosti.

4. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza performansi prenosa slike požara putem FSO Ricen kanala. Na osnovu rezultata simulacije i numerički dobijenih vrednosti izvedeni su zaključci o vrednostima parametara sistema kao što su prečnik otvora aperture i dužine linka propagacije, koji moraju biti zadovoljeni za dobijanje određenog kvaliteta signala pri određenom indeksu scincilacije kanala. Pokazano je da za manje dužine propagacije u cilju dobijanja bolje detekcije i većeg kvaliteta slike na prijemnoj strani je potrebno da apertura otvora bude veća u odnosu na fied parametar kako bi scincilacioni indeks imao vrednosti koje obezbeđuju da vrednost parametra K bude zadovoljavajuća.

ZAHVALNICA

Istraživanja prezentovana u ovom radu su delimično podržana sredstvima Ministarstva obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekte III 44006 i TR 35026.

LITERATURA

- [1] R. Gonzalez, M.Palahi, A.Trasebores, T.Pukkala, "A fire probability model for forest stands in Cataonia (north-east Spain)", Annals of Forest Science, pp.169-176, 2006.
- [2] Lin, H., Liu, Z., Zhao, T., and Zhang, "Early warning system of forest fire, detection based on video technology", In Proceedings of the 9th International Symposium on Linear Drives for Industry Applications, Springer, Heidelberg, Berlin. pp. 751–758, 2014.
- [3] E.Kuhr, J.Knollenberg, V.mertens. "An Automatic Early Warning System for Forest Fires", Annals of Burns and Fire Disasters, vol. XIV, pp. 151-154, 2001.
- [4] G.Marbach, M.Leopfe, T.Brupbacher, "An image processing technique for fire detection in video images", Fire Saf. J. 41 (4), pp 285-289,2006.
- [5] T.Celik, H.Demirel, H.Ozkaramanli, "Automatic Fire detection in video sequences", Proceedings of European Signal Processing Conference, September 2006.
- [6] T.Celik, H.Demirel, H.Ozkaramanli, "Fire and smoke Detection without Sensors: Image Processing Based Approach", Proceedings of 15th Euiropean Signal Processing Conference, Poland, September 3-7, 2007.
- [7] B. Princevic, Z. Milivojevic, D. Brodic, "MIPFD Algorithm for Image Fire Detection", XLIX international conference ICEST 2014 Nis, 25-27 june 2014, vol.II, Serbia.
- [8] Leckie, D.G. "Advances in remote sensing technologies for forest surveys and management", Can. J. For. Res. 20(4): 464-483, 1990.
- [9] Vipin, V. "Image processing based forest fire detection", Emerging. Technology and Advanced Engineering, 2(2): 87–95, 2012.
- [10] Den Breejen, E., Breuers, M., Cremer, F., Kemp, R., Roos, M., Schutte, K., and De Vries, J.S."Autonomous forest fire detection",. In Proceedings of the 3rd International Conference on Forest Fire Research, Luso, Portugal 16-20 November 1998. pp. 2003-2012.
- [11] J. D. Montgomery, "Free-space optics seen as viable alternative to cable", Lightwave (Analyst corner), pp. 43- 44, 2004.
- [12] C. H. Kwok, R. V. Penty, and I. H. White, "Link reliability improvement for optical wireless communication systems with temporal domain diversity reception" IEEE Photonics Technology Letters, vol. 20, pp. 700-702, 2008.
- [13] M. Al-Habash, L. C. Andrews, R. L. Phillips, "Mathematical model for the irradiance probability density function of a laser beam propagating through turbulent media" Optical Engineering, vol. 40,no. 8, pp. 1554–1562, 2001.
- [14] B A. Belmonte and J. M. Kahn, "Performance of synchronous optical receivers using atmospheric compensation techniques" Opt. Express, vol. 16, no. 18, pp. 14151–14162, Sept. 2008.
- [15] S.M. Aghajanzadeh, M. Uysal "Diversity-Multiplexing Trade-Off in Coherent Free-Space Optical Systems With Multiple Receivers", J. Opt. Commun. Netw, Vol. 2, No.12, pp. 1087-1094, December 2010.
- [16] L. C. Andrews and R. L. Phillips, "Laser Beam Propagation through Random Media", SPIE Optical Engineering Press, 2005.
- [17] H. Sandalidis, T. Tsiftsis, G. Karagiannidis, M. Uysal, "BER Performance of FSO Links over Strong Atmospheric Turbulence Channels with Pointing Errors", IEEE Comm. Letters, Vol. 12, No. 1, pp. 44 - 46 January 2008.
- [18] I.S. Gradshteyn, I.M. Ryzhik, "Table of Integrals, Series and Products", Academic Press, NY, USA, 2000.
- [19] G. R. Osche, "Optical Detection Theory for Laser Applications Wiley", New York, 2002.
- [20] Fried, D. L. "Optical Resolution Through a Randomly Inhomogeneous Medium for Very Long and Very Short Exposures". Journal of the Optical Society of America 56 (10), 1966: 1372–1379
- [21] D. Vučković, B. Prlinčević, P. Spalević, S. PAnić, H. Škrijelj "Performance analysis of FSO transmission of image processing fire detection over Rician fading channels", 24 Int. El. and Com. Sc. Conf. ERK, 2015 Portorož Slovenia, p.p.81-84 , ISSN 1581-4572.
- [22] Forest fire images: <http://www.flickr.com>.

JEDAN PRIMJER HARDVERSKJE REALIZACIJE FIR FILTRA KORIŠĆENJEM MIKROKONTROLERA

AN EXAMPLE OF HARDWARE IMPLEMENTATION OF A FIR FILTER USING A MICROCONTROLLER

Aleksandar Dedić, Budimir Lutovac, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: U ovom radu dat je jedan primjer hardverske realizacije FIR filtra za izdvajanje prvog harmonika iz signala nesinusoidalnog oblika frekvencije 50 Hz. Za ovu realizaciju korišćen je 16-bitni mikrokontroler dsPIC33FJ64GP802.

Abstract: This paper provides an example of hardware implementation of a FIR filter for selecting the first harmonic from a non-sinusoidal 50 Hz signal. This implementation is based on the use of 16-bit microcontroller dsPIC33FJ64GP802.

1. UVOD

Digitalni filter, čija je realizacija data u ovom radu, urađen je za potrebe izdvajanja osnovnog harmonika iz signala nesinusoidalnog oblika frekvencije 50 Hz. Ovaj filter je urađen kao dodatak uređaju za mjerenje naizmjeničnog napona, struje i njihovih faznih pomjeraja. Opis ovog uređaja dat je u [1]. Pomenuti uređaj određuje fazni pomjeraj samo u slučaju ako mjerene veličine imaju sinusoidalni oblik. U slučaju da je mjerena veličina nesinusoidalnog oblika, iz nje treba izdvojiti prvi harmonik da bi se fazni pomjeraj određivao u odnosu na njega. Vrijednost prvog harmonika se ne traži jer se izračunava srednja apsolutna vrijednost čitave električne veličine. Kompletan uređaj, a samim tim i filter je urađen na bazi mikrokontrolera da bi bio malih dimenzija. Za implementaciju filtra korišćen je mikrokontroler dsPIC33FJ64GP802 [2]. Za mjerenje struje korišćen je strujni mjerni pretvarač koji vrijednost struje pretvara u napon pa se sva mjerenja svode na mjerenje napona na ulazu analognog-digitalnog konvertora.

Specifikacija filtra koja mora biti zadovoljena je: da je filter niskopropusni sa graničnom frekvencijom 60 Hz, i da na frekvenciji 100 Hz bude što je moguće veće slabljenje zbog što većeg prigušenja drugog harmonika. Drugi zahtjev je da frekvencija odabiranja bude što je moguće veća zbog što bolje rezolucije prilikom određivanja faznog pomjeraja

2. REALIZACIJA FIR FILTRA

Prvobitna verzija filtra bila je realizovana kao IIR filter, zbog malog broja koeficijenata. Međutim, zbog visoke frekvencije odabiranja i skraćivanja koeficijenata dolazilo je do njegovog nestabilnog rada pa njegova realizacija sa mikrokontrolerom nije dala dobre rezultate.

Kao konačna verzija, odabran je FIR filter sa 71 koeficijentom. Za izračunavanje koeficijenata korišćen je program WinFilter [3].

Karakteristike filtra su: niskopropusni "Raised Cosine" filter sa graničnom frekvencijom 60Hz. Ovaj filter je odabran jer je imao najveću strminu u opsegu od 60 do 100 Hz u odnosu na druge oblike filtra. Za frekvenciju odabiranja odabrana je vrijednost 10 kHz. Veća frekvencija se nije mogla koristiti jer pomenuti mikrokontroler nema dovoljno vremena za obradu podataka i pored toga što radi na frekvenciji 40 MHz.

Vrijednosti koeficijenata su:

0.009286646143638	0.009639219670572
0.009989426251012	0.010336700683799
0.010680477215419	0.011020190794871
0.011355278336020	0.011685179984027
0.012009340382480	0.012327209937798
0.012638246077469	0.012941914498703
0.013237690404077	0.013525059720785
0.013803520300116	0.014072583093867
0.014331773304397	0.014580631505147
0.014818714728480	0.015045597517814
0.015260872941075	0.015464153562649
0.015655072371072	0.015833283659852
0.015998463858928	0.016150312314420
0.016288552014444	0.016412930258947
0.016523219271647	0.016619216752341
0.016700746368007	0.016767658181296
0.016819829015198	0.016857162752838
0.016879590571536	0.016887071110485
0.016879590571536	0.016857162752838
0.016819829015198	0.016767658181296
0.016700746368007	0.016619216752341
0.016523219271647	0.016412930258947
0.016288552014444	0.016150312314420
0.015998463858928	0.015833283659852
0.015655072371072	0.015464153562649
0.015260872941075	0.015045597517814
0.014818714728480	0.014580631505147
0.014331773304397	0.014072583093867
0.013803520300116	0.013525059720785
0.013237690404077	0.012941914498703
0.012638246077469	0.012327209937798

0.012009340382480	0.011685179984027
0.011355278336020	0.011020190794871
0.010680477215419	0.010336700683799
0.009989426251012	0.009639219670572
0.009286646143638	

Vrijednosti koeficijenata su pretvorene u heksadecimalni oblik i skraćene na dužinu 32 bita. Pretvaranje vrijednosti se vrši po standardnom algoritmu pa su nove vrijednosti samo heksadecimalna notacija decimalnog oblika. Ovakav oblik pretvaranja upotrijebljen je jer se za računске operacije koristi modifikovani algoritam sa pomičnom tačkom. Modifikacija se sastoji u tome da se pojedine operacije množenja obavljaju algoritmom fiksne tačke poslije čega se tačka pomjera dodavanjem memorijskih lokacija s desne ili lijeve strane broja da bi se poravnale decimalne tačke brojeva koje treba sabrati.

Nove vrijednosti koeficijenata su:

0.02609C11	0.0277B745	0.028EAAAC3
0.02A56D0F	0.02BBF4AC	0.02D2381F
0.02E82DF5	0.02FDCCC9	0.03130B4C
0.0327E043	0.033C4295	0.0350294B
0.03638B97	0.037660D9	0.0388A0A4
0.039A42C4	0.03AB3F41	0.03BB8E67
0.03CB28C7	0.03DA073D	0.03E822F6
0.03F57571	0.0401F887	0.040DA66B
0.041879AF	0.04226D47	0.042B7C8E
0.0433A346	0.043ADD9E	0.04412830
0.04468007	0.044AE29F	0.044E4DE7
0.0450C042	0.04523889	0.0452B60A
0.04523889	0.0450C042	0.044E4DE7
0.044AE29F	0.04468007	0.04412830
0.043ADD9E	0.0433A346	0.042B7C8E
0.04226D47	0.041879AF	0.040DA66B
0.0401F887	0.03F57571	0.03E822F6
0.03DA073D	0.03CB28C7	0.03BB8E67
0.03AB3F41	0.039A42C4	0.0388A0A4
0.037660D9	0.03638B97	0.0350294B
0.033C4295	0.0327E043	0.03130B4C
0.02FDCCC9	0.02E82DF5	0.02D2381F
0.02BBF4AC	0.02A56D0F	0.028EAAAC3
0.0277B745	0.02609C11	

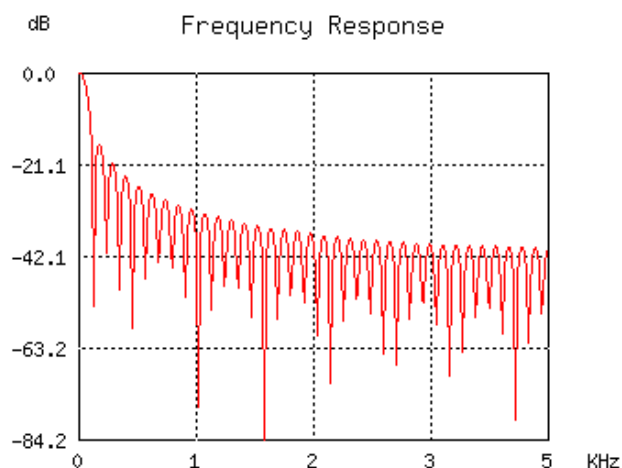
Koliko će biti skraćenje koeficijenata zavisi od korišćenog mikrokontrolera. Kod 8-bitnog mikrokontrolera dužine registara i memorijskih lokacija su 8 bita pa se i skraćenje vrši na dužinu 8 bita. Međutim, ovakvo skraćenje obično ne daje zadovoljavajuću karakteristiku pa je preporučljivo koristiti 16-bitni oblik koeficijenata pri čemu se za svaki koeficijent rezervišu po 2 memorijske lokacije. U ovom slučaju se znatno usporavaju računске operacije jer se značajno povećava broj potrebnih registara i memorijskih lokacija. Kod 16-bitnih mikrokontrolera dužina registara i memorijskih lokacija je 16 bita pa se i vrijednosti koeficijenata skraćuju na tu dužinu. Ovi mikrokontroleri mogu raditi i sa 32-bitnim podacima s tim što se za svaki podatak, kao i u predhodnom slučaju, moraju rezervisati po dva registra, odnosno memorijske lokacije.

Eksperimentalno je utvrđeno da se gore navedene vrijednosti koeficijenata mogu skratiti na dužinu 16 bita a da pri tome karakteristike filtra ostaju u prihvatljivim granicama. U konkretnom slučaju se dužina 32 bita odnosi na decimalni dio koeficijenta jer je cjelobrojni dio jednak nuli, što faktički znači da dužina svakog podatka iznosi 48 bita.

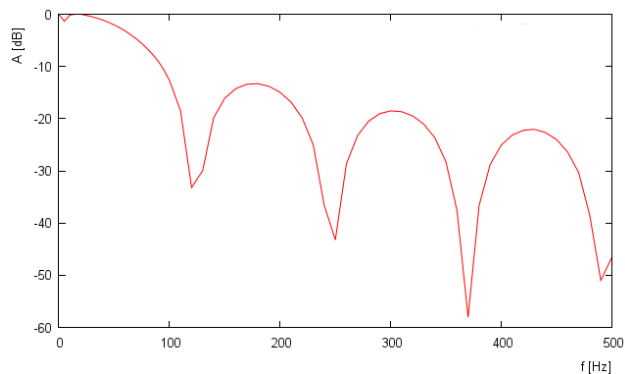
3. KARAKTERISTIKA FILTRA

Na slici 1. data je frekvencijska karakteristika koju je generisao program za projektovanje filtera.

Stvarna karakteristika dobijena mjerenjem prikazana je na slici 2. Ova karakteristika se razlikuje od karakteristike dobijene računskim putem. Osnovni razlog za ovu razliku je skraćivanje koeficijenata što značajno utiče na njen oblik. Pored toga, uticaj ima i kvantizacija ulazne veličine jer to dovodi do odstupanja vrijednosti na izlazu od računске, naročito u oblastima velikog slabljenja. Za navedeni slučaj praktične primjene, karakteristika ima zadovoljavajući oblik. Ona je snimana u opsegu 0-500 Hz jer je to dovoljno za navedenu primjenu.



Sl. 1 Frekvencijska karakteristika filtra dobijena računskim putem

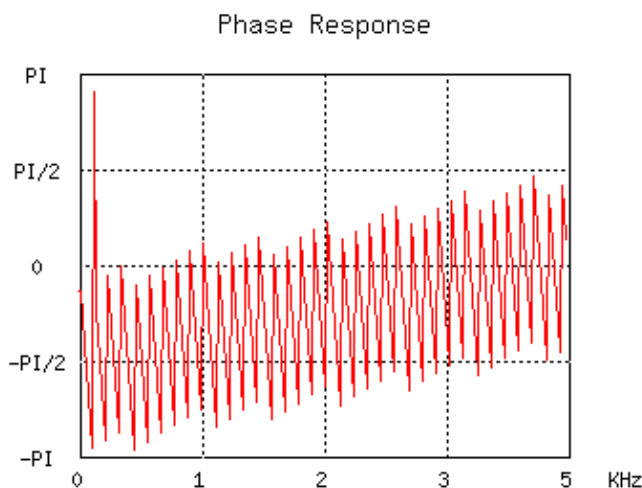


Sl. 2 Frekvencijska karakteristika filtra dobijena mjerenjem

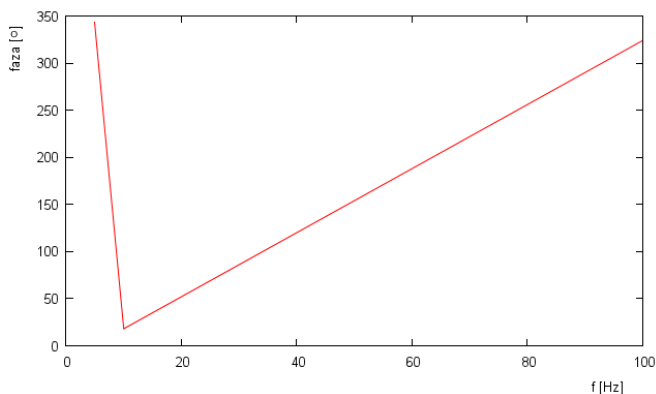
4. FAZNA KARAKTERISTIKA

Na slici 3. data je fazna karakteristika koju je generisao program za projektovanje filtara.

Stvarna karakteristika dobijena mjerenjem prikazana je na slici 4. Ona je snimana u opsegu 5-100 Hz jer je to dovoljno za navedenu primjenu. Ova karakteristika odgovara karakteristici dobijenoj računskim putem. Kao što se vidi i sa jedne i sa druge slike, karakteristika ima linearni oblik.



Sl. 3 Fazna karakteristika filtra dobijena računskim putem



Sl. 4 Fazna karakteristika filtra dobijena mjerenjem

5. ODREĐIVANJE FAZNOG POMJERAJA

Osnovna namjena kako uređaja za mjerenje električnih veličina tako i ovog filtra je da se odredi fazni pomjeraj električne veličine u odnosu na referentni napon. Kao referentni napon, obično se uzima napon električne mreže 230 V 50 Hz, ili iz nekog drugog izvora.

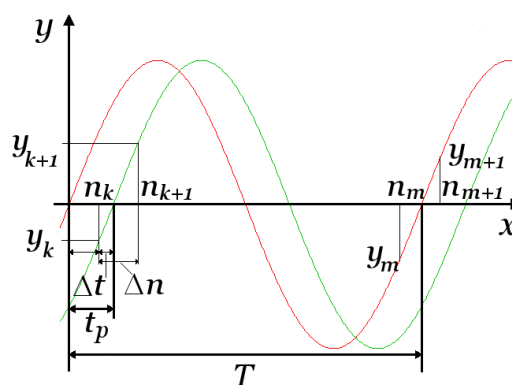
Prilikom prolaska mjerene veličine kroz filter, dolazi do pomjeranja faze osnovnog harmonika u odnosu na ulaznu veličinu. Iz tog razloga upoređivanje faznog stava na izlazu filtra sa referentnim naponom daje rezultat koji je neupotrebljiv. Da bi se fazni pomjeraj mogao određivati sa

nekom zadanom tačnošću, potrebno je veoma precizno odrediti faznu karakteristiku u propusnom opsegu da bi se mogla vršiti korekcija.

Umjesto korišćenja tabele za korekciju preporučuje se korišćenje dva identična filtra pri čemu se na ulaz prvog dovodi referentni napon a na ulaz drugog, mjerena veličina. U ovom slučaju fazni pomjeraj između električnih veličina na izlazima filtara ostaje isti kao na ulazima pa korekcija nije potrebna.

Određivanje faznog pomjeraja vrši se mjerenjem vremena od trenutka prolaza kroz nulu referentnog napona do trenutka prolaza kroz nulu mjerene veličine kao i vremena trajanja pune periode. Ovo se odnosi kako na fazni pomjeraj između veličine na ulazu i izlazu filtra radi određivanja karakteristike, tako i na fazni pomjeraj između veličina na izlazima dva filtra. Vrijeme se ne mjeri u sekundama nego u odbircima. Prvo se određuje koliko odbiraka ima između prolaska kroz nulu referentnog napona i mjerene veličine a zatim koliko odbiraka traje puna perioda. Iz proporcije ova dva podatka određuje se fazni pomjeraj. Kako su odbirci diskretne veličine, to i fazni pomjeraj može imati samo diskretne vrijednosti što izaziva određenu grešku. Tako, na primjer, pri frekvenciji odabiranja 10 kHz zbog diskretizacije greška može da bude i do 2° što je nedopustivo za konkretni slučaj primjene. Da bi se ovo otklonilo, registruju se vrijednosti mjerene veličine u trenutku prije i poslije prolaska kroz nulu. Zatim se iz vrijednosti tih odbiraka, metodom interpolacije, izračunava tačan trenutak prolaska kroz nulu. U ovom slučaju odbirci više nijesu cjelobrojne veličine nego decimalne. Ovim se postiže da greška određivanja faznog pomjeraja bude manja od 0,5° što je za konkretan slučaj prihvatljivo.

Na slici 5 dat je jedan primjer određivanja faznog pomjeraja mjerene veličine u odnosu na referentnu.



Sl.5 Primjer određivanja faznog pomjeraja između 2 veličine

Kao što se vidi sa slike, druga sinusoida prolazi kroz nulu između trenutaka n_k i n_{k+1} , gdje je n -broj odabiraka od početnog trenutka. Ove veličine su diskretne i tačan trenutak prolaza kroz nulu se ne može odrediti. Vrijednost Δt je vrijeme od odbirka n_k do trenutka prolaza kroz nulu. Ona se

može odrediti metodom interpolacije iz trenutnih vrijednosti y_k , y_{k+1} i Δn , gdje je Δn vremenski interval između susjednih odbiraka i jednak je 1. Stvarni vremenski trenutak prolaza kroz nulu je t_p i on je jednak zbiru n_k i Δt . Na isti način određuje se i vrijeme prolaza kroz nulu T pune sinusoide iz broja odbiraka n_m i n_{m+1} , kao i trenutnih vrijednosti y_m i y_{m+1} . Sada se fazni pomjeraj može odrediti iz relacije (1):

$$\varphi = -\frac{360}{T} t_p \quad (1)$$

6. IMPLEMENTACIJA U MIKROKONTROLERU

Za realizaciju mjernog uređaja i filtra opisanog u ovom radu, korišćen je mikrokontroler čija dužina memoriskih lokacija iznosi 16 bita (riječ). Podaci su uzimani sa 12 ili 14 – bitnog analogno/digitalnog konvertora pa je za smještaj ulaznog podatka bila dovoljna jedna lokacija. Svi elementi za kašnjenje, računajući i nulti koji služi za ulazni podatak, imali su po 4 memorijske lokacije. Dvije više lokacije služile su za cjelobrojni dio podatka a niže, za decimalni. Za smještaj međurezultata u postupku množenja i sabiranja korišćene su 2 lokacije za cjelobrojni dio rezultata i 4 za decimalni. Po završetku množenja podaci iz 2 najniže lokacije za decimalni dio su odbacivani jer njihove vrijednosti ne utiču značajno na krajnji rezultat. U opštem slučaju, preporučljivo je rezervisati i još jednu lokaciju za smještaj cjelobrojnog dijela rezultata, ali u ovom slučaju to se pokazalo nepotrebnim. Za smještaj podataka na izlazu filtra dovoljno je imati 2 lokacije i to jednu za cjelobrojni a drugu za decimalni dio rezultata. Ovo je iz razloga što je druga (viša) lokacija za smještaj cjelobrojnog dijela uvijek prazna a podatak u nižoj lokaciji decimalnog dijela nije značajan.

Za uprošćavanje računskih operacija kod ove realizacije koristi se jedan način označavanja pozitivnih i negativnih brojeva koji nije uobičajen. U ovom slučaju vrijednost 1 u najvišem bitu memorijske lokacije označava da je broj pozitivan a vrijednost 0 da je broj negativan. Ovaj način preuzet je iz označavanja vrijednosti na izlazu analogno/digitalnog konvertora. U ovom slučaju binarni broj b1000000 (heksadekadni &80) ima vrijednost 0. Veća vrijednost od navedene označava da je broj pozitivan a manja da je negativan. Tako, na primjer, broj b10000011 (&83) ima vrijednost 3 a broj b01111101 (&7D) ima vrijednost -3. Negativne vrijednosti se u ovom slučaju predstavljaju u obliku dvojnog komplementa. Ovaj način označavanja koristi se zbog problema sa oduzimanjem brojeva. Problem je u tome što u mikrokontroler može oduzimati samo manji broj od većeg. Obrnuto oduzimanje daje pogrešan rezultat. Da bi se oduzimanje izvršilo, treba prvo odrediti koji je broj veći pa izvršiti oduzimanje. Tek onda se određuje da li je vrijednost rezultata pozitivna ili negativna. U predloženom načinu označavanja ne vodi se računa da li je prvi broj pozitivan ili negativan nego se vrši oduzimanje a znak se postavlja automatski. Ako je drugi broj negativan, on je dat u obliku dvojnog komplementa pa se mora pretvoriti u normalni oblik, odnosno opet izračunavati dvojni komplement. Na ovaj način

se značajno smanjuje broj operacija i vrijeme izvršavanja programa pogotovo ako je broj smješten u više registara. Za slučaj množenja, negativni broj se pretvara u normalni oblik izračunavanjem dvojnog komplementa a zatim se vrši množenje neoznačenih brojeva. Znak rezultata se postavlja u zavisnosti od oznaka brojeva.

Kod realizacije filtra za svaki element za kašnjenje, računajući i nulti gdje je smještena ulazna vrijednost, rezervišu se po 4 memorijske lokacije. Ulazni podatak iz A/D konvertora smješta se u prvu (nižu) lokaciju za cjelobrojni dio vrijednosti. Ako je najviši bit ovog podatka =1, on se poništava a vrijednost 1 postavlja u najviši bit druge lokacije (viši dio cjelobrojne vrijednosti). U slučaju da je podatak iz A/D konvertora negativan on se takođe premješta u odgovarajuću lokaciju, u najviši bit druge lokacije postavlja vrijednost 0 a sva ostala mjesta, računajući i lokacije za decimalni dio broja, popunjavaju jedinicama.

7. ZAKLJUČAK

Predloženi filter ispunjava zahtjev koji je postavljen, odnosno vrši izdvajanje osnovnog harmonika iz signala nesinusoidalnog oblika frekvencije 50 Hz. Frekvencija odabiranja 10 kHz, koja je korišćena ovdje, ne daje dovoljnu tačnost pri mjerenju faznog pomjeraja. Međutim, interpolacijom vrijednosti signala između dva odbirka omogućava se da greška određivanja faznog pomjeraja bude manja od 0,5°. Ova tačnost se može povećati povećanjem frekvencije odabiranja i to hardverski – korišćenjem mikrokontrolera sa većom frekvencijom takta i softverski – optimizacijom algoritma za obradu podataka.

LITERATURA

- [1] Aleksandar Dedić, *Jedan metod mjerenja napona i struje baziran na mikrokontroleru*, Informacione tehnologije, Žabljak 2015. godine
- [2] Microchip Technology Inc, *dsPIC33FJxxGPx02x04 DataSheet*, <http://support.microchip.com>
- [3] WinFilter version 0.8, <http://www.winfilter.20m.com>
- [4] Vlado Delić, Milan Sečujski, Nikša Jakovljević, *DIGITALNI FILTRI*, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad.
- [5] Douglas L. Jones, *Digital Filter Design*, Rice University, Houston, Texas, 2005
- [6] <http://cnx.org/content/col10285/1.1/>
- [7] *Filter Design for dsPIC™ DSC, Digital Filter Design and Analysis System*, Momentum Data Systems, 2008 <http://www.mds.com>.
- [8] *Using the AVR Hardware Multiplier (AVR201)*, www.atmel.com.
- [9] Louis Litwin, *FIR and IIR digital filters, The effects of finite bit precision*, IEEE POTENTIALS, OCTOBER/NOVEMBER 2000.
- [10] *Digital Filters with AVR (AVR223)*, www.atmel.com

PREDLOG HARDVERSKO-SOFTVERSKOG MODULA ZA EVIDENTIRANJE DOLASKA PACIJENATA U ČEKAONICI IZABRANOG LEKARA UPOTREBOM RFID TEHNOLOGIJE PROPOSAL FOR HARDWARE-SOFTWARE MODULE FOR RECORDING ARRIVAL OF PATIENTS IN THE WAITING ROOM OF THE CHOSEN DOCTOR BY USING RFID TECHNOLOGY

Aleksandar Milenković, Dragan Janković, Miloš Marjanović, Petar Rajković, *Elektronski fakultet u Nišu, Republika Srbija*

Sadržaj: U radu je opisan realizovani hardversko-softverski modul za evidentiranje dolaska pacijenata u čekaonicu izabranog lekara upotrebom RFID tehnologije. Predloženi modul je razvijen upotrebom razvojne platforme Arduino UNO R3 i direktno je integrisan sa medicinskim informacionim sistemom MEDIS.NET koji je u upotrebi u više od 25 zdravstvenih ustanova u Republici Srbiji. Predloženo rešenje je modularno i moguća je njegova brza integracija i sa drugim postojećim informacionim sistemima slične strukture kao MEDIS.NET.

Abstract: This paper presents the implemented hardware-software module for recording the arrival of patients in the waiting room of the chosen doctor by using RFID technology. The proposed module was developed by using development platform Arduino UNO R3 and is directly integrated with the medical information system MEDIS.NET which is in use in more than 25 medical institutions in the Republic of Serbia. The proposed solution is modular and is possible its rapid integration with other existing information systems similar structure as MEDIS.NET.

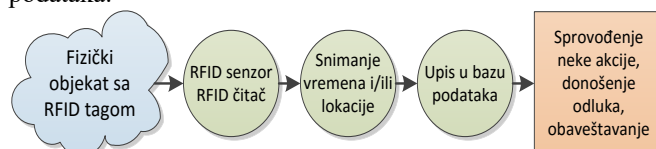
1. UVOD

Upotreba informacionih sistema u Republici Srbiji intenzivirana je u poslednjih pet godina i to zahvaljujući Ministarstvu zdravlja, RFZO-u (Republičkom Fondu za Zdravstveno Osiguranje) i projektu DILS [1]. Cilj je bio da se u ustanovama primarnog zdravstva implementiraju medicinski informacioni sistemi (MIS) koji su prethodno licencirani od strane Ministarstva zdravlja Republike Srbije za upotrebu u primarnom zdravstvu. Jedno od licenciranih rešenja, koje se trenutno koristi u više od 25 zdravstvenih ustanova u Republici Srbiji, je i MIS MEDIS.NET [2]. MEIDS.NET je razvijen na Elektronskom fakultetu u Nišu u Laboratoriji za medicinsku informatiku. Uvođenje MIS-a u zdravstvenim ustanovama u Republici Srbiji omogućilo je ali i podstaklo uvođenje novih tehnologija koje mogu da unaprede poslovanje zdravstvene ustanove, povećanje kvaliteta pruženih medicinskih usluga pacijentima tj. primenu MIS-a u punom kapacitetu. Jedna od tehnologija koja je našla svoju veliku primenu u medicini je i RFID tehnologija [3].

Kompanije u Finskoj razvile su sistem, upotrebom RFID i mobilne tehnologije, koji omogućava praćenje da li bolesnici koji boluju od Alchajmerove bolesti uzimaju propisanu terapiju [3]. RFID tehnologija se koristi za povećanje efikasnosti i sigurnosti procesa transfuzije krvi (National Cancer Institut u Milanu i Ospedale Maggiore bolnica u Bolonji), RFID tagovi se stavljaju na jedinice krvi i pacijentu kao narukvica. Jena University Hospital u Nemačkoj implementirao je sistem za praćenje medikamenata upotrebom RFID tagova od trenutka ulaska medikamenata u bolnicu do primene istih na 24 pacijenata na intenzivnoj nezi. Na Tajvanu, RFID tehnologija se koristi u bolnicama za sprečavanje širenja akutnih respiratornih infekcija (SARS). U Velikoj Britaniji, Royal Alexandra Hospital koristi RFID tehnologiju za praćenje entiteta. U SAD-u, Ohio Medical

Center je razvio sistem za praćenje entiteta, praćenje kritične medicinske opreme i unapređenje efikasnosti u radu zaposlenih upotrebom RFID tehnologije.

U ovom radu akcenat je dat na razvoju hardversko-softverskog modula koji će omogućiti kolaboraciju između MIS-a MEDIS.NET i pacijenata u čekaonici izabranog lekara i samog izabranog lekara. Rešenje treba da omogući da kada pacijent dođe u čekaonici lekara, umesto obaveze da se javi na šalteru službe kod ordinirajuće sestre, samo prevuče RFID tag (karticu, ili privezak) preko RFID čitača koji je postavljen u čekaonici izabranog lekara. Pacijent će automatski biti ubačen u čekaonici lekara u MIS-u. Automatski se pri tome zauzima vremenski slot (prvi slobodan termin) u čekaonici izabranog lekara. Zatim pacijent može dobiti informaciju, preko razvijenog modula, o tome koje je očekivano vreme njegovog prijema kod izabranog lekara. Ujedno i sam izabrani lekar dobija na pregledan način informacije o tome koliko je pacijenata u njegovoj čekaonici. Na ovaj način se smanjuju velike gužve na šalterima službi, a ujedno medicinske sestre mogu više pažnje da posvete pacijentima. Modul je zamišljen tako da se lako može implementirati i povezati sa modulom za zakazivanje MEDIS.NET-a i da bude jeftino rešenje, dostupno zdravstvenim ustanovama, zbog loše finansijske situacije zdravstvenih ustanova u Republici Srbiji. Komunikacija modula sa ostatkom sistema je bežična. Predloženi modul je razvijen upotrebom Arduino UNO R3 razvojnog okruženja [4], jezika C++, Arduino razvojnog okruženja, Microsoft .NET tehnologija i PostgreSQL baze podataka.



Slika 1. Tok podataka kroz jedan RFID sistem [5].

Nakon uvoda dat je kratak osvrt na RFID tehnologiju zatim je prikazan predlog hardversko-softverskog modula iza čega sledi i zaključak.

2. KRATAK OSVRT NA RFID TEHNOLOGIJU

Termin RFID (*eng. Radio Frequency Identification*) predstavlja bežičnu tehnologiju koja omogućava komunikaciju pomoću radio talasa. Ne retko, dovodi se u tesnoj vezi sa pojmom bezkontaktna tehnologija (*eng. Contact Less Technology*). Ceo sistem se sastoji od RFID tagova i RFID čitača i najčešće nekog skladišta podataka (XML zapis, relaciona baza podataka ...) (Slika 1). Najveća prednost ove tehnologije je to što ne zahteva optičku vidljivost tagova sa čitačem (npr. QR kodovi, bar kodovi). Tagovi se očitavaju sa male razdaljine. RFID čitači mogu očitavati tagove koji se nalaze i u unutrašnjosti nekog predmeta ali i sa veće udaljenosti [6]. Takođe, prednost RFID tehnologije se ogleda u tome da nije potrebna licenca za korišćenje frekvencije, s obzirom da ovi sistemi rade u ISM (*eng. Industrial, Scientific, Medical radio bands*) frekventnom području. RFID čitači najčešće su povezani sa ostatkom sistema pomoću: RS232/485, USB i TCP/IP.

Postoje različite vrste RFID sistema koji rade na različitim frekventnim opsezima. Izbor radio frekvencije zavisi od potrebe i okruženja. Koriste se četiri frekventna opsega:

1. Područje niskih frekvencija (*eng. Low Frequency*) (125/134 KHz), koristi se za mala rastojanja, praćenje životinja, praćenje različitih entiteta, kontrola pristupa.
2. Područje visokih frekvencija (*eng. High Frequency*) (13.56 MHz), koristi se za očitavanje sa rastojanja ne većih od 1.5 metara. RFID tag se može implementirati i u samim predmetima.
3. UHF područje, (*eng. Ultra High Frequency*) (850 - 950 MHz), identifikacija velikog broja tagova istovremeno.
4. Mikrotalasni opseg, (*eng. Microwave*) (2.45GHz), najbrži način očitavanja tagova. Koristi se npr. za praćenje vozila.

RFID tagovi se mogu klasifikovati u dve kategorije: aktivni i pasivni RFID tagovi. Aktivni tagovi napajaju se sopstvenim izvorom napajanja. Aktivni tagovi mogu emitovati signal do RFID čitača i do rastojanja koje je veće od 100 metara. Ovakvi RFID tagovi omogućavaju konstantno praćenje RFID tagova koji se koriste za praćenje npr. robe ali je potrebno voditi računa o interferenciji sa osetljivom medicinskom opremom. Pasivni RFID tagovi ne sadrže izvor napajanja. Oni se napajaju na osnovu emitovanog radio signala iz RFID čitača, znatno su jeftiniji, ali mogu da se očitavaju samo sa male udaljenosti.

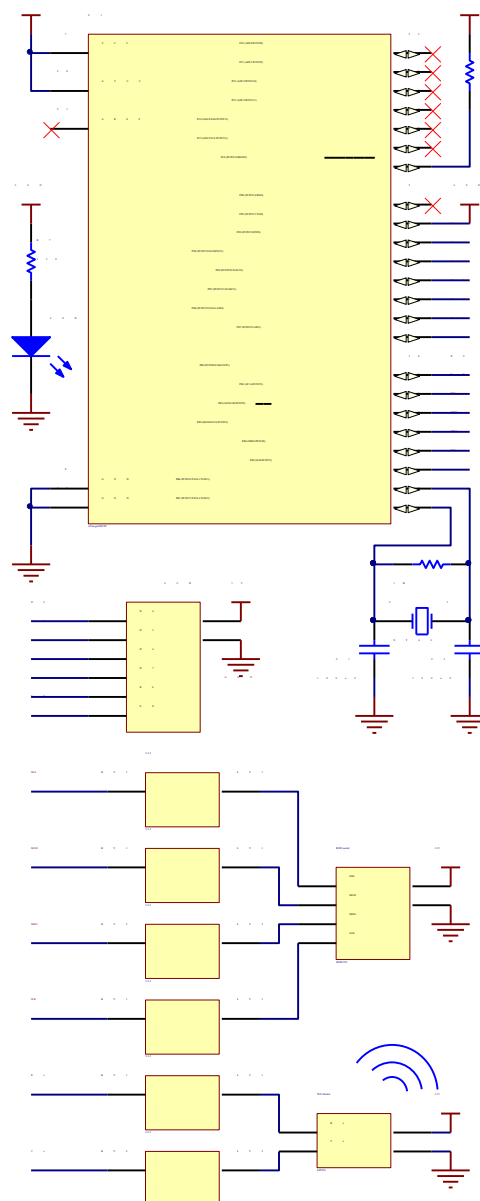
RFID čipovi mogu biti čipovi samo za čitanje (*eng. Read-Only Chips*) ali i za čitanje i upis (*eng. Read-Write Chips*). Prva vrsta čipova sadrži dovoljno memorije za pamćenje jedinstvenog identifikatora koji će na jedinstveni način identifikovati RFID tag (najčešće to su 4 bajta). Podatak je namenjen samo za čitanje i ne može se promeniti. Druga vrsta čipova omogućava i upis u memoriju RFID taga. Poseduju veći kapacitet memorije ali to ujedno povećava i njihovu cenu ali i potencijalnu primenu.

3. OPIS HARDVERSKO-SOFTVERSKOG MODULA

U ovom delu rada dat je sažeti opis predloženog hardversko-softverskog modula.

3.1 Opis korišćenog hardvera

Uređaj se sastoji iz mikrokontrolera koji upravlja RFID, WiFi i LCD modulom. Napajanje uređaja izvedeno je pomoću dva linearna regulatora napona, s obzirom da je za funkcionisanje mikrokontrolera i LCD displeja potreban napon od 5 V, dok RFID i WiFi modul rade na 3.3V. Izabran je podesivi DC/DC pretvarač LM317. Predviđena je zaštita od suprotne polarizacije na ulazu pomoću diode. Korišćeni su otpornici sa 1% tolerancije, kao i keramički bypass kondenzatori za eliminaciju visokofrekventnih šumova, kao i rezervoarski elektrolitski kondenzatori.

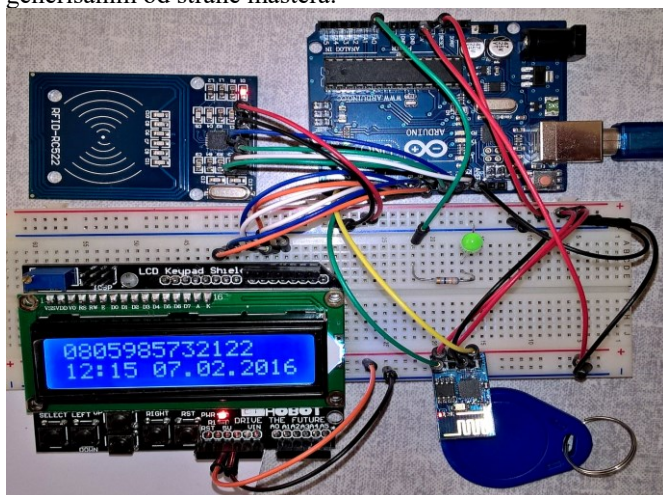


Slika 2. Glavna električna šema sistema.

Glavna električna šema sistema prikazana je na slici 2 a prototip na slici 3. Glavni deo sistema je Atmel 8-bitni mikrokontroler, koji dolazi na razvojnom okruženju Arduino

Uno R3. Iskorišćen je Atmega328-P-PU [7] mikrokontroler niske potrošnje, proizveden u CMOS tehnologiji, zasnovan na AVR RISC arhitekturi. Posebna prednost AVR mikrokontrolera je konzistentna arhitektura jer svi kontroleri iz ove familije imaju identično jezgro, set instrukcija i organizaciju memorije, što omogućava jednostavnije programiranje u slučaju promene mikrokontrolera. Razlike koje postoje između modela odnose se na kapacitet memorije, napon napajanja, broj pinova i slično. Mikrokontroler omogućava projektantu optimizaciju sistema u pogledu potrošnje električne energije u odnosu na brzinu obrade, s obzirom da se postiže i 1 MIPS (*eng. Million of Instructions Per Second*) po mW. Potrošnja samog procesora na 1 MHz, pri napajanju 1.8 V na sobnoj temperaturi je 0.2 mA (0.36 mW). Pogodnost mikrokontrolera je i širok opseg napona napajanja od 1.8 V do 5.5 V. Da bi mikrokontroler radio potrebno je da na reset pinu bude obezbeđen visok naponski nivo, zato je preko pull-up otpornika od 10 kΩ vezan na napajanje od 5V.

Za realizaciju modula korišćen je RFID modul sa čipom MFRC522, integrisanim čitačem (reader/writer) za bezkontaktnu komunikaciju na 13.56 MHz. Interni transmiter ovog kola može da pokrene antene dizajnirane za komunikaciju sa ISO/IEC 14443 A/MIFARE karticama. RFID modul pored pinova za napajanje (3.3V i masa) poseduje četiri pina za komunikaciju, povezana na SPI pinove mikrokontrolera. Izabran mikrokontroler poseduje interne SPI registre. Naime, RFID modul komunicira sa mikrokontrolerom korišćenjem SPI (serijsko periferni interfejs) [8]. Ovaj interfejs se koristi za spregu između glavnog (master) i perifernih (slave) čipova. Svi signali se prenose sinhrono sa zajedničkim taktim signalom (SCK) generisanim od strane mastera.



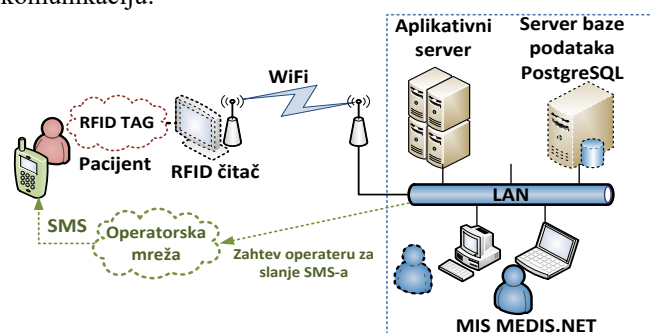
Slika 3. Prototip hardversko-softverskog modula.

LCD displej je povezan na Port D mikrokontrolera, u tzv. 4-bitnom modu rada. Naime, pinovi za prenos podataka D4-D7 povezani su na PD4-PD7 pinove; RS i EN pinovi povezani su na RB0 i RB1 pinove, respektivno. Da bi se prikazali podaci na displeju, displej se softverski inicijalizuje za rad u 4-bitnom modu, pinovi RS i EN se postavljaju na nivo logičke jedinice, a podaci se šalju na 4 definisane linije.

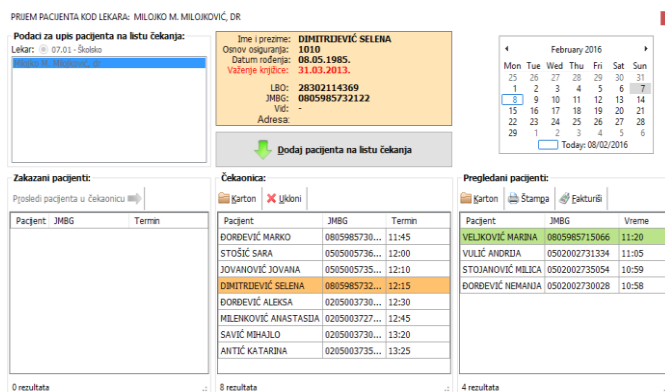
Pin PD1 povezan je preko otpornika za ograničenje struje na LED diodu koja služi za indicaciju kada se vrši očitavanje RFID taga. S obzirom da je napon vođenja LED diode oko 2

V, otpornikom od 330 Ω struja se ograničava na desetak mA, što je dovoljno da LED svetli punim intenzitetom.

Preko WiFi modula podaci očitani sa RFID taga šalju se do servera. U ovom radu korišćena je *eng. Espressif Systems' Smart Connectivity* platforma (ESCP826), bežični sistem na čipu visokog stepena integracije. Čip može raditi kao host, ili u ovom slučaju kao slave, pri čemu postoji mogućnost komunikacije preko SPI ili I2C/UART interfejsa. Konfigurisanje modula vrši se pomoću seta AT komandi. Neki od parametara modula su: 802.11 b/g/n WiFi protokol u frekventijskom opsegu 2.4G-2.5GHz, napon napajanja 3.3V, srednja vrednost struje 80 mA (najveći potrošač u prikazanom rešenju). WiFi modul dolazi sa PCB antenom (anentom na štampanoj ploči). Modul je sa mikrokontrolerom povezan preko dve linije: predajne (Tx) i prijemne (Rx) za UART (*eng. Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) komunikaciju.



Slika 4. Tok komunikacije u sistemu. Deo označen zelenom bojom (slanje SMS obavestjenja) predviđen je kao buduća nadogradnja celog sistema.



Slika 5. Prijem pacijenta u čekaonicu izabranog lekara.

3.2 Integracija modula sa MIS-om MEDIS.NET

Pacijent se prijavljuje u čekaonicu izabranog lekara upotrebom RFID taga (kartica, privezak) (Slika 4). Zatim se proverava da li postoji identifikator tog taga u sistemu i da li je on validan. Ukoliko je RFID tag validan pacijent se ubacuje u čekaonicu izabranog lekara. RFID čitač vezan je za organizacionu jedinicu, prilikom konfigurisanja, u okviru zdravstvene ustanove, tako da se jedan RFID čitač može koristiti za više izabranih lekara na odeljenju. Kada se pošalje zahtev aplikativnom serveru proverava se lista izabranih lekara pacijentu koji je identifikovan u sistemu pomoću RFID taga. Na osnovu pripadnosti RFID čitača organizacionoj jedinici bira se izabrani lekar sa te službe. Zatim se identifikovani pacijent raspoređuje u "čekaonicu"

lekara u MIS MEDIS.NET (aplikacija *Medis.Prijemna*, Slika 5). Ukoliko je sve prošlo uspešno pacijent dobija informaciju tako što se na displeju ispisuje njegov JMBG i očekivano vreme prijema pacijenta u ordinaciju izabranog lekara (Slika 3). Ukoliko je došlo do greške ili nekog problema pacijent se obavestava o tome i potrebno je da se opet prijavi pomoću RFID taga. Ukoliko izabrani lekar ne radi u tom trenutku (godišnji odmor, bolovanje) pacijent će automatski biti stavljen u čekaonicu lekara koji menja njegovog izabranog lekara. Pomoću aplikacije *Medis.RadnoVreme* moguće je za lekare uneti bolovanja, odsustva, dostupne termine za zakazivanje kao i njihove zamene. Ukoliko pomoću aplikacije *Medis.RadnoVreme* nisu unete odgovarajuće izmene, pacijentu ostaje da se javi ordinirajućoj sestri na šalteru službe kako bi bio raspoređen u čekaonicu nekog drugog lekara. Kada pacijent dobije RFID tag neophodno je da se on ubaci u MIS. Ubacivanje i ažuriranje identifikacionog broja koji je zapamćen u RFID tagu vrši se pomoću elektronske zdravstvene knjižice pacijenta u aplikaciji *Medis.Prijemna*.

Kako bi integracija bila moguća neophodno je bilo ubaciti dodatne tabele u bazi MIS-a MEDIS.NET. Postoji posebna relacija u bazi podataka koja pamti katalog svih identifikacionih brojeva RFID tagova, uključujući i datum važenja kao i statusni fleg (tabela *rfid_tag*). Tabela *rfid_reader* opisuje RFID čitače preko jedinstvenog broja RFID čitača i njegove lokacije. Tabela *rfid_access_log* pamti koji čitač u kom trenutku je pročitao RFID tag koji se nalazi u katalogu RFID tagova. Opisane tri tabele su nezavisne od MIS-a MEDIS.NET. Kako bi opisan modul mogao da se integriše sa MIS-om MEDIS.NET ubačena je tabela spoja *osiguranik_rfid_tag* koja predstavlja vezu između tabele *osiguranik* i *rfid_tag*. Tabela spoja *orgj_rfid_reader* predstavlja vezu između tabele *orgj* i *rfid_reader*. U tabeli *osiguranik* pamte se svi relevantni podaci za pacijente, dok table *orgj* skladišti podatke o organizacionoj strukturi zdravstvene ustanove.

Za pisanje koda koji se izvršava na mikrokontroleru korišćen je jezik C++ i razvojno okruženje Arduino. Za pristup funkcionalnostima RFID čitača korišćena je biblioteka *MFRC522.h*. Biblioteka *LiquidCrystal.h* korišćena je za rad sa displejem dok je za kontrolu WiFi modula korišćena biblioteka *SoftwareSerial.h*. Ostatak sistema razvijen je upotrebom Microsoft .NET tehnologije, programskog jezika Microsoft C#.NET. Besplatno dostupan server baze podataka PostgreSQL 9.3 korišćen je za skladištenje podataka.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je predlog hardversko-sofverskog modula za evidentiranje dolaska pacijenata u čekaonicu izabranog lekara. Predloženo rešenje uz minorne modifikacije može se upotrebiti gde god je potrebno vršiti evidentiranje dolaska i praćenje entiteta. Prednost predloženog rešenja je u tome da se lako može povezati na već postojaću mrežnu infrastrukturu. Nedostak se ogleda u tome što se predloženi modul oslanja na WiFi komunikaciju. Predloženi modul se lako i brzo može integrisati sa već postojećim informacionim sistemom. Procenjuje se da cena modula u proizvodnji neće biti veća od 15 dolara.

Opisan modul je integrisan sa MIS-om MEDIS.NET i nalazi se u fazi testiranja u laboratorijskim uslovima. Nakon uspešnog testiranja, moguće je implementirati i koristiti modul u realnim uslovima, u nekoj od zdravstvenih ustanova gde se koristi MIS MEDIS.NET.

Sledeći koraci u razvoju modula bili bi da se omogući upotreba dodatne memorije (npr. SD kartice) sa kopijom baze podataka (neophodno je rešiti u tom slučaju i sinhronizaciju podataka na relaciji SD kartica – relaciona baza podataka) tako da se vrši autorizacija bez postojanja direktne konekcije sa serverom baze podataka ukoliko dođe do pada mreže ili pada nekog dela informacionog sistema (aplikativni server, server baze podataka). Naravno, na SD kartici bi se skladištio samo katalog RFID tagova. Postoji mogućnost integracije predloženog rešenja sa sistemom za obavestavanje (*Medis.Obavestavanje* deo MIS-a MEDIS.NET), tako da je moguće slanje SMS poruka pacijentima kada se bliži njihov termin za pregled kod izabranog lekara (Slika 4) [9].

LITERATURA

- [1] A. Milenković, D. Janković, "Primena medicinskih informacionih sistema u Republici Srbiji – trenutno stanje i moguća unapređenja", *Informacione tehnologije – sadašnjost i budućnost, IT'15*, Žabljak, pp. 108-111, ISBN: 978-86-85775-16-1, Februar 2015.
- [2] D. Janković, A. Milenković, P. Rajković, T. Stanković, I. Marković, S. Cvetković, D. Vučković, S. Pešić, "Medicinski informacioni sistem MEDIS.NET", realizator: Elektronski fakultet u Nišu, 2010.
- [3] N. Prasad, A. Rajesh, "RFID-Based Hospital Real Time Patient Management System", *International Journal of Computer Trends and Technology*, Vol 3. Issue 3, pp. 509-517, ISSN: 2231-2803, 2012.
- [4] Arduino, OnLine, www.arduino.cc, datum poslednjeg pristupa sajtu: 07.02.2016.
- [5] N. Mahmood, A. Burney, Z. Abbas, A. K. Bari, Q. Arifeen, "Time Oriented Database Using RFID", *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 10, Issue 3, No 1, pp. 248-255, ISSN: 1694-0814, May 2013.
- [6] T. I. Cerlinca, C. Turcu, C. Turcu, M. Cerlinca, "RFID-based Information System for Patients and Medical Staff Identification and Tracking", *Sustainable Radio Frequency Identification Solutions*, pp. 193-207, ISBN: 978-953-7619-74-9, 2010.
- [7] Atmega328, datasheet, Atmel, 2015. OnLine, http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf, datum poslednjeg pristupa sajtu: 07.02.2016.
- [8] M. Marjanović, A. Ilić, "Analiza SPI komunikacionog protokola pomoću logičkog analizatora", *IEEEESTEC – 4th Student Projects Conference*, Niš, pp. 5-10, ISBN: 978-86-6125-052-1, 2011.
- [9] A. Milenković, I. Marković, D. Janković, A. Veljanovski, M. Stojković, "Realizacija sistema za zakazivanje pregleda upotrebom SMS-a i njegova integracija sa MIS", *INFOTEH 2015, Jahorina*, Vol. 14, p. 492-497, ISBN 978-99955-763-6-3, Mart 2015.

OCENA SUBJEKTIVNE RAZUMLJIVOSTI CVC LOGATOMA U AMBIJENTU PRAVOSLAVNE CRKVE ASSESSMENT OF THE SUBJECTIVE INTELLIGIBILITY OF CVC LOGATOMS IN THE ENVIRONMENT OF ORTHODOX CHURCH

Violeta Stojanović, Dijana Kostić, Zoran Milivojević, Zoran Veličković, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija*

Sadržaj: U ovom radu izvršena je ocena subjektivne razumljivosti logatoma tipa CVC u prisustvu Babble šuma u ambijentu pravoslavne crkve na osnovu MOS testa. U prvom delu rada definisana je razumljivost govora i prikazana je podela fonema u srpskom jeziku. U drugom delu rada opisan je eksperiment u okviru koga je: a) izvršeno snimanje akustičkih impulsnih odziva objekta srpske pravoslavne crkve, b) izvršeno snimanje logatoma za srpski jezik i c) izvršen MOS test razumljivosti CVC logatoma. Rezultati eksperimenta su prikazani tabelarno. Na osnovu komparativne analize pokazano je da je subjektivna razumljivost CVC logatoma u ambijentu pravoslavne crkve slaba.

Ključne reči: razumljivost govora, impulsní odziv prostorije (RIR), Babble šum, MOS, razumljivost logatoma.

Abstract: In this paper the assessment of the subjective intelligibility of the CVC type logatom in the presence of the Babble noise has been made in the environment of the Orthodox church on the basis of the MOS test. In the first part of the paper, speech intelligibility is defined and the classification of phonemes in the Serbian language is given. In the second part of the paper, an experiment has been elaborated in which: a) recording of the acoustic room impulse response of the Orthodox church building has been performed, b) recording of the logatom for the Serbian language has been made and c) intelligibility of the CVC logatom has been tested by a MOS test. The results of the test have been presented in tables. On the basis of the comparative analysis, it has been concluded that the subjective intelligibility of the CVC logatom in the environment of the Orthodox church is weak.

Keywords: Speech intelligibility, Room Impulse Response (RIR), Babble noise, MOS, Logatom intelligibility.

1. UVOD

Razumljivost govora je najvažniji parametar kvaliteta govora. Kvalitet audio sistema preko koga se prenosi govorni signal, ocenjuje se stepenom njegove razumljivosti, vernosti i prirodnosti [1]. Razumljivost govora u nekom jeziku podrazumeva razumljivost logatoma (jednosložnih reči bez značenja) zbog toga što slušalac nije u stanju da nerazumljive reči određuje nekom kombinacijom po smislu tih reči i na osnovu iskustva. Zato razumljivost logatoma predstavlja merilo kvaliteta datog prenosnog puta govornog signala i standard za egzaktno merenje razumljivosti govora.

Problem prenosa i razumljivosti govora prvi su istakli French i Steinberg kao i Beranek 1947. god. [2]. Njihova istraživanja su bila osnova Kryter-u, 1962. god. za opisivanje i vrednovanje indeksa artikulacije, *AI* (**engl.** *Articulation Index*). Peutz je 1971. god. razvio algoritam za predviđanje razumljivosti govora u auditorijumima i predložio parametar koji se odnosi na gubitak artikulacije suglasnika, *AL_{cons}* (**engl.** *Articulation Loss of Consonants*) [3]. Houtgast i Steeneken su 1971. god. razvili, a 1980. god. potvrdili objektivnu metodu za merenje kvaliteta prenosa govora u prostoriji [2], u kojoj

su predložili akustički parametar indeks prenosa govora, *STI* (**engl.** *Speech Transmission Index*) [4]. Prva subjektivna merenja razumljivosti govora vršena su u audiometriji [2]. Subjektivno ocenjivanje sistema za prenos govora pomoću testova razumljivosti (test reči, najčešće sa logatomima tipa CVC, VCV, CV, VC, CCVC, CVCC, (C-konsonant, V-vokal), test rečenica, test slogova) otvorenog i zatvorenog tipa su započeli Fletcher i Steinberg, 1929. god., a zatim su ih sledili Egan 1944., Miller i Nicely, 1955., House 1965., Voiers 1977. i dr. Pregled testova ocenjivanja za razumljivost govora su dali Pols 1991. i Steeneken 1992.

U ovom radu izvršena je ocena subjektivne razumljivosti logatoma tipa CVC u prisustvu Babble šuma za pravoslavnu crkvu na osnovu MOS (**eng.** *Mean Opinion Score*) testa. Postupak merenja je obavljen tako što su najpre formirane baze: a) logatoma, b) impulsnih odziva crkve, c) simuliranih akustičkih signala crkve i d) simuliranih akustičkih signala sa superponiranim Babble šumom za određene odnose SNR (**eng.** *Signal Noise Ratio*). Efekat akustičkog ambijenta crkve simuliran je, pomoću programa Matlab, konvolucijom govornog signala sa snimljenim impulsnim odzivima crkve. Simulacija efekta ljudi koji govore i ometaju originalni signal

ostvarena je superpozicijom Babble šuma (**engl. Babble noise, BN**) i generisanog akustičkog signala crkve. MOS test razumljivosti sproveden je tako što slušaoci zapisuju reprodukovane logatome onako kako ih čuju. Razumljivost govora se ocenjuje na bazi tačnih i netačnih odgovora. Nakon analize dobijenih rezultata i komparacije sa međunarodnim standardom IEC 60268-16:2011 donosi se zaključak o oceni razumljivosti govora u crkvi.

Organizacija rada je sledeća: u Sekciji 2 definisana je razumljivost govora i prikazana je podela fonema u srpskom jeziku. U Sekciji 3 prikazani su rezultati i analiza rezultata MOS testa razumljivosti logatoma tipa CVC. Sekcija 4 je zaključak.

2. RAZUMLJIVOST GOVORA

Razumljivost govora označava *tačnost kojom slušalac prima sadržaj govora* [5]. Na razumljivost govora utiču sledeći faktori: a) vreme reverberacije, b) uticaj izobličenja u prenosnom smislu, c) uticaj jačine govora, d) uticaj odnosa SNR i e) direktan i reflektovani zvuk u prostoru. Razumljivost u zadatim fizičkim okolnostima zavisi i od: sadržine govora, preciznosti izgovora glasova i diktije govornika, koncentracije slušaoca na govor, godine starosti i td. Korelacija između razumljivosti logatoma i razumljivosti govora prikazana je u tbl 1. [6].

Za uspešnu komunikaciju potrebno je ostvariti odgovarajuću razumljivost govora kako bi kombinacije glasova u slogovima i rečima bile prepoznatljive [5].

U srpskom jeziku postoje 30 fonema (glasova). Fonemi se prema svojim zajedničkim osobinama mogu svrstati u određene grupe: a) prema šumnosti na: bešumne (to su vokali, ima ih 5) i šumne (to su konsonanti, ima ih 25), b) prema učestanosti javljanja u srpskom jeziku na fonetski balansirane foneme tipa CVC i tipa CCV i na c) uniformno balansirane logatome koji su svi jednako zastupljeni u srpskom jeziku i oblika su CVCV. Vokali su zvučni, dok konsonanti mogu biti i zvučni i bezvučni. Na razumljivost govora utiču konsonanti. Dodatno, na razumljivost govora utiče šum ambijenta kao i Babble šum BN koji je posledica istovremenog govora *N* osoba (BNN) [7]. BN svojim prisustvom dovodi do degradacije korisnog akustičkog signala. Mera degradacije predstavlja se odnosom signal-šum SNR.

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

3.1 Eksperiment

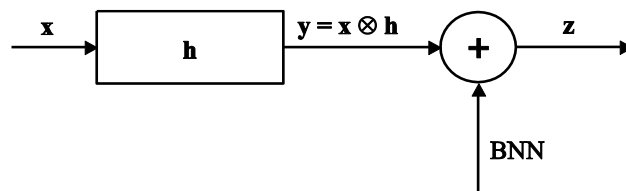
U radu je izvršena ocena razumljivosti logatoma tipa CVC u prisustvu Babble šuma za pravoslavnu crkvu „Sveti Prokopije“ u Katunu (Niš, Srbija) primenom MOS testa.

Tabela 1. Korelacija između razumljivosti logatoma i razumljivosti govora.

Razumljivost logatoma [%]	0 – 34	34 – 65	65 – 85	85 – 95	95 - 100
Razumljivost govora	Loša	Slaba	Prihvatljiva	Dobra	Odlična

Pravoslavna crkva ima zapreminu $V = 1659.68 \text{ m}^3$, površinu $S = 646.68 \text{ m}^2$, unutrašnji zidovi i plafon su od maltera (koeficijent apsorpcije $\alpha = 0.02$). Pod je od keramičkih pločica (koeficijent apsorpcije $\alpha = 0.015$). Vreme reverberacije je $RT = 2.05 \text{ s}$.

Dijagram signala za MOS test razumljivosti prikazan je na sl. 1. gde je: **x** čist govorni signal, **h** impulsni odziv crkve, **y** generisan akustički signal i **z** generisan akustički signal sa superponiranim Babble šumom.



Slika 1. Dijagram signala za MOS test razumljivosti logatoma tipa CVC.

MOS test razumljivosti sproveden je sa *M* slušaoca koji su zapisivali fonetski balansirane logatome koje čuju (tbl. 2. i tbl.3). Rezultati su sagledani na bazi tačnih i netačnih odgovora. MOS test sadrži listu od *L* tipa fonetski balansiranih logatoma tipa CVC.

Razumljivost ℓ -tog tipa logatoma ($\ell = 1, \dots, L$) u mernoj tački MP za *i*-tog slušaoca ($1 \leq i \leq M$) u prisustvu Babble šuma sa konkretnim vrednostima SNR se definiše kao:

$$LI(\ell, i, SNR) = \frac{NEWL(\ell, i, SNR)}{NLS} [\%], \quad (1)$$

gde je *NEWL* – broj tačno zapisanih logatoma ℓ -tog tipa od strane *i*-tog slušaoca, a *NLS* – broj izgovorenih logatoma. Srednja vrednost razumljivosti ℓ -tog tipa logatoma svih slušaoca u mernoj tački za konkretnu vrednost SNR je:

$$LI_{\ell}(SNR) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M LI(\ell, i, SNR) [\%]. \quad (2)$$

Srednja vrednost razumljivosti svih logatoma za sve slušaoce u mernoj tački za konkretnu vrednost SNR je:

$$\overline{LI_{\ell}(SNR)} = \frac{1}{L} \sum_{\ell=1}^L LI_{\ell}(SNR) [\%]. \quad (3)$$

3.2 Baza

Bazu eksperimenta čine: **1)** baza originalnog govornog signala **x**: a) napravljena je Test lista od *L* = 3 tipa fonetski

Tabela 2. Testirani fonetski balansirani CVC tip 1 i CVC tip 2 logatomi [%].

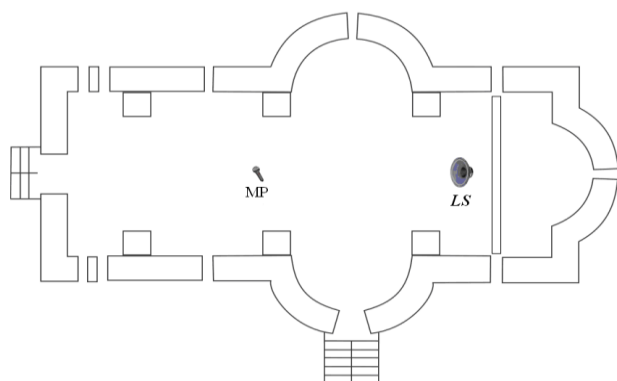
red. br.	CVC tip 1			CVC tip 2		
	x	y	$z _{SNR=\{-10,0\}dB}$	x	y	$z _{SNR=\{-5,20\}dB}$

1.	KAN	FELJ	SAS	NIT	TES	NOK
2.	VUD	TOC	NOJ	SAL	JER	POS
3.	MEN	TIŠ	VEN	NJEK	TAR	DUČ
4.	VAB	JAN	MEĐ	JEČ	KET	NAT
5.	DAV	ROZ	VAT	BIN	PIJ	NIV
6.	PIL	GAD	ŠOR	DEV	DAM	LOZ
7.	DIK	RON	VOD	NOG	RAJ	SUN
8.	ROJ	SET	LUN	SAP	LAR	ZOD
9.	VOK	RIDŽ	MUL	KER	DAG	VAN
10.	ŽIČ	ZONJ	JOS	POB	RIL	BEČ

Tabela 3. Testirani fonetski balansirani CVC tip 3 logatomi [%].

CVC tip 3			
red. br.	x	y	$z _{SNR=\{0,30\}dB}$
1.	HED	ČET	GAV
2.	MENJ	TID	PIN
3.	TUK	ŽEČ	PIT
4.	KIG	PED	ZAŠ
5.	JAV	JOR	TIJ
6.	MOS	ŠER	MIS
7.	SEP	NAH	NAN
8.	POL	MAR	TAJ
9.	KOT	KIS	DIR
10.	SIS	LOR	NIS

balansiranih logatoma CVC od po 30 reči. b) snimljeno je 6 govornika (3 muška i 3 ženska, godine starosti: 18 ÷ 25) koji su čitali Test listu; 2) baza impulsnih odziva crkve h: bazu podataka čine wav fajlovi koji su dobijeni snimanjem akustičkih impulsnih odziva crkve pomoću softverskog paketa EASERA. Snimanja su izvršena u mernoj tački MP (sl. 2.).



Slika 2. Položaj merne tačke MP i zvučnog izvora LS u crkvi tokom snimanja impulsnog odziva.

Merna tačka MP je 7 m udaljena od zvučnog izvora LS. Merenje impulsnog odziva izvršeno je pomoću pobudnog log sweep signala [8] u trajanju od 6 s. Frekvencija smplovanja je $f_s = 44.1$ kHz. Postupak merenja impulsnih odziva u crkvi obavljen je u skladu sa standardom ISO 3382 [9]; 3) baza simuliranih akustičkih signala crkve y: efekat akustičkog

ambijenta crkve simuliran je, pomoću programa Matlab, konvolucijom čistog govornog signala x, sa snimljenim impulsnim odzivima crkve h. 4) baza Babble šuma BNN: snimljen je Babble šum tipa BN8 (8 govornika, 4 muška i 4 ženska, godina starosti 18÷25). 5) baza simuliranih akustičkih signala sa superponiranim BN8 šumom z: akustički signal je simuliran za $SNR = \{-10, -5, 0, 10, 20, 30\}$ dB.

U procesu sprovođenja MOS testa u kome je učestvovalo 34 slušaoca (17 ženskih i 17 muških, godina starosti: 18÷25) formirane su liste tačno i netačno zapisanih logatoma. Na osnovu lista izračunata je razumljivost logatoma saglasno (1)÷(3). Razumljivosti su predstavljene procentualno.

3.3. Rezultati

U tbl. (4.-6.) prikazane su razumljivosti LI za logatome tipa CVC 1, CVC 2 i CVC 3. U tbl. 7. prikazane su srednje vrednosti razumljivosti LI za logatome tipa CVC 1, CVC 2 i CVC 3 i srednja vrednost razumljivosti svih tipova logatoma LI za čist govorni signal x i za simulirani govorni signal y (sl. 1).

Tabela 4. Razumljivost logatoma CVC tip 1 [%].

CVC tip 1							
red. br.	logatomi	x	logatomi	y	logatomi	$z _{SNR=-10dB}$	$z _{SNR=10dB}$
1.	KAN	50	FELJ	0	SAS	20	70
2.	VUD	80	TOC	0	NOJ	0	0
3.	MEN	40	TIŠ	0	VEN	0	50
4.	VAB	30	JAN	30	MEĐ	0	10
5.	DAV	20	ROZ	60	VAT	0	60
6.	PIL	50	GAD	20	ŠOR	0	0
7.	DIK	80	RON	0	VOD	0	20
8.	ROJ	60	SET	50	LUN	0	0
9.	VOK	80	RIDŽ	0	MUL	0	10
10.	ŽIČ	80	ZONJ	0	JOS	0	20

3.4. Analiza rezultata

1. Na osnovu razumljivosti svih logatoma CVC (tbl. (4.-6)) zaključuje se da: a) 33.33 % logatoma CVC koji se odnose na čist govorni signal x ima odličnu razumljivost, po 26.67 % ima prihvatljivu i slabu razumljivost, a 13.33 % ima lošu razumljivost; b) 76.66 % logatoma CVC koji se odnose na ulazni signal sa impulsnim odzivom crkve y ima lošu razumljivost, 10 % ima prihvatljivu razumljivost, 6.67 % ima slabu i po 3.33% ima dobru i odličnu razumljivost; c) svi CVC logatomi koji se odnose na ulazni signal sa impulsnim odzivom crkve i Babble šumom z sa $SNR = \{-10, -5, 0, 10, 20, 30\}$ dB imaju najveći procenat loše razumljivosti: 100 %, 60 %, 40 %, 70%, 40 % i 40%, respektivno. d) najveći procenat slabe razumljivosti (30%) imaju sigali z sa $SNR = \{0, 20\}$ dB, a zatim slede signali z sa $SNR = \{-5, 10\}$ dB) 20 % i z sa $SNR = 30$ dB 10 % razumljivosti; e) prihvatljivu razumljivost ima 30 % signala z sa $SNR = 20$ dB, 20 % signala z sa $SNR = \{-5, 30\}$ dB

Tabela 5. Razumljivost logatoma CVC tip 2 [%].

CVC tip 2							
red. br.	logatomi	x	logatomi	y	logatomi	$z _{SNR=-5dB}$	$z _{SNR=20dB}$
1.	NIT	100	TES	91.67	NOK	25	41.67
2.	SAL	100	JER	8.33	POS	75	66.67
3.	NJEK	100	TAR	8.33	DUČ	50	50
4.	JEČ	100	KET	66.67	NAT	8.33	33.33
5.	BIN	75	PIJ	0	NIV	0	0
6.	DEV	75	DAM	33.33	LOZ	0	0
7.	NOG	100	RAJ	8.33	SUN	25	33.33
8.	SAP	100	LAR	0	ZOD	33.33	41.67
9.	KER	100	DAG	0	VAN	50	66.67
10.	POB	25	RIL	0	BEČ	66.67	83.33

Tabela 6. Razumljivost logatoma CVC tip 3 [%].

CVC tip 3							
red. br.	logatomi	x	logatomi	y	logatomi	$z _{SNR=0dB}$	$z _{SNR=20dB}$
1.	HED	58.33	ČET	83.33	GAV	25	25
2.	MENJ	0	TID	16.67	PIN	58.33	66.67
3.	TUK	50	ŽEĆ	8.33	PIT	58.33	100
4.	KIG	41.67	PED	0	ZAŠ	100	100
5.	JAV	50	JOR	8.33	TIJ	0	0
6.	MOS	100	ŠER	66.67	MIS	91.67	91.67
7.	SEP	66.67	NAH	8.33	NAN	0	0
8.	POL	66.67	MAR	25	TAJ	75	83.33
9.	KOT	100	KIS	100	DIR	8.33	8.33
10.	SIS	100	LOR	0	NIS	50	58.33

Tabela 7. Srednja vrednost razumljivosti logatoma CVC [%]

Signal	SNR (dB)	Vrsta logatoma			
		CVC tip1	CVC tip 2	CVC tip 3	\overline{CVC}
x	∞	57	87.50	63.33	69,27
y	∞	16	21.60	31.67	23,09
z	-10	2	/	/	
	-5	/	33.34	/	
	0	/	/	46.67	
	10	24	/	/	
	20	/	41.67	/	
	30	/	/	53.33	

i 10 % signala z sa SNR = {-5, 30} dB; f) dobru razumljivost ima 30 % logatoma koji se odnose na signal z sa SNR = 30 dB i

10 % logatomi koji se odnose na signal z sa SNR = 30 dB i g) odličnu razumljivost ima 10 % logatoma koji se odnose na signal z sa SNR = 0 dB.

2. Na osnovu srednje vrednosti razumljivosti logatoma CVC po signalima (tbl. 7.) zaključuje se da: a) od ulaznih signala x samo logatomi CVC tip 2, imaju srednju vrednost razumljivosti koja pripada grupi dobre razumljivosti (procenat srednje razumljivosti im je 87.5 %), ostali logatomi imaju srednju vrednost razumljivosti koja ih svrstava u slabe razumljive; b) srednja vrednost razumljivosti logatoma CVC

koji se odnose na signal sa impulsnim odzivom crkve, y, (16÷31.67 %) pripada vrednostima za lošu razumljivost; c) logatomi koji se odnose na signal sa impulsnim odzivom i Babble šumom z sa SNR = {-10, -5, 10} dB imaju srednje vrednosti razumljivosti 2%, 33.34% i 24% što podrazumeva lošu razumljivost i c) logatomi koji se odnose na ostale signale imaju srednju vrednost razumljivosti koja ih klasifikuje u slabo razumljive.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu komparacije rezultata dobijenih MOS testom za ocenu subjektivne razumljivosti logatoma tipa CVC u prisustvu Babble šuma za pravoslavnu crkvu, i uporednih vrednosti za razumljivost logatoma i razumljivost govora datih Međunarodnim standardom IEC 60268 - 16 zaključuje se da je razumljivost svih CVC logatoma u ambijentu crkve prihvatljiva samo za glas govornika bez ikakvih smetnji (srednja vrednost razumljivosti je 69.27 %). Od ostalih generisanih signala najbolju razumljivost CVC logatoma, 53.33 %, ima signal sa impulsnim odzivom i Babble šumom sa SNR = 30 dB koja pripada opsegu slabe razumljivosti logatoma.

Ovom analizom je pokazano da je razumljivost logatoma CVC u ambijentu analizirane pravoslavne crkve loša i slaba, što se i očekivalo zbog relativno velikog vremena reverberacije.

LITERATURA

- [1] H. Kuttruff, "Room acoustics", *fifth edition*, Spoon Press, 2009.
- [2] H. J. M. Steeneken, "On measuring and predicting speech intelligibility", *Academisch Proefschrift*, Soesterberg, 1992.
- [3] Peutz, V. M. A. "Articulation Loss of Consonants as a criterion for Speech Transmission in a Room", *J. AUDIO - ENG. SOC.* Vol 19, p. 915 - 919, 1971.
- [4] Steeneken, H. J. M., "Apsyhical Method for measuring Speech Transmission Quality", *J. ACOUST. SOC. AM.*, Vol 19, 1980.
- [5] Lj. Subotić, D. Sredojević, I. Bjelaković, "Fonetika i fonologija: ortoepska i ortografska norma standardnog srpskog jezika", *Filozofski fakultet*, Novi Sad, 2012.
- [6] International Electrotechnical Commission IEC 60268-16 – International Standard: "Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index", *Switzerland:IEC*, 2011.
- [7] N. Krishnamurthy, Student member, IEEE, and John H.L. Hansen, Fellow IEEE, "Babble Noise: Modeling, Analysis and Applications", *IEEE Transactions on audio, speech and language processing*, vol 17, no.7 september 2009.
- [8] A. Farina, "Advancements in impulse response measurements by sine sweeps", *122nd Audio Engineering Society Convention*, Vienna, Austria, 2007.
- [9] ISO 3382: 1997, Acoustic - Measurement of the Reverberation Time of Rooms with Reference to Other Acoustical Parameters, 1997.

UTICAJ PREDIKCIONIH STRUKTURA H.264 KODERA NA KVALITET EKSTRAHOVANOG VODENOG ŽIGA IZ HAOS DOMENA

THE EFFECT OF PREDICTION STRUCTURES H.264 ENCODER TO QUALITY OF EXTRACTED WATERMARK FROM THE CHAOS DOMAIN

Zoran Veličković, Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš*
Milojko Jevtović, *Inženjerska akademija Srbije*

Sadržaj: *Bezbedna razmena digitalnih video sadržaja putem Interneta zahteva primenu savremenih tehnika zaštite. U ovom radu je prikazano insertovanje šifrovanog vodenog žiga u nekodovani video sadržaj kao jedan od vidova zaštite videa od kopiranja. Uticaj predikcionih struktura H.264 koder na preživljavanje insertovanog vodenog žiga u videu je testiran za dve šeme. Vodeni žig je šifrovan multistage Arnoldovom transformacijom, a na prijemu je primenjen napredni algoritam popravke kvaliteta kojim je ostvaren SSIM indeks od 0.71521 za IBBBBBP šemu. Rezultati dobijeni kroz prikazani primer opravdavaju primenu multistage Arnoldove transformacije za zaštitu videa od kopiranja i podižu nivo bezbednosti na viši nivo.*

Abstract: *Secure sharing of digital video content over the Internet requires the use of modern techniques of protection. This paper describes the insertion of encrypted watermark in unencoded video content as a way of protecting copyrights. The impact of predictable structure of H.264 encoder to the survival of the inserted watermark is tested for the two schemes. The watermark is encrypted with multistage Arnold transformation, and on the reception has been applied an advanced algorithm for the realized by the SSIM index 0.71521 for IBBBBBP scheme. Results obtained through the displayed example justifying the application of multistage Arnold transformation for video copy protection and raise the level of security to a higher level.*

1. UVOD

Razmena digitalnih multimedijalnih sadržaja na Internetu je postala dominantna forma mrežnog saobraćaja [1]. Laka dostupnost multimedijalnih sadržaja, a posebno videa, je presudno uticala na ovu činjenicu. Čini se da je najvažniju ulogu u tome odigrao Web portal Jutjub (engl. *Youtube*) koji je dao mogućnost svakom korisniku Interneta da postavi sopstveni video sadržaj dostupan širom sveta. Još jedan razlog koji ide u prilog ovoj činjenici se odnosi na tehnički aspekt digitalnih multimedijalnih sadržaja. Naime, za razliku od analognih, prilikom kopiranja digitalnih multimedijalnih sadržaja se ne gubi na njihovom kvalitetu. Navedene karakteristike multimedijalnih sadržaja su pogodovale pojavi piraterije, odnosno, nelegalnom kopiranju i distribuciji multimedijalnih sadržaja na Internetu. Piraterija je posebno izražena u muzičkoj i filmskoj industriji. Na nelegalno filmsko tržište otpada oko 35.2% ukupno piratizovanih multimedijalnih sadržaja [2]. Finansijski gubici kao posledica piraterije u savremenom svetu mere se u milijardama dolara [3].

Za zaštitu od kopiranja digitalnih multimedijalnih sadržaja mogu se primeniti standardne kriptografske tehnike, ali su za praktičnu primenu mnogo efikasnije metode bazirane na insertovanju vodenog žiga u multimedijalni sadržaj. Dobra osobina multimedijalnih aplikacija da su u izvesnoj meri tolerantne na gubitke paketa [4], predstavlja zapravo otežavajuću okolnost za primenu standardnih kriptografskih tehnika. Zbog toga se kriptografske tehnologije zasnovane na infrastrukturi javnog ključa PKI (engl. *Public Key Infrastructure*) veoma retko koriste u ove svrhe.

U ovom radu je razmatrana ugradnja kriptovanog vodenog žiga u nekodovani video sadržaj u cilju zaštite od kopiranja. Tehnike vodenog žiga podrazumevaju ugrađivanje, oku posmatrača, nevidljivih digitalnih slika u video sadržaj. Poznavanje sadržaja originalnog vodenog žiga može imati negativne efekte na bezbednost zaštićenog videa. Zbog toga se za kriptovanje vodenog žiga koristi tehnika invertibilnih haotičnih mapa (engl. *Chaotic Maps*) [5] - [10]. U [5]-[7] su korišćene hibridne tehnike za šifrovanje vodenog žiga koje u prvom koraku koriste Arnoldovu transformaciju - parametarizovanu formu dvodimenzione (2D) haotične mape. U [5] je korišćena jednoparametraska, u [6] i [8] dvoparametraska, a u [7], [9] i [10] standardna forma Arnoldove transformacije. U drugom koraku hibridnih tehnika je u [5] primenjena modifikacija histograma, u [6] dodatna parametarska Arnoldova transformacija, a kros-haotična mapa (engl. *Cross-Chaotic*) u [7]. Za razliku od [7] u kome se koristi dvostruko kriptovanje vodenog žiga, u ovom radu se predlaže primena generalizovane višestruke (engl. *multistage*) parametarske 2D Arnoldove transformacije [6]. Primenom multistage Arnoldove transformacije se kriptološki prostor za pretraživanje može znatno uvećati. Za dobijanje originalnog vodenog žiga iz kriptovanog, primenjuju se inverzna multistage Arnoldova transformacija [6]. Pored poznavanja transformacionih parametara, za primenu inverznih Arnoldovih transformacija potrebno je poznavati i početne uslove na koje su sve haotične mape posebno osetljive. Za insertovanje kriptovanih vodenih žigova u ovom radu je primenjen unapređeni pouzdana SVD algoritam [11] u DCT domenu, dok se u [7] koristi tehnika insertovanja „piksel po piksel“.

Za razliku od [5], [7]-[9] kod kojih se vodeni žig insertuje u sliku, u ovom radu se vodeni žig insertuje u video, tačnije, u svaki frejm nekodovanog videa. Za razliku od [10], zaštićeni video se potom koduje H.264/AVC koderom kao bi se izložio korisnicima. Obzirom da proces kodovanja videa spada u klasu kompresije sa gubicima, to ima negativne efekte kako na sam kvalitet videa, tako i na kvalitet insertovanog vodenog žiga. Na kvalitet kodovanog videa se može uticati skupom kodnih parametara koji su svrstani u profile. Profilima se pored ostalog može uticati na izbor predikcione strukture koja će biti primenjena pri kodovanju. U praktičnom delu rada korišćen je Main profil H.264/AVC koda koji podrazumeva postojanje I, P i B frejmova sa odgovarajućim predikcionim strukturama u ovom radu označenim kao: IBPBPBP i IBBBBBP. U zavisnosti od kodnih profila i primenjene predikcione strukture dolazi do zanemarivanja detalja, kako video frejmova, tako i sadržaja utisnutog vodenog žiga. Ova činjenica nameće upotrebu algoritma za popravkom kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga iz videa. U ovom radu je primenjen napredni algoritam za popravku kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga iz dekodovanog videa [11].

Ostatak rada je strukturiran na sledeći način. U drugom poglavlju je prikazana multistage Arnoldova haotična 2D mapa za šifrovanje sadržaja vodenog žiga. U trećem poglavlju su ukratko prikazane karakteristike H.264/AVC koda i opisani su raspoloživi kodni profili. U četvrtom poglavlju je prikazana primena multistage Arnoldove transformacije za kriptovanje vodenog žiga. Takođe, prikazani su ekstrahovani vodeni žigovi popravljenog kvaliteta iz videa kodovanog različitim predikcionim strukturama. U petom poglavlju su izvedeni odgovarajući zaključci na bazi sprovedenih ispitivanja.

2. MULTISTAGE ARNOLDOVA TRANSFORMACIJA

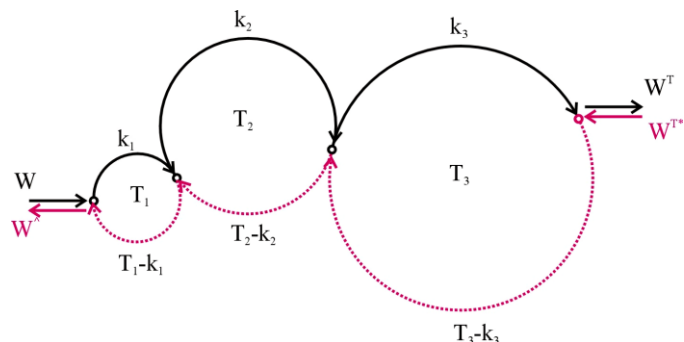
U procesiranju slika najčešće se koristi invertibilna Arnoldova transformacija [5]-[10] čiji je generalizovani oblik dat jednačinama (1) i (2).

$$\begin{bmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & b \\ a & ab+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} \bmod N \quad (1)$$

$$x_n, y_n \in [0, 1, 2, \dots, N-1] \times [0, 1, 2, \dots, N-1] \quad (2)$$

Uređeni parovi (x_n, y_n) i (x_{n+1}, y_{n+1}) predstavljaju koordinate piksela vodenog žiga pre i posle transformacije respektivno. Parametri a i b su pozitivni celi brojevi koji predstavljaju poznate - zadate parametre Arnoldove transformacije. Parametar N predstavlja dimenziju kvadratnog žiga u pikselima.

Osnovna ideja multistage Arnoldove transformacije se zasniva na uzastopnoj primeni više različitih Arnoldovih transformacija - etapa sa sopstvenim parametrima. Transformacioni parametri i -te etape a_i, b_i , broj uzastopnih transformacija etape k_i kao i periode Arnoldovih transformacija etape T_i zapravo predstavljaju ključeve za šifrovanje, odnosno, dešifrovanje vodenog žiga. Na sl. 1 je prikazan primer multistage Arnoldove transformacija i inverzne multistage Arnoldove transformacije od tri etape koja je kasnije primenjena u praktičnom delu rada. Prva etapa multistage Arnoldove transformacije ima periodu $T_1=24$, druga $T_2=48$ a treća $T_3=96$.



Slika 1. Primer multistage Arnoldove transformacije (puna linija) i inverzne Arnoldove transformacije (isprekidana linija) od tri etape sa sledećim parametrima: $k_1=8, T_1=24, k_2=31, T_2=48$ i $k_3=12, T_3=96$.

Broj uzastopnih transformacija prve etape je $k_1=8$, druge etape $k_2=31$ i treće etape $k_3=12$. Na primeru sa sl. 1 na izlazu iz treće etape dobija se transformisani vodeni žig W^T koji će kasnije biti insertovan u svaki frejm nekodovanog videa. Izlaz iz ovog algoritma je višestruko šifrovani vodeni žig W^T . Pseudo-kod za realizaciju multistage Arnoldove transformacije i inverzne multistage Arnoldove transformacije se može naći u [6]. Za insertovanje vodenog žiga u nekodovani video u ovom radu je korišćen algoritam baziran na SVD dekompoziciji koji otklanja problem lažne detekcije žiga. Detalji modifikovanog algoritma ugradnje, ekstrakcije i popravke vodenog žiga su opisani u [11].

3. H.264/AVC KODEK

Algoritmi kompresije H.264/AVC kodeka pripadaju klasi algoritama sa gubicima. Ovi algoritmi postižu veliki stepen kompresije predikcijom sadržaja na bazi prethodnih, tekućih i budućih frejmova koji se nazivaju referentnim frejmovima. Pouzdanost predikcije se postiže kompenzacijom pokreta između referentnog i tekućeg frejma. Tako se razlikuju frejmovi tipa I (intra), P (inter), B (bidirectional), SP i SI koji koriste jedan ili više (prethodnih ili budućih) referentnih frejmova. Predviđajući sadržaj pojedinih delova slike na osnovu uočenih sličnosti, moguće je formirati „residualni frejm“ sa znatno manje podataka. Posledica ovog pristupa je zanemarivanje finih detalja u frejmu što ima negativan efekat kako na video frejm, tako i na insertovani žig. Posledica ovog pristupa je varijabilni kvalitet videa, a samim tim i ekstrahovanog vodenog žiga. U prethodnim radovima je opisan iterativni algoritam popravke insertovanog vodenog žiga u video kodovanom H.264/AVC koderom [11]. Da bi se omogućila primena H.264 standarda na što širem skupu uređaja (različitog kvaliteta i formata), formirani su *profili* (engl. *profiles*) kojima je determinisan skup alata za generisanje kompresovanog video strima. H.264/AVC standardom su definisani sledeći profili: Baseline, Extended, Main, i High. Main profil podrazumeva I, P i B frejmove, kao i alate za pospešivanje otpornosti kodovanog strima na greške. Za profesionalnu upotrebu, standardna verzija H.264/AVC koda je proširena dodavanjem novih kodnih alata. Ovako proširena verzija je poznata pod nazivom FRExt. FRExt verzija H.264/AVC standarda je obogaćena novim *High* profilima (HP). U ovom radu je za kodovanje videa korišćen MAIN profil sa veličinom GoP-a (engl. *Group*

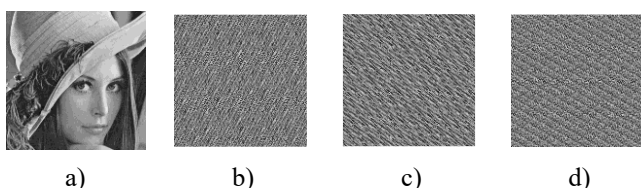
of Pictures) od 12 frejmova. Za ispitivanje kvaliteta zaštićenog videa i kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga testirane su dve predikcione strukture sa jednim, odnosno, sa pet B frejma koje su označene sa IBPBPBP i IBBBBBP respektivno.

4. PRIKAZ I ANALIZA REZULTATA

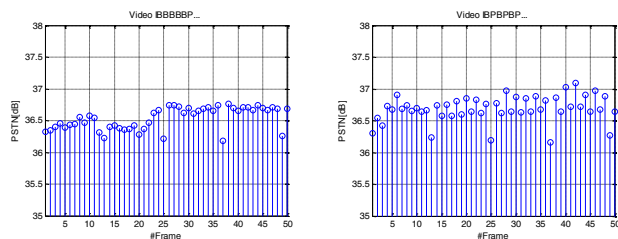
Kao vodeni žig u ovom radu korišćen je centralni deo poznate slike „Lena“ u rezoluciji 288×288 piksela. Na sl. 2 je prikazan izgled vodenog žiga kroz sve tri etape primenjene multistage Arnoldove transformacije. Parametri primenjene multistage Arnoldove transformacije su $a_1=1$, $b_1=1$; $a_2=4$, $b_2=2$; $a_3=5$, $b_3=8$ respektivno. Vodeni žig dobijen posle treće etape (sl. 2d) je insertovan u svaki frejm videa. U prikazanim eksperimentima korišćeno je prvih 50 frejmova nekodovanog video strima „Foreman.cif“ u izmenjenoj rezoluciji 288×288 piksela. Za insertovanje vodenog žiga u sve frejmove korišćen je konstantan faktor utiskivanja $\alpha=0.05$ [11]. Kodovanje i dekodovanje video sekvenci obavljeno je JM referentnim softverom ITU-a (engl. *International Telecommunication Union*) u verziji 18.4 FRExt. Kvalitet kodovanja je definisan velikim skupom FRExt parametara. Ključni uticaj na izbor predikcione strukture imaju sledeći parametri: *IntraPeriod*=12, *NumberReferenceFrames*=5 (za obe šeme), *NumberBFrames*=5 (IBBBBBP šema), *NumberBFrames*=1 (IBPBPBP šema).

Već je poznato da u procesu kodovanja dolazi do zanemarivanja nekih detalja slike kako bi se povećao stepen kompresije kodera. U ovom radu je pokazano da se u zavisnosti od primenjenog kodnog profila može uticati na sposobnost preživljavanja insertovanog vodenog žiga u kodovanom videu. Utiskivanje vodenog žiga u svaki frejm nepovoljno utiče na kvalitet videa. Izuzetno visoke vrednosti PSNR-a (36.5-37dB) za svaki frejm dekodovane sekvence (sl. 3) govore o visokom kvalitetu zaštićenog videa. Sa sl. 3 se može uočiti ujednačen kvalitet dekodovanog videa za obe predikcione šeme. Vrednosti SSIM indeksa za sve ekstrahovane frejmove su prikazani na sl. 4 za obe predokcione šeme. Međutim, sa slike 4 se može uočiti sasvim drugačije ponašanje SSIM indeksa za razmatrane predikcione šeme. Sa sl. 4 (levo) se jasno uočava progresivno povećanje SSIM indeksa sa povećanjem rednog broja frejma za IBBBBBP predikcionu strukturu - šemu, dok ovaj zaključak ne važi za predikcionu šemu IBPBPBP (desno).

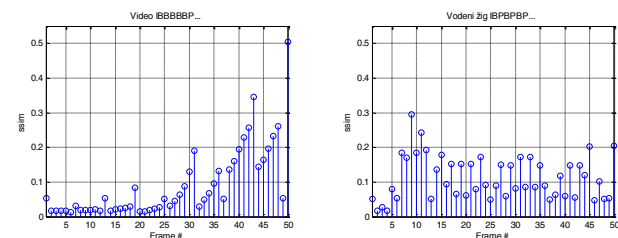
Promenljiv kvalitet ekstrahovanih vodenih žigova iz frejmova 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 i 50 za obe predikcione šeme se može uočiti iz tabele Tabela 1. Ovo je dobar razlog za primenu naprednog algoritma za popravku kvaliteta ekstrahovanih vodenih žigova iz videa.



Slika 2. Izgled vodenog žiga a) original b) posle prve etape b) posle druge etape i c) posle treće etape multistage Arnoldove transformacije.



Slika 3. PSNR za svaki frejm dekodovane video sekvence IBBBBBP struktura (levo) i IBPBPBP struktura (desno).

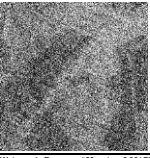
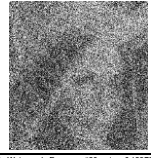
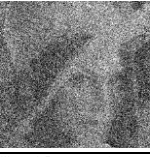



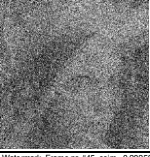







Slika 4. SSIM indeks vodenih žigova ekstrahovanih iz videa kodovanog IBBBBBP (levo) i IBPBPBP šemom (desno).

Upoređujući drugu i treću kolonu iz TAB 1 se može uočiti nešto veća srednja vrednost SSIM indeksa ekstrahovanih žigova za IBPBPBP predikcionu strukturu. Treba primetiti da je vrednost SSIM indeksa vodenog žiga ekstrahovanog iz 50.

Tabela 1. Ekstrahovani vodeni žigovi iz frejmova sa rednim brojevima: 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 i 50 video sekvence “Foreman.cif” kodovane sa predikcionom strukturama IBPBPBP i IBBBBBP.

R. br. frejma	Ekstrahovani žig IBPBPBP	Ekstrahovani žig IBBBBBP
1	Extr. Watermark, Frame no #1, ssim=0.15299 	Extr. Watermark, Frame no #1, ssim=0.054242
5	Extr. Watermark, Frame no #5, ssim=0.08002 	Extr. Watermark, Frame no #5, ssim=0.016839
10	Extr. Watermark, Frame no #10, ssim=0.1842 	Extr. Watermark, Frame no #10, ssim=0.019733
15	Extr. Watermark, Frame no #15, ssim=0.17759 	Extr. Watermark, Frame no #15, ssim=0.021206
20	Extr. Watermark, Frame no #20, ssim=0.060597 	Extr. Watermark, Frame no #20, ssim=0.014555

R. br. frejma	Ekstrahovani žig IBPBPPBP	Ekstrahovani žig IBBBBBBP
25	Ekst. Watermark, Frame no #25, ssim=0.049657 	Ekst. Watermark, Frame no #25, ssim=0.052383 
30	Ekst. Watermark, Frame no #30, ssim=0.081768 	Ekst. Watermark, Frame no #30, ssim=0.12973 
35	Ekst. Watermark, Frame no #35, ssim=0.14843 	Ekst. Watermark, Frame no #35, ssim=0.092859 
40	Ekst. Watermark, Frame no #40, ssim=0.059044 	Ekst. Watermark, Frame no #40, ssim=0.19366 
45	Ekst. Watermark, Frame no #45, ssim=0.20256 	Ekst. Watermark, Frame no #45, ssim=0.16453 
50	Ekst. Watermark, Frame no #50, ssim=0.20505 	Ekst. Watermark, Frame no #50, ssim=0.50397 

frejma IBBBBBBP šeme 0.50397. Ova vrednost SSIM indeksa presudno utiče na popravljjanje kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga, obzirom na primenjeni algoritam popravke [11]. Na slici 5 su prikazani popravljani ekstrahovani vodeni žigovi iz videa kodovanog a) IBPBPPBP šemom odnosno b) IBBBBBBP šemom. SSIM indeks ekstrahovanog vodenog žiga dobijen naprednim algoritmom za popravku kvaliteta je 0.6765 za IBPBPPBP šemu, odnosno 0.71521 za IBBBBBBP šemu. Evidentno je da je IBBBBBBP kodna šema dala kvalitetniji vodeni žig zahvaljujući naprednom algoritmu za popravku kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga. Za primenjeni napredni algoritam od izuzetnog značaja je maksimalna vrednost SSIM indeksa ekstrahovanog žiga. To je osnovni razlog zbog koga je predikciona IBBBBBBP šema realizovala veći SSIM indeks u samo 10 iteracija naprednog iterativnog algoritma. Sa druge strane, napredni algoritam za popravku kvaliteta je realizovao niži SSIM indeks od 0.6765 u 20 iteracija za IBPBPPBP šemu.

5. ZAKLJUČAK

Evidentna je potreba zaštite video sadržaja u uslovima savremenog Interneta. U ovom radu je prikazano korišćenje tehnike insertovanja šifrovanog vodenog žiga u nekodovani



Slika 5. Popravljani vodeni žigovi iz video sekvence kodovane a) IBPBPPBP šemom i b) IBBBBBBP šemom.

video radi njegove zaštite. Originalni vodeni žig je šifrovan primenom multistage Arnoldove transformacije od tri etape, a kodovanje, odnosno dekodovanje videa je obavljeno H.264/AVC koderom. Uticaj kodne šeme na kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga je testiran na dve predikcione strukture. Za dešifrovanje ekstrahovanog vodenog žiga je korišćena inverzna multistage Arnoldova transformacija sa tri etape. U cilju popravke kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga primenjen je napredni algoritam za popravku kvaliteta koji je kod kodne IBBBBBBP šeme realizovao bolji SSIM indeks u 10 iteracija. Nedostatak primene multistage Arnoldove transformacije može biti u dodatnom procesorskom vremenu neophodnom za obradu frejma. Rezultati dobijeni kroz prikazani primer opravdavaju primenu multistage Arnoldove transformacije za zaštitu videa od kopiranja i podižu nivo bezbednosti na viši nivo.

LITERATURA

- [1] M. Meeker, "Internet trends 2015 – code conference", 2015, <http://kpcb.com/InternetTrends>
- [2] <http://www.go-gulf.com/blog/online-piracy/>
- [3] <http://www.havocscope.com/tag/movie-piracy/>
- [4] M. Jevtović, Z. Veličković, "Protokoli prepletenih slojeva", Akademska misao, Beograd, 2012.
- [5] E. Chrysochos, V. Fotopoulos, M. Xenos, A. N. Skodras, "Hybrid watermarking based on chaos and histogram modification", *Sig. Im. Video Proc.*, pp. 843-857, 2014.
- [6] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Jevtović, „Multi-stage Arnold transformation for 2D watermarking encryption“, Vol. 2, pp. 130-135, *UNITECH*, 2015.
- [7] C. Pradhan, V. Saxena, A. K. Bisoi, "Imperceptible Watermarking Technique using Arnold's Transform and Cross Chaos Map in DCT Domain", *Int. Jour. of Comp. Applications*, Vol. 55, No. 15, pp. 50 – 53, 2012.
- [8] L. Sun, J. Xu, X. Zhang, Y. Tian, "An Image Watermarking Scheme Using Arnold Transform and Fuzzy Smooth Support Vector Machine", *Math. Prob. in Engineering*, Vol. 2015.
- [9] B. Nandeesh, L. Meti, G. K. Manjunath, "A Robust Non-Blind Watermarking Technique for Color Video Based on Combined DWT-DFT Transforms and SVD Technique", *I.J. Inf. Tech. and Computer Science*, Vol. 6, No 9, pp. 59-65, 2014.
- [10] M. Ibrahim, N. Kader, M. Zorkany, "Video Multiple Watermarking Technique Based on Image Interlacing Using DWT," *The Scientific World Journal*, Vol. 2014.
- [11] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Jevtović, "The Improved Iterative Algorithm for the Enhancement of the Extracted Watermark from Video Streaming in a Wireless Environment", *ETF Jour. of Electrical Engineering*, Vol. 21, pp. 93-107, 2015.

OPTIMIZACIJA PARAMETRA GREVILLE-OVOG INTERPOLACIONOG JEZGRA U SPEKTRALNOM DOMENU

OPTIMIZATION OF THE PARAMETER OF GREVILLE INTERPOLATION KERNEL IN THE SPECTRAL DOMAIN

Nataša Savić, Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš*
Darko Brodić, *Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu, Bor, Srbija*

Sadržaj: U prvom delu rada izvršena je optimizacija parametra jednoparametarskog Greville-ovog jezgra u spektralnom domenu. Optimizacija je urađena za dva kriterijuma: a) smanjenje talasavosti amplitudske karakteristike i b) dobra aproksimacija idealne amplitudske karakteristike. U drugom delu rada eksperimentalnim putem određena je optimalna vrednost parametra jezgra za audio i govorni signal i izvršena komparativna analiza sa rezultatima dobijenim optimizacijom.

Ključne reči: Interpolacija, kubna konvolucija, parametarsko jezgro.

Abstract: The first part of the paper shows the optimization of the parameter of one-parameter Greville kernel in the spectral domain. The optimization was performed for two criteria: a) the reduction of wiggles of the amplitude characteristic and b) a good approximation of the ideal amplitude characteristic. The second part of the paper provides the experimental in which the optimal value of kernel parameter was determined for the audio and speech signal and a comparative analysis of the results obtained by the optimization.

Key words: Interpolation, cubic convolution, parametric kernel.

1. UVOD

Interpolacija je često prisutna u obradi signala. Za rad u realnom vremenu najčešće se koristi kubna konvoluciona interpolacija [1-8]. Pogodna je jer koristi kubna jezgra koja predstavljaju kompromis između brzine izvršavanja i numeričke preciznosti. Kubna konvolucija prvi put se pominje u radu Rifmana [5], nešto detaljnije kod Simona [6], dok se opšti oblik jezgra prvi put sreće u radu Bernštajna [7]. Značajnu klasu kubnih interpolacionih jezgara čine parametarska jezgra. Polazeći od opšteg oblika jezgra iz Bernštajnovog rada Kejs u radu [8] studiozno proučava tehniku konvolucione interpolacije i jednoparametarsko kubno interpolaciono jezgro. Nakon ovog rada u literaturi o parametarskoj kubnoj konvoluciji ovo jezgro naziva se Kejsovo jezgro. Za potrebe obrade slike vrlo često se koristi i Greville-ovo jednoparametarsko jezgro [9]. Izborom optimalnog parametra jezgra moguće je povećati njegovu preciznost interpolacije. Razvijen je veći broj algoritama za optimizaciju parametra jezgra. Optimizacija se vrši u vremenskom i spektralnom domenu. U [8] predložena je primena parametarskog jezgra kod rekonstrukcije slike i prikazan je algoritam za određivanje optimalne vrednosti parametra α_{opt} . Optimalna vrednost kod primena na procesiranje slike je $\alpha=0.5$. U [4] prikazan je algoritam određivanja α_{opt} Keysovog jezgra u spektralnom domenu primenom Tejlorovog razvoja. Rad [10] opisuje određivanje α_{opt} na osnovu nagiba amplitudske karakteristike na granici propusnog i nepropusnog opsega.

U ovom radu izvršena je optimizacija 1P Greville-ovog jezgra. Optimizacija je izvršena na osnovu dva kriterijuma i to: a) smanjenje talasavosti spektralne karakteristike i b) minimiziranjem greške spektralne karakteristike u

propusnom i nepropusnom opsegu u odnosu na spektralnu karakteristiku idealnog interpolacionog jezgra oblika $\sin x/x$. Primenom jezgra sa izračunatom optimalnom vrednošću izvršena je interpolacija audio i govornog signala. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno.

Rad je organizovan na sledeći način: U Sekciji 2 opisano je Grevillovo jednoparametarsko interpolaciono jezgro. Sekcija 3 prikazuje algoritme za optimizaciju parametra jezgra. Eksperimentalni rezultati i analiza opisani su u Sekciji 4. Sekciji 5 je zaključak.

2. GREVILLE-OVO JEDNOPARAMETARSKO KUBNO KONVOLUCIONO INTERPOLACIONO JEZGRO

Meijering [1] je opisao konvolucionu interpolaciju uz primenu kubnog Greville-ovog jednoparametarskog interpolacionog jezgra:

$$r(x) = \begin{cases} \left(\alpha + \frac{3}{2}\right)x^3 - \left(\alpha + \frac{5}{2}\right)x^2 + 1; & 0 < |x| \leq 1, \\ \frac{1}{2}(\alpha - 1)x^3 - \left(3\alpha - \frac{5}{2}\right)x^2 + \left(\frac{11}{2}\alpha - 4\right)x - (3\alpha - 2); & 1 < |x| \leq 2, \\ -\frac{1}{2}\alpha x^3 + 4\alpha x^2 - \frac{21}{2}\alpha x + 9\alpha; & 2 < |x| \leq 3, \\ 0; & 3 \leq |x| \end{cases} \quad (1)$$

gde je α parametar jezgra.

Na sl. 1.a. prikazano je Greville-ovo jezgro za razne vrednosti parametra α .

Jezgro $r(x)$ definisano jednačinom (1) može se zapisati u obliku zbira komponenata:

$$r(x) = r_0(x) + \alpha r_1(x), \quad (2)$$

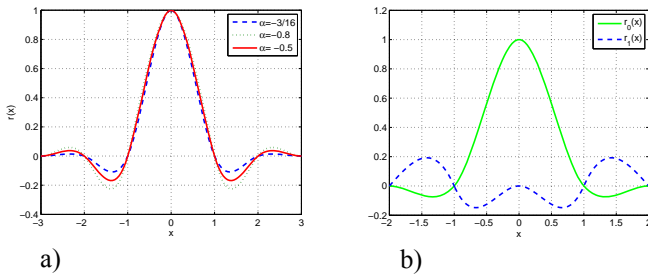
gde su:

$$r_0(x) = \begin{cases} \frac{3}{2}|x|^3 - \frac{5}{2}|x|^2 + 1 & , |x| \leq 1 \\ -\frac{1}{2}|x|^3 + \frac{5}{2}|x|^2 - 4|x| + 2 & , 1 < |x| \leq 2, \\ 0 & , |x| > 2 \end{cases} \quad (3)$$

i

$$r_1(x) = \begin{cases} |x|^3 - |x|^2; 0 < |x| \leq 1 \\ \frac{1}{2}|x|^3 - 3|x|^2 + \frac{11}{2}|x| - 3; 1 < |x| \leq 2 \\ -\frac{1}{2}|x|^3 + 4|x|^2 - \frac{21}{2}|x| + 9; 2 < |x| \leq 3 \\ 0; & 3 \leq |x| \end{cases} \quad (4)$$

Komponente jezgra (r_0) i (r_1) prikazane su na sl. 1. b.



Sl. 1. a) Jednparametarsko Grevileovo jezgro za različite vrednosti parametra. b) Komponente r_0 i r_1 Grevileovog jednaparametarskog jezgra.

3. OPTIMIZACIJA PARAMETRA JEZGRA

3.1 OPTIMIZACIJA NA OSNOVU TEJLOROVOG RAZVOJA

Primenom Furijeove transformacije (FT) nad jezgrom $r(x)$ dobija se spektralna karakteristika jezgra:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r(x) e^{-2\pi x f} dx \quad (5)$$

Kako je:

$$H(f) = FT(r(x)) = FT(r_0(x) + \alpha r_1(x)) = FT(r_0(x)) + \alpha FT(r_1(x)) \quad (6)$$

sledi da je:

$$H(f) = H_0(f) + \alpha H_1(f) \quad (7)$$

gde su:

$$H_0(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_0(x) e^{-2\pi x f} dx \quad (8)$$

i

$$H_1(f) = \int_{-\infty}^{\infty} r_1(x) e^{-2\pi x f} dx \quad (9)$$

spektralne komponente jezgra.

Koristeći:

$$e^{-2\pi x f} = \cos(2\pi x f) - i \sin(2\pi x f) \quad (10)$$

i definiciju (3) spektralna komponenta H_0 može se predstaviti kao zbir određenih integrala:

$$\begin{aligned} H_0(f) = & \int_{-2}^{-1} \left(\frac{1}{2}x^3 + \frac{5}{2}x^2 + 4x + 2 \right) \cos(2\pi x f) dx \\ & - i \int_{-2}^{-1} \left(\frac{1}{2}x^3 + \frac{5}{2}x^2 + 4x + 2 \right) \sin(2\pi x f) dx \\ & + \int_{-1}^0 \left(-\frac{3}{2}x^3 - \frac{5}{2}x^2 + 1 \right) \cos(2\pi x f) dx \\ & - i \int_{-1}^0 \left(-\frac{3}{2}x^3 - \frac{5}{2}x^2 + 1 \right) \sin(2\pi x f) dx \\ & + \int_0^1 \left(\frac{3}{2}x^3 - \frac{5}{2}x^2 + 1 \right) \cos(2\pi x f) dx \\ & - i \int_0^1 \left(\frac{3}{2}x^3 - \frac{5}{2}x^2 + 1 \right) \sin(2\pi x f) dx \\ & + \int_1^2 \left(-\frac{1}{2}x^3 + \frac{5}{2}x^2 - 4x + 2 \right) \cos(2\pi x f) dx \\ & - i \int_1^2 \left(-\frac{1}{2}x^3 + \frac{5}{2}x^2 - 4x + 2 \right) \sin(2\pi x f) dx \end{aligned} \quad (11)$$

Primenom parcijalne integracije i odgovarajućih trigonometrijskih jednakosti spektralna komponenta H_0 može se zapisati u obliku:

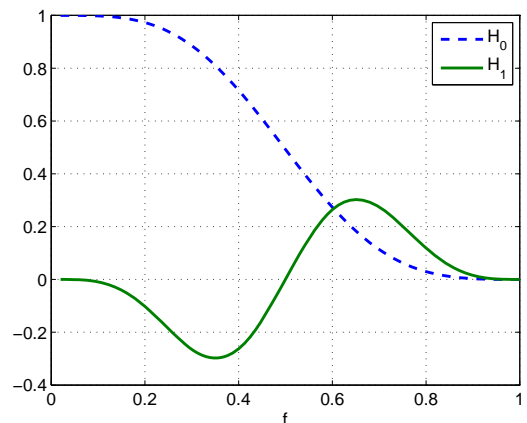
$$\begin{aligned} H_0(f) = & \frac{3 \sin^4(\pi f) - \pi f \sin^2(\pi f) \sin(2\pi f)}{\pi^4 f^4} = \\ & = 3 \text{Sinc}^4(f) - 2 \text{Sinc}^2(f) \text{Sinc}(2f) \end{aligned} \quad (12)$$

gde je $\text{Sinc}(f) = \sin(\pi f) / \pi f$.

Analogno, s obzirom na definiciju (4) sledi:

$$\begin{aligned} H_1(f) = & \frac{\sin(\pi f) \sin(2\pi f) \times \left(\begin{aligned} & 3 \sin(\pi f) \sin(2\pi f) - 6\pi f \sin(\pi f) \\ & + 4\pi f \sin^2(\pi f) \end{aligned} \right)}{\pi^4 f^4} \\ & = 4 \text{Sinc}(2f) \text{Sinc}(f) \times \\ & \left(3 \text{Sinc}(2f) \text{Sinc}(f) - 3 \text{Sinc}(f) + 2\pi^2 f^2 \text{Sinc}^3(f) \right) \end{aligned} \quad (13)$$

Na sl. 2. prikazane su spektralne komponente jezgra



Sl. 2. Spektralne komponente H_0 i H_1 .

Nakon razvoja u Tejlorov red u okolini $f=0$ spektralne komponente dobijaju oblik:

$$H_{T0}(f) = 1 - \frac{1}{5}(\pi f)^4 + \frac{68}{945}(\pi f)^6 - \frac{62}{4725}(\pi f)^8 + \dots \quad (14)$$

i

$$H_{T1}(f) = \frac{16}{15}(\pi f)^4 + \frac{80}{63}(\pi f)^6 - \frac{3056}{4725}(\pi f)^8 + \dots \quad (15)$$

Otuda se spektralna karakteristika jezgra može zapisati u obliku:

$$H_T(f) = 1 - \frac{1}{5} \left(\frac{16}{3}\alpha + 1 \right) (\pi f)^4 + \frac{4}{63} \left(\frac{17}{15}\alpha + 20 \right) (\pi f)^6 - \frac{2}{4725} (1521\alpha + 31) (\pi f)^8 \dots \quad (16)$$

U radu [11], u cilju smanjenja talasavosti funkcije u propusnom opsegu predloženo je da koeficijent uz drugi član Tejlorovog razvoja spektralne karakteristike $H_T(f)$ bude jednak nuli, odakle je:

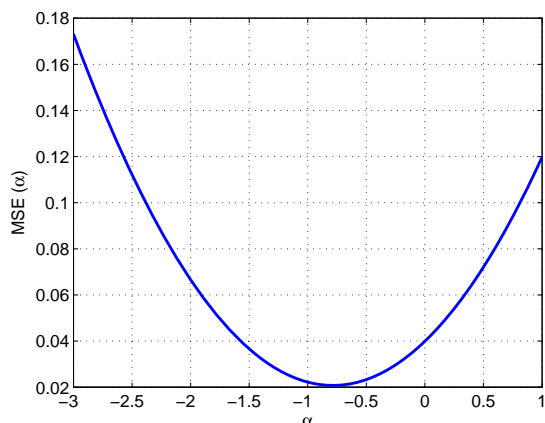
$$\frac{16}{3}\alpha + 1 = 0 \Rightarrow \alpha = -\frac{3}{16} \quad (17)$$

3.2 OPTIMIZACIJA NA OSNOVU SREDNJE KVADRATNE GREŠKE

Spektralna karakteristika jezgra $\sin x/x$ je idealna pravougaona funkcija $H_B(f)$ koja ima vrednost 1 u intervalu [0-0.5] i vrednost 0 u intervalu [0.5-1]. Polazeći od ideje da spektralna karakteristika jezgra bude dobra aproksimacija karakteristike jezgra oblika $\sin x/x$ u propusnom i nepropusnom opsegu određena je ukupna srednje kvadratna greška. Prelaskom sa kontinualne frekventne ose f na diskretnu k podelom segmenta [0-1] na M tačaka ukupna srednje kvadratne greške je:

$$MSE = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} |H_B(f_k) - H(f_k)|^2 = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{\frac{M-1}{2}} |1 - H(f_k)|^2 + \frac{1}{M} \sum_{k=\frac{M-1}{2}+1}^M |0 - H(f_k)|^2 \quad (18)$$

Kako spektralna karakteristika zavisi od parametra α (6) to će i MSE zavistiti od α . Minimiziranjem srednje kvadratne greške određena je optimalna vrednost parametra jezgra. Zavisnost $MSE(\alpha)$ prikazana je na sl. 3.



Sl. 3. Zavisnost MSE od parametra α .

Optimalna vrednost parametra određena je na osnovu pozicije minimalne vrednosti $MSE(\alpha)$, $\alpha_{opt} = -0.8$.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

4.1. EKSPERIMENT

Izbor optimalnih vrednosti Greville-ovog 1P interpolacionog jezgra obavljen je kod interpolacije: a) audio i b) govornog signala koji su u procesu snimanja semplovani različitim frekvencijama. Algoritam određivanja optimalne vrednosti parametra jezgra sastoji se od sledećih koraka:

Ulaz: audio signal \mathbf{x} , dužina N , $\alpha = \{ \alpha_1, \dots, \alpha_K \}$, K , dužina bloka M .

Izlaz: α_{opt} – optimalni parametar.

Korak 1: Selektovanje i -tog bloka \mathbf{x}_{Bi} dužine M signala \mathbf{x} gde je $i=1, \dots, N-3$.

Korak 2: Procena $\hat{x}(i+3)$ primenom Greville-ovog jezgra sa parametrom α_k gde je $k=1, \dots, K$.

Korak 3: Određivanje greške interpolacije $e = x(i+3) - \hat{x}(i+3)$.

Korak 4: Koraci 1-3 ponavljaju se do $i=N-3$.

Korak 5: Izračunavanje srednje kvadratne greške:

$$MSE_{\alpha_k} = \frac{1}{N-3} \sum_{i=1}^{N-3} |e_i|^2$$

Korak 6: Ponavljanje koraka 1-5 do $k=K$.

Korak 7: Određivanje α_{opt} na osnovu niza $MSE = \{ MSE_{\alpha_1}, \dots, MSE_{\alpha_K} \}$

$$\alpha_{opt} = \arg \min_{\alpha} (MSE)$$

4.2 BAZA

Bazu čine:

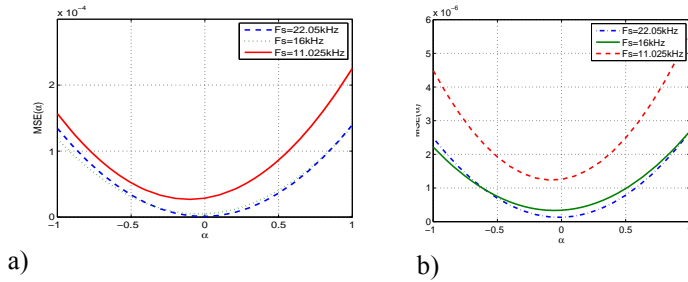
a) audio signali dobijeni snimanjem tonova izvedenih na klaviru August Förster i b) govorni signali snimanjem govornika. Semplovanje je obavljeno sa frekvencijama $F_s = \{4, 8, 11.025, 16, 22.05, 32, 44.1, 48\}$ kHz. Snimljeni materijal arhiviran je u obliku wav fajlova.

4.3. REZULTATI

Na sl. 4 a) i b) prikazane su zavisnosti $MSE(\alpha)$. Optimalne vrednosti parametra jezgra dobijene primenom algoritma koji je prethodno opisan nad bazom signala prikazane su u Tbl. 1.

Tbl. 1. $MSE_{min}(\alpha)$ i α_{opt} kod interpolacije audio i govornog signala za različite frekvencije semplovanja.

Fs[kHz]	muzika		govor	
	MSE _{min}	α_{opt}	MSE _{min}	α_{opt}
48	$1.2682 \cdot 10^{-8}$	0	$9.4745 \cdot 10^{-9}$	0
44.1	$1.9692 \cdot 10^{-8}$	0	$1.6194 \cdot 10^{-8}$	0
32	$1.0053 \cdot 10^{-8}$	0	$4.1546 \cdot 10^{-8}$	0
22.05	$6.9031 \cdot 10^{-7}$	0	$1.277 \cdot 10^{-7}$	0
16	$4.8111 \cdot 10^{-6}$	0	$3.3654 \cdot 10^{-7}$	-0.1000
11.025	$2.6811 \cdot 10^{-5}$	-0.1000	$1.2372 \cdot 10^{-6}$	-0.1000
8	$8.8390 \cdot 10^{-5}$	-0.2000	$3.0013 \cdot 10^{-6}$	-0.2000
4	0.0015	-0.2000	$3.5778 \cdot 10^{-5}$	-0.4000



SI. 4. MSE(α) kod: a) audio i b) govornog signala za frekvencije $F_s = \{22.05, 16, 11.025\}$ kHz.

4.4 ANALIZA REZULTATA

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1 i vrednosti α_{opt} dobijenih optimizacijom na osnovu Tejlorovog razvoja ($\alpha_{opt} = \alpha_T = -3/16$) (Sekcija 3.1) i optimizacijom na osnovu MSE ($\alpha_{opt} = \alpha_B = -0.8$) (Sekcija 3.2) može se zaključiti da je:

- a) opseg optimalnog parametra u slučaju audio signala $\alpha_{opt} \in [-0.2 - 0]$;
- b) opseg optimalnog parametra u slučaju govornog signala $\alpha_{opt} \in [-0.4 - 0]$;
- c) srednja vrednost za audio signal je $\alpha_{as} = -0.0625$;
- d) srednja vrednost za govorni signal je $\alpha_{gs} = -0.1$;
- e) greška procene kod audio signala:

za parametar dobijen na osnovu Tejlorovog razvoja

$$\Delta_{asT} = |\alpha_T - \alpha_{as}| = \left| -\frac{3}{16} - (-0.0625) \right| = 0.125 \text{ i}$$

za parametar dobijen na osnovu MSE

$$\Delta_{asB} = |\alpha_B - \alpha_{as}| = |-0.8 - (-0.0625)| = 0.7375 \text{ ;}$$

f) greška procene kod govornog signala:

za parametar dobijen na osnovu Tejlorovog razvoja

$$\Delta_{gsT} = |\alpha_T - \alpha_{gs}| = \left| -\frac{3}{16} - (-0.1) \right| = 0.0875 \text{ i}$$

za parametar dobijen na osnovu MSE

$$\Delta_{gsB} = |\alpha_B - \alpha_{gs}| = |-0.8 - (-0.1)| = 0.7 \text{ .}$$

Direktnim upoređivanjem zaključuje se da interpolacija jezgrom kome je parametar određen optimizacijom na osnovu Tejlorovog razvoja preciznija u odnosu na jezgro sa parametrom određenim optimizacijom na osnovu MSE i to za audio i govorni signal.

5. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani algoritmi za optimizaciju parametra Greville-ovog jezgra u spektralnom domenu. Optimizacije su izvršene za dva kriterijuma i to a) smanjenje talasavosti amplitudske karakteristike ($\alpha_{opt} = \alpha_T = -3/16$) i b) dobra aproksimacija idealne amplitudske karakteristike ($\alpha_{opt} = \alpha_B = -0.8$). Prikazani su eksperimentalni rezultati određivanja optimalnih vrednosti parametra jezgra kod audio i govornog signala koji su smplovnani frekvencijama $F_s = \{4, 8, 11.025, 16, 22.05, 32, 44.1, 48\}$ kHz. Opseg optimalnih vrednosti za audio signal je $[-0.2 - 0]$ sa srednjom vrednošću $\alpha_{as} = -0.0625$. Opseg optimalnih vrednosti za govorni signal je $[-0.4 - 0]$ sa

srednjom vrednošću $\alpha_{gs} = -0.1$. Uvodeći apsolutnu grešku kao kriterijum za upoređivanje efikasnosti interpolacije sa izabranim parametrima $\alpha_T = -3/16$ i $\alpha_B = -0.8$ dolazi se do zaključka da je interpolaciono jezgro sa parametrom $\alpha_T = -3/16$ preciznije.

LITERATURA

- [1] E. Meijering, M. Unser, "A Note on Cubic Convolution Interpolation", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 12, no. 4, pp. 447-479, April 2003.
- [2] H.S. Pang, S.J. Baek, K.M. Sung, "Improved Fundamental Frequency Estimation Using Parametric Cubic Convolution", *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E83-A, no. 12, pp. 2747-2750, Dec. 2000.
- [3] S. E. Reicherbach, "Two-Dimensional Cubic Convolution", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 12, no. 8, pp. 857-865, Aug. 2003.
- [4] K. S. Park, R. A. Schowengerdt, "Image reconstruction by parametric cubic convolution", *Computer Vision, Graphics & Image Process.*, vol. 23, pp. 258-272, 1983.
- [5] S. S. Rifman, "Digital rectification of ERTS multispectral imagery", in *Proc Symp. Significant Results Obtained From the Earth Resources Tehnology Satellite-1*, vol 1, sec. B pp. 1131-1142, 1973.
- [6] K. W. Simon, "Digital image reconstruction and resampling for geometric manipulation", in *Symp. On Machine Proccess. Of Remotely Sensed Data*, IEEE Pre pp.3A-1-3 A-11, 1975.
- [7] R. Bernstein, "Digital image processing of earth observation sensor data", *IBM J. Res. Devel.* vol. 20, no. 1. pp. 40-57, 1976.
- [8] R. G. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing", *IEEE Trans. Acout. Speech, & Signal Processing*, vol. ASSP-29, pp. 1153-1160, Dec. 1981.
- [9] T. N. E. Greville, "The General Theory of Osculatory Interpolation", *Trans. of the Actuarial Society of America*, Vol. 45, pp. 202-265, 1944.
- [10] O. Pinykh, "Finitely-Supported L_2 Optimal Kernels for Digital Signal Interpolation", *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 60, No. 1, pp. 494-498, Jan. 2012.
- [11] E. Meijering, K. Zuiderveld, M. Viergever, "Image Reconstruction by Convolution with Simetrical Piecewise nth-Order Polynomial Kernels", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 8, no. 2, pp. 192-201, Feb. 1999.

PERCEPTUALNA EFIKASNOST DISPLEJA MOBILNIH TELEFONA SONY XPERIA THE PERCEPTUAL EFFICIENCY OF THE DISPLAY OF SONY XPERIA MOBILE

Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, *Visoka tehnička škola, Niš, Srbija*
Marina Milivojević, *Dom zdravlja, Niš, Srbija*

Sadržaj: U prvom delu rada analiziran je model slike projektovane na retinu i određena perceptualna efikasnost piksela displeja u koga oko gleda. Nakon toga određeni su parametri foveacionog filtra, kojim se filtrira slika u skladu sa perceptualnim karakteristikama oka. Procesom foveacionog filtriranja omogućava se redukcija podataka o slici bez perceptualnih gubitaka. U drugom delu rada analizirana je perceptualna efikasnost displeja nekih modela mobilnih telefona firme SONY serije Xperia™ sa dijagonalama u opsegu 3.5-6". Rezultati su prikazani grafički i tabelarno.

Ključne reči: Fotoreceptori, Foveja, Foveaciono filtriranje.

Abstract: The model of the picture projected on the retina was analysed and the perceptual pixel efficiency of the display the eye was looking at was determined in the first part of this paper. Later on parameters of the foveation filter were determined for filtering the picture in accordance with the perceptual characteristics of the eye. The perceptual efficiency of the display of some models of mobile phones produced by the firm SONY series Xperia™ with diagonals in the range of 3.5-6" were analysed in the second part of this paper. The results are presented graphically and in tables.

Keywords: Photoreceptors, Fovea, Foveation filtering.

1. UVOD

Čovek je oduvek težio tome da razume mehanizam opažanja sveta oko sebe. Sa razvojem nauke rastao je i broj teorija koje pokušavaju da objasne različite aspekte vida. Međutim, zbog nedostataka praktičnih dokaza mnoge teorije su smatrane pograšnjim. Da bi se dala dobra osnova za teoriju percepcije i izbegle mogućnosti za njenu diskreditaciju, primenjuju se tri komplementarna pristupa, i to: a) psihološki, b) biološki i/ili c) teorijski. Inženjerske studije koriste teorijski pristup uz uvažavanje rezultata koji su dobijeni primenom prva dva principa [1, 2].

Digitalno procesiranje slike inspirisano biološkim osobinama sistema za vid kod čoveka je danas izuzetno aktuelno, i to u oblasti filtriranja i prenosa video informacija, kao i kod kompresije [1-3, 4]. Da bi se efikasno obavljale tehnike filtriranja i kompresije koje su inspirisane vizuelnim sistemom čoveka (**engl.** *Human Visual System*, HVS) potrebno je, pored ostalog, razumeti građu ljudskog oka. Prvenstveno se misli na raspored fotoreceptora na mrežnjači (**lat.** *retina*) i njihovom vezom sa ostatkom nervnog sistema za vid. Fotoreceptori su neuroni koji su osetljivi na svetlost. Postoje dve vrste fotoreceptora, i to: a) štapičasti, odnosno štapići (**engl.** *rode*) i b) kupasti, odnosno čepići (**engl.** *cones*). Štapića ima do 120.000.000 i aktivni su pri nižim intenzitetima svetlosti. Omogućavaju takozvani *crno-beli* i *noćni* vid. Čepići ima do 6.000.000 i aktivni su pri većim intenzitetima svetlosti. Omogućavaju vid u boji. Ljudi poseduju tri različite vrste čepića, koji su osetljivi na: a) crvenu, b) zelenu ili c) plavu svetlost. Ovakva funkcija oka opisuje se kao trihromatski vid [2, 5]. Mrežnjača se nalazi u zadnjem delu oka i prekrivena je fotoreceptorima. U sred-

njem delu mrežnjače nalazi se makula, odnosno *žuta mrlja*. Naziv žuta mrlja dobila je zbog visoke pigmentacije. Prečnik makule je oko 5 mm. Funkcija makule je obavljanje centralnog vida i razlikovanje detalja. U centru makule nalazi se foveja. Naziv je dobila na osnovu latinske reči (**lat.** *fovea* – udubljenje) koja označava jamicu (**engl.** *pit*). Dimenzija foveje je oko 1.5 mm. Površina foveje je skoro u potpunosti prekrivena čepićima i obezbeđuje maksimalnu oštrinu vida. U centru foveje nalazi se centralno udubljenje gde se nalaze samo čepići i gde nema štapića. Ova površina se naziva foveola i prečnika je oko 0.2 mm. Raspored čepića u centru je gusto pakovanje u obliku šestougona. Od granice foveje na dalje postepeno se pojavljuju štapići, dok gustina rasporeda čepića opada. Informacije (električni impulsi) iz fotoreceptora se vode da ganglijskih ćelija. Fotoreceptori iz foveje povezani su tako da je svaki čepić povezan sa posebnom ganglijskom ćelijom. Zbog toga je foveja oblast koja je najosetljivija na detalje u slici. U slučajevima kada čovek gleda sliku na televizijskom prijemu, monitoru, mobilnom telefonu i dr., javlja se potreba za određivanjem perceptualne efikasnosti. Perceptualna efikasnost predstavlja odnos broja tačaka (piksela) sa displeja i broja aktiviranih fotoreceptora. Da bi se efikasnost odredila potrebno je dobro razumevanje vizualne percepcije čoveka [5, 6]. Kod određivanja perceptualne efikasnosti koristi se tehnika koja se naziva foveacija (**eng.** *foveation*) [7]. Foveacija se bazira na činjenici da vizuelna rezolucija opada sa povećanjem rastojanja od foveje. Ovo činjenica sa sobom povlači mogućnost reduciranja rezolucije slike filtriranjem prostorno promenljivim niskopropusnim filtrom, bez gubitka doživljaja slike u svesti posmatrača. Ovaj proces se naziva foveaciono filtriranje (**engl.** *foveation filtering*) i po svojoj funkciji je filtriranje filtrom propusnikom niskih frekvencija. Slika koja je filtrira-

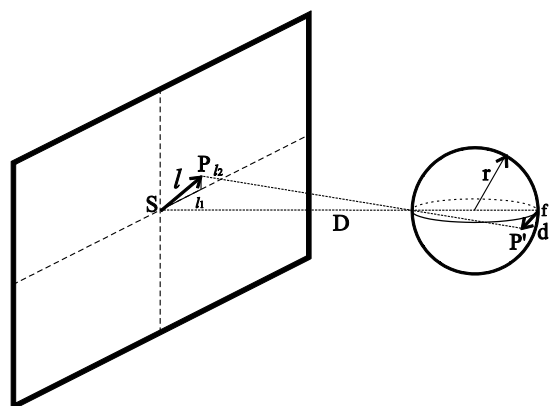
na NF filtrom može se naknadno semplovati sa nižim frekvencijama semplovanja, što za posledicu ima manji broj bajtova koje treba arhivirati ili preneti komunikacionim kanalom [3, 8, 9]. Uzimajući u obzir broj potrebnih bajtova za prenos slike pre i posle foveacionog filtriranja moguće je odrediti stepen kompresije, koji je direktno zavistan od perceptualne efikasnosti E . To znači da će slika sa rezolucijom $N_1 \cdot N_2$ piksela, biće reducirana na $E \cdot N_1 \cdot N_2$ piksela bez perceptualnih gubitka.

U ovom radu analiziran je model slike sa displeja koji se projektuje na mrežnjaču i prikazan analitički izraz za izračunavanje perceptualne efikasnosti piksela. Analizirana je perceptualna efikasnost displeja kod nekih modela mobilnih telefona firme SONY serije Xperia™ sa dijagonalama u opsegu 3.5-6". Rezultati su prikazani tabelarno. Kao primer, prikazane su makularne slike i vizuelna predstava efikasnosti piksela za displej mobilnog telefona Xperia™ E, dijagonale 3.5" i rezolucije 480 x 320 piksela, za rastojanje gledanja $D = \{10, 15, 17.5, 20\}$ ".

Dalja organizacija rada je sledeća. U sekciji 2 prikazan je model slike projektovane na retini. U Sekciji 3 prikazan je model raspodele fotoreceptora. U sekciji 4 analizirana su perceptualna ograničenja i makularna slika. U Sekciji 5 analizirani su parametri 2-D filtra za foveaciono filtriranje. U Sekciji 6 prikazani su eksperimentalni rezultati i njihova analiza. Sekcija 7 je zaključak.

2. MODEL SLIKE PROJEKTOVANE NA RETINI

Kod analize projektovanja slike na mrežnjaču treba imati na umu činjenicu da je oko čoveka vrlo slično sferi prečnika 11.06 mm [2]. Na sl.1 prikazan je model projektovanja slike sa displeja na mrežnjaču. Sfera poluprečnika r predstavlja oko.



Slika 1. Model slike sa displeja projektovane na retinu.

Predpostavljamo da je ravan slike, odnosno displeja, normalna na liniju koja prolazi kroz foveju f . Na foveju se projektuje centralna tačka slike S , a to je tačka koja predstavlja tačku gledanja. Tačka $P(l_1, l_2)$ sa slike projektuje se na retinu kao tačka P' . Rastojanje između projektovane tačke P' i centra foveje je:

$$d_D(\ell_1, \ell_2) = 2 \cdot r \cdot \arctan \left(\frac{\sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}}{D} \right), \quad (1)$$

gde D predstavlja rastojanje između displeja i oka. Rastojanje između P' i foveje može da se izrazi preko rastojanja projektovane tačke displeja od centra:

$$d_D(\ell) = 2 \cdot r \cdot \arctan \left(\frac{\ell}{D} \right). \quad (2)$$

Slika koja se projektuje sa displeja nije kontinualna već je sastavljena od elemenata slike, odnosno piksela (**engl.** *Picture element*, pixel). Neka Γ_1 i Γ_2 predstavljaju horizontalnu i vertikalnu gustinu piksela na displeju, odnosno, broj piksela po jedinici dužine. Rastojanje projektovane tačke P' i foveje, izraženo preko broja piksela, je:

$$d_D(p_1, p_2) = 2 \cdot r \cdot \arctan \left(\frac{1}{D} \sqrt{\left(\frac{p_1}{\Gamma_1} \right)^2 + \left(\frac{p_2}{\Gamma_2} \right)^2} \right), \quad (3)$$

gde su p_1 i p_2 koordinate u pikselima po horizontalnoj i vertikalnoj osi. Uočava se set tačaka P na slici koje imaju isto rastojanje l u ravni slike. Saglasno tome, njihove projekcije na površinu retine formiraće skup tačaka P' koje od centra foveje imaju jednako rastojanje $d_D(l)$. Idealno bi bilo da se svaki piksel sa slike projektuje na jednu nervnu ćeliju na retini. Međutim, zbog prostornog odnosa slike i retine ne može se obezbediti preslikavanje jedan na jedan. Zbog toga se može uočiti na retini površina na koju se projektuje jedan piksel. Polazi se od pretpostavke da je piksel na displeju kvadratnog oblika. Znači, piksel sa regularnog grida, odnosno njegova površina kvadratnog oblika, projektuje se na površinu mrežnjače, u čijem je centralnom delu tačka P' , koja može da se aproksimira kao:

$$A_D(p_1, p_2) = 4 \cdot r^2 \cdot \left[\arctan \left(\frac{p_1 + 0.5}{D\Gamma_1} \right) - \arctan \left(\frac{p_1 - 0.5}{D\Gamma_1} \right) \right] \cdot \left[\arctan \left(\frac{p_2 + 0.5}{D\Gamma_2} \right) - \arctan \left(\frac{p_2 - 0.5}{D\Gamma_2} \right) \right]. \quad (4)$$

Lokacija površine A_D može da se nađe bilo gde na mrežnjači. Sada se postavlja pitanje koliko je čepića obuhvatila projektovana površina A_D ? Da bi se dao odgovor na ovo pitanje neophodno je uzeti u obzir model raspodele čepića na mrežnjači.

3. MODEL RASPODELE ČEPIĆA

Prostorna raspodela fotoreceptora (čepića i štapića) određena je eksperimentalnim putem. Rezultati detaljnih analiza oka donatora organa, koja je obuhvatala donatore starosti 25 do 45 godina, objavljeni su u [2]. Pokazano je da je se broj fotoreceptora, kao i njihova prostorna distribucija, razlikuje od osobe do osobe. Uz činjenicu da postoji simetrija raspodele u odnosu na foveju, raspodelu je moguće prikazati u zavisnosti od rastojanja od centra foveje:

$$n_c(d) \approx k_{c1} \lambda e^{-\lambda d} + k_{c2}, \quad (5)$$

gde je $k_{c1} = 45000$, $k_{c2} = 5000$, d je u mm^2 . Raspodela čepića u zavisnosti od rastojanja od centra prikazana je na sl. 2. Broj ćelija na površini mrežnjače gde je projektovan jedan piksel koji je centriran u P je:

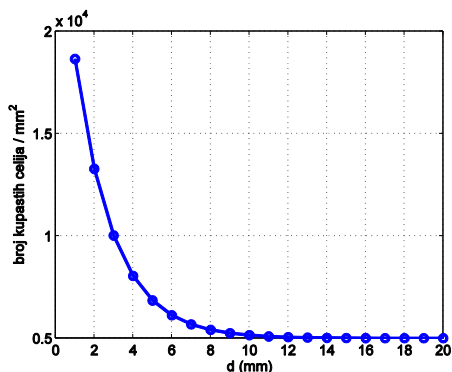
$$q_D(p_1, p_2) = \iint_{S_p} n_c dS \approx n_c(d_D(p_1, p_2)) \cdot \iint_{S_p} dS, \quad (6)$$

gde je S_p površina na mrežnjači definisana kao projekcija piksela centriranog u P , dok je dS je element površine. Da bi se uprostilo izračunavanje q_D može se pretpostaviti da svaku malu površinu S_p na mrežnjači n_c varira malo i može se aproksimirati kao $n_c(d_D(p_1, p_2))$. Uz činjenicu da je moguće izvršiti aproksimaciju:

$$A_D(p_1, p_2) = \iint_{S_p} dS, \quad (7)$$

broj čepića na kojima se projektuje piksel centriran u P može da se aproksimira kao:

$$q_D(p_1, p_2) \approx n_c(d_D(p_1, p_2)) A_D(p_1, p_2). \quad (8)$$



Slika 2. Broj čepića po mm^2 zavisan od rastojanja od centra foveje.

4. PERCEPTUALNA OGRANIČENJA

Elementi slike projektuju se na mrežnjaču kod koje je raspodela čepića neuniformna. Piksel može biti projektovan na površinu gde se nalazi jedan ili više čepića ili na površinu gde je manje od jednog čepića (to su površine udaljene od centra foveje gde su rastojanja između čepića velika). Saglasno modelu projektovanja slike na retinu neki pikseli noseće više ili manje informacija u procesu rekonstrukcije slike u mozgu. Zato se može koristiti broj ćelija na kojima je piksel projektovan kao mera efikasnosti doživljaja slike za svaki piksel. Perceptualna efikasnost piksela (**engl. Perceptual Pixel Eficiency, PPE**) centriranog u P definiše se pomoću $q_D(p_1, p_2)$ na sledeći način:

$$e_D(p_1, p_2) = \begin{cases} 1, & \text{if } q_D(p_1, p_2) \geq 1 \\ q_D(p_1, p_2), & \text{drugde} \end{cases}. \quad (9)$$

Pikseli za koje je $e_D=1$ locirani su u okolini centralne tačke slike S . Slika formirana na za ovu perceptualnu efikasnost naziva se makularna slika (**engl. macular image**). Makula, odnosno žuta mrlja, je region gde su fotoreceptorske ćelije najvećom koncentracijom [5]. Veličina makularne slike zavisi od rastojanja displeja od oka D i horizontalne Γ_1 i vertikalne Γ_2 gustine piksela na displeju. Na osnovu svega navedenog možemo definisati ganicu efikasnosti za displej sa perceptualnom tačkom S kao centar slike. Perceptualna efikasnost E ($0 < E \leq 1$) displeja sa gustinom piksela $\Gamma_1 \times \Gamma_2$, koji može da prikaže sliku rezolucije $N_1 \times N_2$, i koja se gleda sa rastojanja D definiše se kao:

$$E = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{n_1=1}^{N_1} \sum_{n_2=1}^{N_2} e_D \left(\left\| n_1 - \left\lfloor \frac{N_1}{2} \right\rfloor \right\|, \left\| n_2 - \left\lfloor \frac{N_2}{2} \right\rfloor \right\| \right). \quad (9)$$

5. FOVEACIONO FILTRIRANJE

Uzimajući u obzir perceptualnu efikasnost zaključuje se da je moguće smanjiti broj potrebnih informacija o slici E puta u odnosu na originalnu veličinu bez gubljenja vizuelne percepcije. Na primer, slika na displeju sa rezolucijom $N_1 \times N_2$, koja sadrži $N_1 \times N_2$ piksela, biće reducirana na $E \times N_1 \times N_2$ piksela bez perceptualnih gubitka. Kod foveacionog filtriranja potrebno je da se zna centar vida, odnosno centralna tačka u koju oko gleda. Foveacioni filter je niskopropusni filter čije se karakteristike prostorno menjaju. U [10] i [11] pokazano je da je Gausov 2D filter pogodan za foveaciono filtriranje.

6. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

6.1 Eksperiment

Primenjujući opisani algoritam izračunata je perceptualna efikasnost piksela za neke mobilne telefone firme SONY serije Xperia™. Dijagonale displeja su u opsegu 3.5-6" (inč, oznaka in ili ", 1 in = 2.54 cm). Efikasnost je izračunata za rastojanja $D = \{10, 15, 17.5, 20\}$ ". Makularne slike kao i foveaciono filtrirana slika prikazana je za za test sliku Lena.

6.2 Rezultati

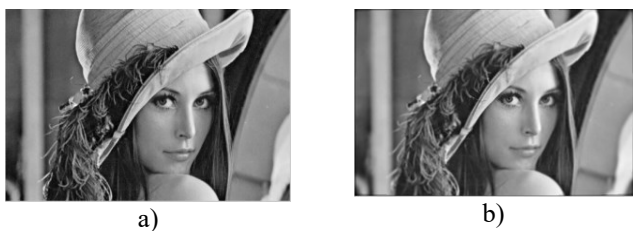
Na sl. 2.a prikazana je test slika Lena dimenzija 320x480. Na sl. 3. prikazane su makularne slike za displej SONY Xperia™ E za rastojanja D : a) 10", b) 15", c) 17.5" i d) 20". Na sl. 4 prikazana je perceptualna efikasnost piksela za svaki piksel slike sa centrom vida u tački $S(176, 144)$. Perceptualna efikasnost piksela varira od 0 (prikazano kao crno) do 1 (prikazano kao belo). Na sl. 2.b prikazana je slika nakon foveacionog filtriranja. Za displeje testiranih modela mobilnih telefona u tabeli 1 i 2 prikazane su: a) vrednosti dijagonala d , rezolucija, horizontalna Γ_1 i vertikalna gustina Γ_2 [ppi] i perceptualne efikasnosti E (jed. 9) za rastojanja $D = \{10, 15, 17.5, 20\}$ ".

Tabela 1. Karakteristike displeja.

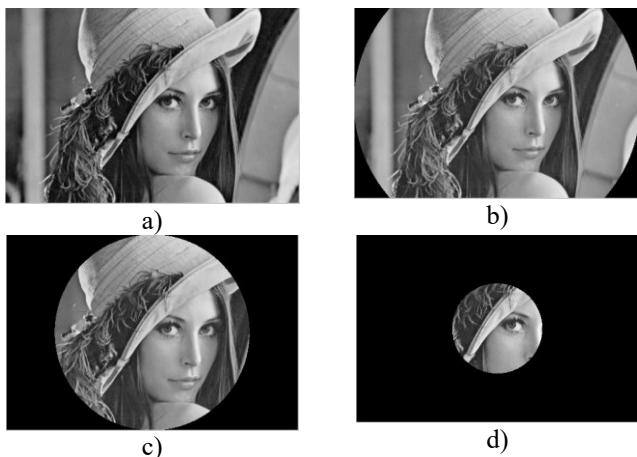
Model	d [in]	Rezolucija [pix x pix]	Γ_1 [ppi]	Γ_2 [ppi]
Xperia™ E	3.5	480 x 320	164	164
Xperia™ M	4	854 x 480	245.57	245.57
Xperia™ C	5	854 x 480	195.65	195.65
Xperia™ L	4.3	854 x 480	227.50	227.50
Xperia™ Z	5	1920 x 1800	526.07	526.07
Xperia™ SP	4.6	1280 x 720	318.96	318.96
Xperia™ T2	6	1280 x 720	244.54	244.54

Tabela 2. Perceptualna efikasnost displeja.

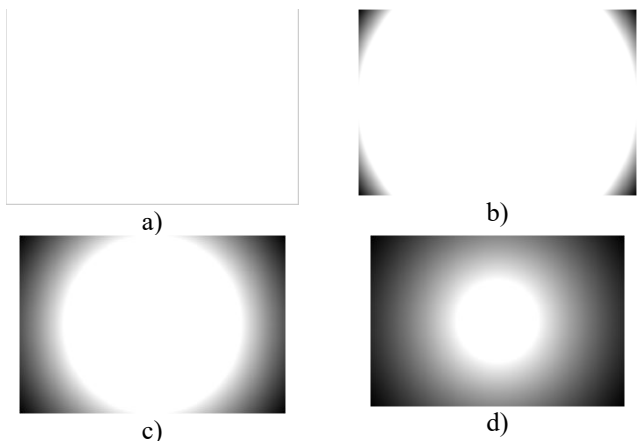
Model	E [%]			
	D [in]			
	10	15	17.5	20
Xperia™ E	100	99.74	94.76	82.90
Xperia™ M	89.06	5705	44.91	36.30
Xperia™ C	97.76	76.78	63.25	51.66
Xperia™ L	92.50	63.55	50.29	40.76
Xperia™ Z	19.05	10.85	8.66	7.07
Xperia™ SP	55.58	31.34	24.83	20.18
Xperia™ T2	73.72	46.02	36.91	30.33



Slika 2. Test slika Lena: a) originalna i b) filtrirana foveacionim filtrom za $D=20''$.



Slika 3. Makularna slika: a) $D=10''$, b) $D=15''$, c) $D=17.5''$ i d) $D=20''$.



Slika 4. Efikasnost piksela: a) $D=10$, b) $D=15$, c) $D=17.5$ i d) $D=20$ inča.

6.3 Analiza rezultata

Analizom podataka prikazanih u tabeli 1 zaključuje se:

a) sa povećanjem rastojanja displeja od oka smanjuje se perceptualna efikasnost,

b) kod displeja istih dijagonala a različitih rezolucija manja je perceptualna efikasnost kod displeja sa većom rezolucijom.

Primenom sistema za praćenje pokreta očiju može se odrediti centar vida kao i rastojanje D i povratnim kanalom odrediti parametre foveacionog filtriranja. Na taj način bi se smanjio broj podataka za prenos bez gubitka percepcije slike.

Broj podataka za prenos srazmeran je perceptualnoj efikasnosti.

7. ZAKLJUČAK

U radu su izračunate perceptualne efikasnosti kod displeja mobilnih telefona firme SONY serije Xperia™ sa dijagonalama u opsegu 3.5-6". Detaljna analiza je pokazala da je kod displeja istih dijagonala a različitih rezolucija manja perceptualna efikasnost kod displeja sa većom rezolucijom. Primenom foveacionog filtriranja smanjuje se broj potrebnih bajtova za prenos slike bez vizuelne degradacije slike u svesti posmatrača.

LITERATURA

- [1] A. N. Targino and M. N. Do, "A Retina-Based Perceptually Lossless Limit and a Gaussian Foveation Scheme With Loss Control", *IEEE Journal Of Selected Topics In Signal Processing*, Vol. 8, No. 3, pp. 438-453, June 2014.
- [2] C. A. Curcio, K. R. Sloan, R. E. Kalina, and A. E. Hendrickson, "Human photoreceptor topography," *J. Compar. Neurol.*, vol. 292, no. 4, pp. 497-523, 1990.
- [3] L. Itti, "Automatic foveation for video compression using a neurobiological model of visual attention," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 13, no. 10, pp. 1304-1318, Oct. 2004.
- [4] S. Lee, M. Pattichis, and A. Bovik, "Foveated video compression with optimal rate control," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 10, no. 7, pp. 977-992, Jul. 2001.
- [5] R. Blake and R. Sekuler, *Perception*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2006.
- [6] M. Farah, *The Cognitive Neuroscience of Vision*, ser. Fundamentals of cognitive neuroscience. Hoboken, NJ, USA: Blackwell, 2000.
- [7] Z. Wang and A. C. Bovik, "Foveated image and video coding," in *Digital Video, Image Quality and Perceptual Coding*, H. R. Wu and K. R. Rao, Eds. Boca Raton, 2006, ch. 14, pp. 431-457, 2006.
- [8] Z. Wang and A. Bovik, "Embedded foveation image coding," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 10, No. 10, pp. 1397-1410, Oct. 2001.
- [9] Z. Wang, L. Lu, and A. Bovik, "Foveation scalable video coding with automatic fixation selection," *IEEE Trans. Image Process.*, Vol. 12, No. 2, pp. 243-254, Feb. 2003.
- [10] Y. Zeevi and E. Shlomot, "Nonuniform sampling and antialiasing in image representation," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 41, no. 3, pp. 1223-1236, Mar. 1993.
- [11] S. Lee, A. C. Bovik, and B. L. Evans, "Efficient implementation of foveation filtering," in *Proc. Texas Instrum. DSP Educator's Conf.*, Houston, TX, USA, Aug. 1999.

JEDNO IOT CLOUD RJEŠENJE NA BAZI OPEN SOURCE ALATA AN IOT CLOUD SOLUTION BASED ON OPEN SOURCE TOOLS

Tomo Popović, Milutin Radonjić, Žarko Zečević, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet, Podgorica*

Sadržaj: U radu je opisano jedno rješenje Internet of Things (IoT) platforme implementirane u okviru privatnog cloud-a. Rad opisuje zahtjeve projekta u formi Use Cases sa fokusom na primjenu kod nadzora kvaliteta vode. Podaci se prikupljaju radi podrške istraživačkom radu, ali su stavljeni na raspolaganje i krajnjim korisnicima. Rješenje je implementirano upotrebom Open Source softvera i testirano je korišćenje različitih IoT uređaja. U završnoj fazi ovog pilot projekta, nekoliko IoT uređaja je instalirano kod krajnjih korisnika, a predloženo rješenje je u procesu evaluacije od strane angažovanih istraživača. Iskustva sa ovim IoT rješenjem se mogu koristiti kao model za buduće implementacije i razvojne aktivnosti u domenu IoT.

Abstract: This paper describes a case study of an Internet of Things (IoT) platform implemented in a private cloud environment. The paper discusses the requirements for the project in a form of Use Cases with a focus on monitoring of water quality parameters. The data is being collected for research purposes, but also for the use by end users. The solution has been implemented using open source tools and the data integration has been tested using various IoT nodes. The IoT nodes have been deployed in the field at the end user facilities and the solution is being evaluated by the researchers on the project. The experience with this IoT pilot will serve as a model for future implementations and development activities in the IoT field.

1. INTRODUCTION

The development of information and communication technology in recent years resulted in emerging of the Internet of Things (IoT) concept. The IoT is the network of physical objects (i.e. devices, vehicles, buildings), which are equipped with embedded electronics, sensors, software, and networking connectivity in order to allow these objects to collect and exchange data [1]. The IoT allows objects of interest to be sensed and controlled remotely across existing and future network infrastructure, which creates opportunities to integrate physical objects and computer-based systems. The goals of IoT are improved efficiency, accuracy, economic gains, and better quality of life [2].

Cloud service models include infrastructure-as-a-service (IaaS), platform-as-a-service (PaaS), and software-as-a-service (SaaS) and a cloud can be deployed as public, private, or hybrid [3]. Our goal was to consider implementation of an IoT platform in a private cloud that can be used for the BIO-IoT project [4]. The mission of the project is creating of the research and development platform in the areas of sustainable agriculture, monitoring of the crops, forest and water/sea ecosystems, development of techniques for controlling and reducing pollution, analysis and standardization of food products, control of land quality, and improvement of the public health. One of the goals of the project is to explore the utilization of IoT and IoT Cloud platforms to support research and adoption of novel technologies, applied ICT, and innovation in the areas of the project [4].

Various IoT platforms are available in the form of public cloud services [5-8], but our goal in this study was to focus on the use of open source software and private cloud. The paper is organized as follows. Section 2 illustrates requirements provided by end users and defines them in a form of use cases. Section 3 discusses the implementation based on the requirements and use of open source tools. Conclusions and references are given at the end.

2. REQUIREMENTS EXAMPLE

One of the targets in the BIO-ICT project is to implement water monitoring and quality assessment [4]. Functional requirements for this goal are summarized in a set of high-level Use Cases (Fig. 1) [9]. As shown in the diagram, four types of users have been identified as use case actors: a) scientist, b) farmers, c) port and/or government clerks, and d) beach owner/swimmer.

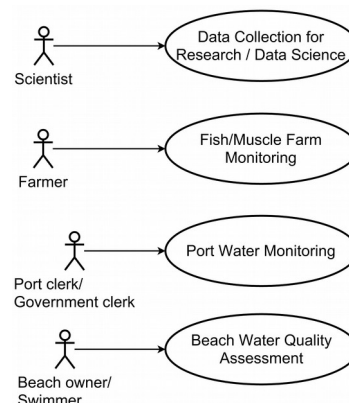


Fig. 1. Functional view: high level Use Cases

These high-level use cases can be extended to include more specific details on the functional requirements (Fig. 2). There is a need for various sensors such as water temperature, salinity, oxygen, pH, and others. The measurements should be captured at every hour, but for the research purposes the periodicity may be as fast as every 15 seconds. Furthermore, the measurement data captured at each node need to be integrated into a centralized repository and kept for at least 3 months (one year is desired). It is assumed that the data integration will require format unification, and wireless communication via mobile and/or wireless network. The solution is expected to have some system configuration functions for administrative purposes.

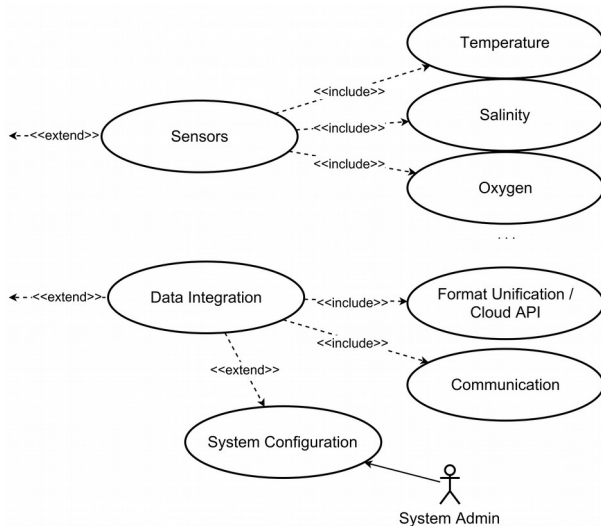


Fig. 2. Functional view: support functions

From the non-functional requirements perspective, it is preferred to utilize open source software whenever possible. The overall solution is expected to be implemented on a cloud platform using a virtual machine, Linux operating system, as well as to provide APIs for both sensor data integration and data consumption. The IoT nodes should be able to work in remote and inaccessible locations, i.e. long-term battery power supply with a possibility to use solar panels is necessary.

3. IOT CLOUD PILOT IMPLEMENTATION

3.1. IoT Cloud Platform

The logical view of the pilot that implements the requirements discussed in the previous section is depicted in Fig. 3. IoT nodes are expected to communicate to the platform directly or via a gateway. The data import API uses Internet HTTP connection over GPRS, Wi-Fi, or wired connection. The IoT platform for data integration is responsible for the management of sensor data. The data can be visualized using real-time trend charts and retrieved using the API for data export. The platform provides a simple configuration portal for administrative functions.

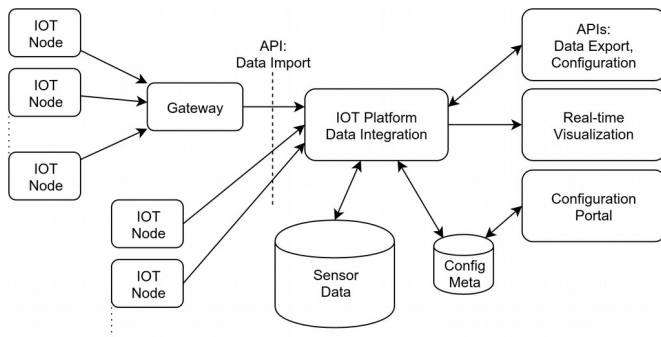


Fig. 3. Logical view: the proposed IoT cloud solution

Few open source IoT data integration platforms have been identified [10-12], and the solution described in this paper has been implemented open source variant of the platform called ThingSpeak [13]. A dedicated virtual

machine has been created using the hypervisor, which is used to manage BIO-ICT project's cloud resources. The VM has the following settings:

- 4 GB RAM,
- 4-core CPU,
- 100 GB HDD,
- 1 Gbit Ethernet port,
- Ubuntu 14.04 LTS with OpenSSH and MySQL,
- ThingSpeak (open source version [13]).

3.2. The Use of API

Once installed, the platform is accessible using web browser and allows users to register and create their own profiles. The user can then configure interfacing to the IoT nodes following the logic of IoT “channels”. The user can create multiple data channels, which each correspond to an IoT node. Each channel can have up to eight data fields corresponding to up to eight measurements points of that IoT node. The channel settings dialog is shown in Fig. 4. Besides the fields description, the channel settings include channel name, description, metadata, tags, position, etc. A channel can be made public or private.

Each channel is tied to API keys for data write and read operations. These API keys are managed by the channel owner. Write API keys are necessary for the IoT nodes to be able to send measurements points to the ThingSpeak platform, while the reading API key are necessary for extracting the sensor data from the database at later time. Besides the APIs for storing and reading the sensor data, ThingSpeak provides real-time visualization of the measurements, which can be easily shared and used in third-party web applications. In the web interface, there is also an option to export data into a comma separated values (CSV) text files.

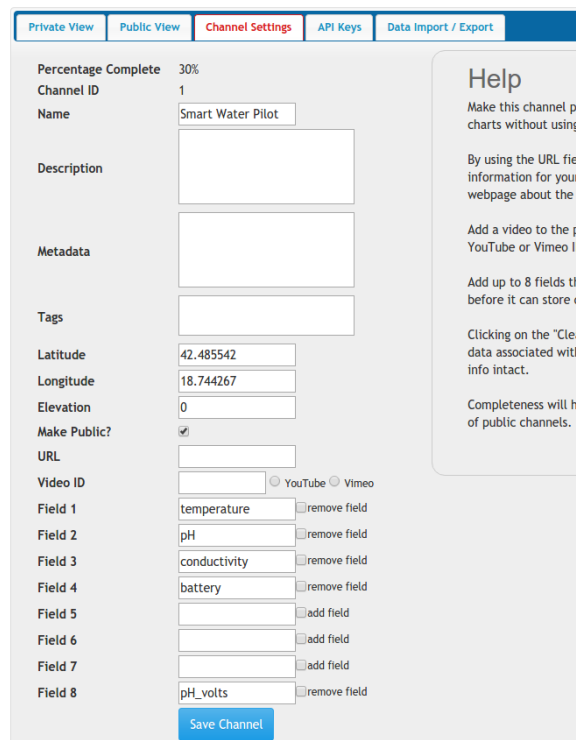


Fig 4. Deployment view: channel settings in ThingSpeak

In order to update the data for the channel the IoT node needs to implement an HTTP access using the following API provided by ThingSpeak:

- method POST or GET
- update URL is `http://[IP_address]/update`
- required parameter is `key=[Write_API_key]`
- optional field parameters:
`field1=[field1 data]`
`field2=[field2 data]`
 ...
`field8=[field8 data]`
- optional location parameters
`lat=[Latitude in decimal degrees]`
`long=[Longitude in decimal degrees]`
`elevation=[]`
- optional status, `status=[Status Update]`, etc.

An example of an channel update could look like flowing:
`http://[IP]/update?field1=55&field2=1000&key=[API_key]`

Similarly, ThingSpeak API allows retrieval of the IoT sensor data using the HTTP GET method:
`http://[IP]/channels/[channel_id]/feed.[format]`

The supported feed formats for retrieving data are *json*, *xml*, and *csv*. Some of the optional parameters include:

- `key=[Read API key]`, not needed for public channel
- `results=[number of entries to retrieve]`
- `days=[day from now to include in feed]`
- `start=[start date]`
- `end=[end date]`
- `offset=[timezone offset in hours]`

An example retrieval could look like:
`http://thingspeak.ac.me/channels/1/feed.json?days=5`
 More options and detailed information on the API can be found on the ThingSpeak community pages in [8].

3.3. IoT Sensor Nodes

The pilot has been tested using IoT nodes implemented using Python programming languages on both PC and Raspberry Pi platforms (see code example in Fig. 5) [14].

```
import urllib
import httplib
import time

def doit():
    # obtain sensor data: temp, pressure, humidity,...
    ...

    # encode and send
    params = urllib.urlencode({'field1': temp, 'field2': pressure, 'field3': humidity,
                              'field4': windspeed, 'field5': clouds,
                              'key': '13DHTGGBPFSZX66A1'})
    headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept":
              "text/plain"}
    conn = httplib.HTTPConnection("thingspeak.ac.me:80")
    conn.request("POST", "/update", params, headers)
    response = conn.getresponse()
    print response.status, response.reason
    data = response.read()
    conn.close()
    ...

if __name__ == "__main__":
    while True:
        doit()
        time.sleep(10*60) # sleep for 10 mins
```

Fig. 5. Python code for sending weather data

The communication and data integration has also been evaluated using Arduino platform and Ethernet shield [15]. Several IoT nodes from Plug and Sense family of devices from Libelium have been evaluated as well [16]. We tried the units called Smart Water, Smart Radiation, Smart Agriculture, Smart Environment. These are based on Arduino technology and come pre-packaged with variety of sensors. In addition to the sensors, each unit is capable of reporting on its GPS position, internal temperature, battery level, and accelerometer measurements. The initial programming of these IoT sensor nodes was done using the code generator from the Libelium's web site [16] and later we added the GPRS communication and reporting using the API specification discussed in the previous subsection. Other changes to the code were relevant to the calibration of sensors for pH and salinity. The code snippet for sending the measurements to the IoT cloud via mobile 3G network is provided in Fig 6.

```
...
char apn[] = "tmcg-data";
char login[] = "38267";
char password[] = "38267";
char IP[] = "api.thingspeak.com";
uint16_t port = 80;
char aux_str[200];
char thingspeak_key[]="7GRHJICDETRWMZSG"; // write key

void loop() {
    ...
    _3G.set_APN(apn, login, password);
    _3G.show_APN();

    answer = _3G.ON();
    if ((answer == 1) || (answer == -3)) {
        USB.println(F("3G module ready..."));
        answer = _3G.check(180); // waits for connection to the network
        if (answer == 1) {
            sprintf(aux_str, "key=%s&field1=%s&field2=%s&field3=%s&field4=%s",
                thingspeak_key, sTemp, sPH, sConductivity, sBattery);
            sprintf(aux_str, "POST /update HTTP/1.1\r\nHost:
api.thingspeak.ac.me\r\nContent-Type: application/x-www-form-
urlencoded\r\nContent-Length: %d\r\n\r\n%s", strlen(aux_str), aux_str);
            // gets URL from the solicited URL
            answer = _3G.readURL("api.thingspeak.ac.me", 80, aux_str);
            // Checks the answer
            if ( answer == 1) {
                USB.println(F("Done"));
                USB.println(_3G.buffer_3G); // response from server
            }
        }
        else {
            USB.println(F("Problem with 3G module "));
        }
    }
    ...
}
```

Fig. 6. Sending data using 3G/GPRS on Libelium node

4. FIELD INSTALLATION

Finally, the Smart Water IoT nodes have been deployed in the field (Fig. 7). The node has been equipped with sensors for water temperature, pH, and conductivity (salinity). The unit in the photo has been deployed in Kotor Bay at one of the muscle/fish farms. It has been equipped with a GPRS modem (3G), 6600mAh battery, and a solar panel for the autonomous operation. It has been configured to report sensor data every 15 minute.

The sensor data is visualized using trend charts that are accessible via Internet (Fig. 8). If needed, data feeds can be manually exported into CSV file for the use with Excel or other analytic tools. Data feeds are also available for the retrieval programmability using retrieval API discussed in the previous part of the paper.



Fig. 7. Field deployment of the Smart Water IoT node

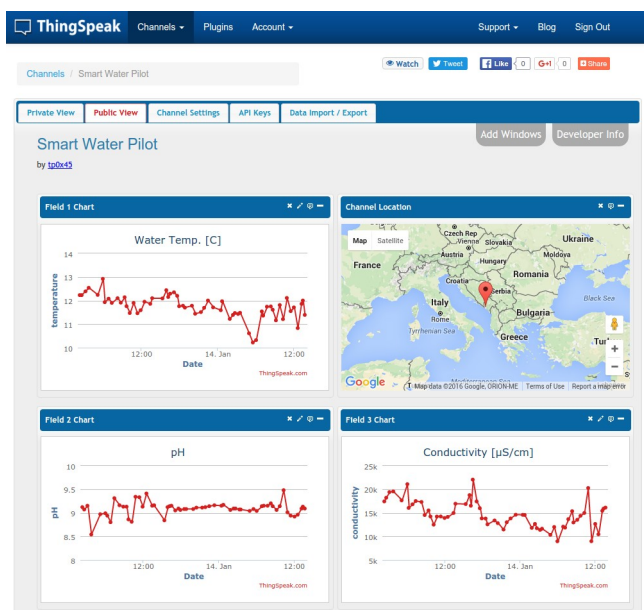


Fig. 8. Public view of the water data at the muscle/fish farm

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The paper illustrates an IoT cloud solution based on the use of open source software. The purpose of this IoT solution is to provide sensor data management for monitoring of the water quality parameters, which is one of the main goals of the BIO-ICT project. It is also important to note that the proposed solution is open and can be used to implement other use scenarios required by the project.

The implementation has been evaluated using various platforms such as PC, Raspberry Pi, Arduino. IoT sensor nodes from Libelium's Plug and Sense family of devices have been evaluated and some of them have been installed in the field. Libelium nodes have been used in the field for over three months using battery/solar power supply. In the future, more of the Plug and Sense devices will be moved from the lab into the field (i.e. Smart Radiation, Smart Agriculture, Smart Environment).

The pilot installation will continue to be used and evaluated by the researchers on the BIO-ICT project. It is simple to use and allow quick deployment of new IoT devices. Sensor data visualization is available in a form of trending charts and accessible via web.

The experience with this IoT pilot will serve as a model for future implementations and development activities in the IoT field under this and possible future projects. Future activities will include evaluation of other IoT platforms.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] D. Evans, "The Internet of Things: How the Next Evolution Is Changing Everything", Cisco White paper, April 2011
- [2] J. Höller et al., "From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence", 1st ed., Elsevier 2014
- [3] P. Mell, T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", NIST Special Publication 800-145, September 2011
- [4] BIO-ICT Centre of Excellence in Bioinformatics, <http://www.bio-ict.ac.me>
- [5] Azure IoT Suite, <http://www.microsoft.com>
- [6] Amazon AWS IoT Platform, <http://aws.amazon.com/iot>
- [7] DeviceHive, <http://devicehive.com>
- [8] ThingSpeak by MathWorks, <http://thingspeak.com>
- [9] A. Cockburn, "Writing Effective Use Cases", 20th printing, Addison Wesley, 2008
- [10] Kaa IoT Platform, <http://www.kaaproject.org>
- [11] FIWARE, <http://www.fiware.org>
- [12] Sitewhere IoT Platform, <http://www.sitewhere.org>
- [13] ThingSpeak, <http://github.com/iobridge/thingspeak>
- [14] Raspberry PI, <http://www.raspberrypi.org>
- [15] Arduino platform, <http://www.arduino.cc>
- [16] Plug and Sense by Libelium, <http://www.libelium.com>

“ZELENA” RAČUNARSKA UČIONICA THE GREEN COMPUTER ROOM

Ana Miletić, Aleksandra Radulović, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: Termin ‘green ICT’ predstavlja skup tehnologija implementiranih u okviru informaciono-komunikacionog sektora orijentisanih na redukovanje emisije gasova štetnih po okolinu i efekta staklene bašte, regulaciju iskorišćenja resursa i poboljšanje energetske efikasnosti. Ovaj rad predstavlja pregled osnovnih green ICT rješenja i prikaz analize koja pokazuje kako i koliko bi ta rješenja doprinijela smanjenju potrošnje energije i očuvanju životne sredine ako bi se implementirala u standardnoj računarskoj učionici.

Abstract: The term ‘green ICT’ refers to a group of information and communication technologies focused on the reduction of emission of greenhouse gases, resource consumption balancing and energy efficiency improvement. This paper presents an overview of the basic green ICT solutions and provides an analysis which shows how and how much they would contribute to preserving the environment and the reduction of energy consumption if they were implemented in a standard computer room.

1. UVOD

U doba sve veće potrebe za potrošnjom, a samim tim i proizvodnjom električne energije, evidentne su posledice koje takav trend ima po okolinu, pri čemu se posebna pažnja usmjerava ka tzv. efektu staklene bašte, koji se smatra jednim od glavnih uzročnika klimatskih promjena na Zemlji. Do pomenutog efekta dolazi usled zadržavanja sunčevog zračenja u uslovima povećane koncentracije štetnih gasova u atmosferi, dominantno ugljen-dioksida (CO₂), što kao posledicu ima blago, ali konstantno povećanje temperature i povišenje nivoa svjetskog okeana. Takođe, očigledan je i porast nivoa zagađenja okoline izazvan sve većom emisijom štetnih gasova i toksičnih materija u toku industrijskih proizvodnih procesa, kao i neadekvatno iskorišćenje raspoloživih resursa.

Jedno od rješenja za ublažavanje i suzbijanje navedenih problema podrazumijeva razvoj novih ekološki orijentisanih tehnologija i sistema u okviru informaciono-komunikacionog sektora. Takva rješenja rade na suzbijanju pomenutih problema kako u okviru samog ICT sektora, tako i u saradnji sa ostalim sektorima. Predviđanja za 2020. godinu govore da je primjenom ICT tehnologija moguće uticati na globalni pad emisije štetnih gasova čak i do 16,5% [1]. Sve ovo je umnogome uticalo na popularizaciju termina *green ICT* (*Green Information and Communication Technologies*), koji podrazumijeva skup tehnologija koje se odnose na planiranje, razvoj i implementaciju tehnologija pod okriljem informaciono-komunikacionog sektora, a koje za cilj imaju ekološke benefite i doprinos očuvanju životne sredine.

Očuvanju životne sredine može se doprinijeti kroz implementaciju određenih metoda *green ICT*-ja, a koje podrazumijevaju [2],[3]:

- 1) implementaciju inovativnih tehnologija, sistema i pametnih uređaja u cilju uštede energije i suzbijanja emisije štetnih materija,
- 2) podsticanje upotrebe obnovljivih resursa, poput solarne energije, energije vjetra, biomase i slično,

- 3) smanjenje količine elektronskog otpada i propagiranje njegove reciklaže,
- 4) podsticanje korišćenja novijih tehnologija poput virtuelizacije, što bi dovelo do efikasnijeg iskorišćenja raspoloživih hardverskih resursa,
- 5) povećanje efikasnosti *data* centara uz uštedu energije i
- 6) korišćenje video konferencija umjesto klasičnih poslovnih sastanaka koji zahtijevaju kraća ili duža putovanja transportnim sredstvima, poput aviona, koji spadaju u jedne od većih zagađivača okoline.

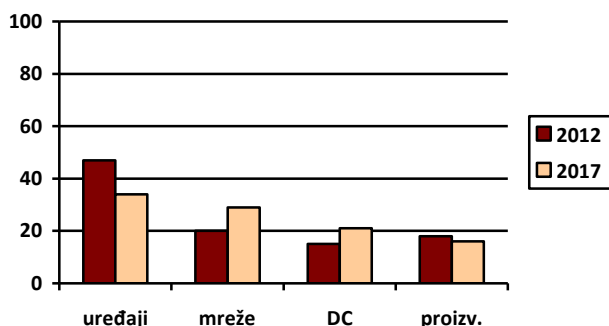
Prvo poglavlje rada daje uvid u potrošnju energije i emisiju CO₂ u domenu informaciono-komunikacionog sektora. U drugom poglavlju su navedena značajnija *green ICT* rješenja i primjeri za smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂. Treće poglavlje prezentira mjerenja potrošnje energije u jednoj od računarskih učionica na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici, analizu dobijenih rezultata i efekata primjene *green ICT* rješenja. Na kraju, dati su zaključci sa osvrtom na buduće pravce istraživanja.

2. POTROŠNJA ENERGIJE U ICT SEKTORU

Informaciono-komunikacioni sektor spada među najinovativnije i najbrže rastuće sektore, prvenstveno zahvaljujući idejama koje se svakodnevno razvijaju na tom polju, a koje se globalno usvajaju i doprinose kako uspješnijem i efikasnijem poslovanju brojnih organizacija, tako i kvalitetu života uopšteno. Ipak, ovakav ubrzan razvoj za posledicu ima sve veću emisiju štetnih materija – zagađivača životne sredine, za koju su i ICT sistemi odgovorni. Naime, smatra se da udio koji ICT sistemi imaju u globalnoj potrošnji energije iznosi oko 4.7%, a u globalnoj emisiji CO₂ oko 1.7% [3]. Imajući u vidu trend razvoja ICT-a, zaključuje se i da će emisije CO₂ nastaviti da rastu, što potvrđuju i podaci iz izvještaja „*Smarter 2020*“ [1], gdje se navodi da je ukupna emisija CO₂ u okviru ICT sektora u 2011. godini iznosila 0.91 Gt, dok se za 2020. godinu predviđa vrijednost od čak 1.27 Gt. Implementacija ekološki svjesnih sistema trenutno je jedna od najaktuelnijih tema u

ICT svijetu, a za cilj ima smanjenje potrošnje energije i emisije CO₂.

Istraživanje “*Emerging trends in electricity consumption for consumer ICT*” [4], koje je obuhvatilo 17 velikih kompanija, među kojima su Google, Microsoft, IBM i Apple, analiziralo je trendove potrošnje za period od 2012. do 2017. godine i predvidjelo njenu raspodjelu u okviru ICT sektora između njene četiri glavne komponente – utroška energije na račun rada korisničkih uređaja, prenosnih mreža, opreme u *data* centrima (DC) i proizvodnje (Slika 1).



Slika 1: Potrošnja energije u okviru ICT sektora (u %)

Ako se predviđene vrijednosti uporede sa stvarnim vrijednostima iz 2012. godine, dolazi se do sledećih zaključaka. Prvi je da će direktna potrošnja, tj. potrošnja na račun rada samih uređaja, sa gotovo polovine ukupne potrošnje energije u ICT sektoru u 2012. godini, tokom pet godina pasti na trećinu od ukupne potrošnje. Ovakvom raspletu bi mogao pogodovati porast potrošnje energije u prenosnim mrežama i *data* centrima, koji će zajedno biti zaslužni za gotovo polovinu ukupne potrošnje energije u ICT sektoru. Ovakav zaključak može se izvesti posmatrajući sve evidentniju evoluciju žičnih i bežičnih mreža koje moraju da podrže potrebu za sve većom količinom prenesenih podataka, kao i upotrebu sve zahtjevnijih aplikacija koje traže sve veće protoke i manja kašnjenja na mreži. Uz to, *data* centri, koji su, zahvaljujući razvoju brojnih *cloud* rješenja i povoljnostima koje one nude, sve opterećeniji i brojniji, po pravilu zahtijevaju specifične uslove (rezervna napajanja, rezervnu opremu u slučaju kvara, sisteme za hlađenje, profesionalno održavanje, itd), a samim tim i veliku količinu utrošene električne energije.

Na osnovu procijenjene tendencije potrošnje energije kao veoma korisna se pokazuju rješenja koja će ciljano uticati na oblasti ICT-a koje su najproblematičnije, tj. energetske najzahtjevnije i najštetnije po okolinu. U poglavlju koje slijedi opisani su neki od načina na koji se može uticati na navedene probleme.

3. PRIMJERI GREEN ICT RJEŠENJA

3.1 Green cloud computing

Broj servisa koje *cloud* sistemi pružaju rastu iz dana u dan. Neki od njih su memorijski kapaciteti za skladištenje podataka, iznajmljivanje virtuelnih mašina, alati za razvoj softvera i razne aplikacije, a korisniku se omogućavaju na

zahtjev. Međutim, da bi funkcionisali na pravi način, *data* centri koji stoje iza *cloud* sistema zahtijevaju veliku potrošnju električne energije. Povećanje energetske efikasnosti *data* centara vrlo je diskutabilna tema. Aplikacije kojima oni upravljaju zahtijevaju sve veću brzinu izvršavanja, pa se oprema u *data* centrima redovno mora “nadograđivati” i dopunjavati moćnijim serverskim mašinama kako bi se pravovremeno moglo odgovoriti na zahtjeve korisnika [5]. *Green cloud computing* je upravo oblast koja tretira energetske efikasnosti *data* centara, njihovo upravljanje i organizaciju i ekonomično iskorišćenje *cloud* resursa.

Pitanja koja se tiču energetske efikasnosti u *cloud* računarstvu najčešće tretiraju jednu od dvije glavne oblasti – 1) energetske efikasnosti u domenu obrade podataka, tj. rada servera i 2) energetske efikasnosti u domenu rada opreme za rashlađivanje servera [6]. Smatra se da se potrošnja električne energije u *data* centrima primjenom odgovarajućih metoda može redukovati do 20% (na račun rada uređaja), odnosno do 30% (na račun rada rashladne opreme) [7].

Pristup koji najviše pogoduje povećanju energetske efikasnosti u prvom slučaju je virtuelizacija resursa u okviru *data* centara. Kako serveri i prilikom niskog stepena iskorišćenosti obično rade koristeći 70% svoje maksimalne snage, najisplativiji i najpraktičniji pristup je dijeljenje jedne fizičke mašine na više virtuelnih i dodjeljivanje dobijenih virtuelnih mašina korisnicima, odnosno aplikacijama. Na taj način je upotrijebljeno manje hardverskih resursa, povećan je stepen iskorišćenja servera, dok je energija utrošena na sam rad servera i njegovo održavanje znatno manja [5].

Drugi problem *data* centara je rashlađivanje opreme koja se u njemu nalazi. Smatra se da je za svaki MW električne energije utrošen na rad servera u *data* centru potrebno iskoristiti dodatnih 0.7 MW kako bi se server zaštitio od pregrijavanja [6]. Kako bi se rashlađivanje vršilo na ekonomičniji način, potrebno je utvrditi koje mašine su opterećenije od drugih i njih preseliti na mjesto koje je najlakše rashladiti. Kao modernija rješenja, implementiraju se i algoritmi koji vode računa o zagrijanosti i opterećenosti pojedinih uređaja i vrše balansiranje opterećenja na osnovu donesenih zaključaka [7].

3.2. Green networking

Green networking je još jedan aspekt *green* ICT-a koji podrazumijeva povećanje energetske efikasnosti računarskih i telekomunikacionih mreža u cilju smanjenja potrošnje energije i emisije štetnih gasova. Inovacije u ovoj oblasti predstavljaju posebni izazov, pogotovo u domenu telekomunikacionih mreža, s obzirom na sve veće opterećenje linkova i količinu prenesenih podataka koje je izazvano rastućim brojem korisnika. Dok tradicionalni pristupi projektovanju mreža za cilj imaju isključivo optimizaciju performansi komunikacionih sistema, moderniji pristupi su orijentisani na omogućavanje zadovoljavajućih performansi uz što veću uštedu energije [8].

U poslednje vrijeme se insistira na brojnim tehnikama koje su u skladu sa *green networking*-om. Pored već pomenute virtuelizacije, u njih spadaju i [9],[10],[11]:

- 1) upotreba obnovljivih izvora energije za napajanje uređaja,

- 2) dizajniranje i upotreba mrežnih komponenti sa manjom potrošnjom,
- 3) analiza opterećenja pojedinih elemenata sa ciljem isključivanja manje aktivnih uređaja, tj. minimizacije upotrijebljenih resursa,
- 4) gašenje linkova i mrežnih čvorišta koji se slabije koriste (*power-down* pristup),
- 5) upotreba mehanizama prilagođenja protoka linka trenutnoj količini saobraćaja i
- 6) implemetacija energetski efikasnih protokola rutiranja.

3.3 Energetska efikasnost ICT uređaja

Prodaja personalnih ICT uređaja ubrzano raste iz godine u godinu, pri čemu joj poseban doprinos daje razvoj sve naprednijih *smart* telefona koji su trenutno u fokusu. Predviđeno smanjenje potrošnje energije u ICT sektoru je posledica migracije velikog broja aplikacija na *cloud*, što dovodi do oslobađanja mnogih pojedinačnih uređaja od složene obrade podataka, ali i uzrokuje dodatno opterećenje *data* centara. Ipak, broj uređaja svakodnevno raste, pa će i pored toga potrošnja energije na račun rada krajnjih uređaja zadržati primat u ICT sektoru.

Što se tiče podataka o brojnosti uređaja u ICT sektoru, podaci iz izvjestaja “*Emerging trends in electricity consumption for consumer ICT*” [4] govore da će i u 2016. godini prednjačiti *smart* telefoni, čiji se broj procjenjuje na oko 1,2 milijarde. Drugo mjesto zauzimaju laptop računari, čiji se broj procjenjuje na oko 950 miliona, a koje prate desktop kompjuteri sa oko 554 miliona.

Ipak, desktop, laptop i netbook računari se svrstavaju u grupu energetski najzahtjevnijih uređaja jer posjeduju mnogo veće ekrane, brže procesore i bolje performanse od *smart* telefona [12]. Naravno, desktop računari, kada je u pitanju potrošnja energije, ubjedljivo zauzimaju prvo mjesto, koristeći 118 TWh električne energije godišnje, a prate ih laptop računari sa 69 TWh godišnje. I pored ogromnog broja korisnika, *smart* telefoni su zaslužni za ukupnu godišnju potrošnju električne energije od svega 6 TWh.

Iz navedenog se može zaključiti da su desktop računari grupa uređaja koja bi, primjenom određenih mjera, mogla donijeti i najveću uštedu po pitanju utroška energije. Zato je kod njih moguće primijeniti niz mjera koje mogu spriječiti prekomjernu potrošnju energije [13],[14], i to:

- 1) razmotriti veličinu monitora i odabrati je u skladu sa potrebama,
- 2) koristiti LCD/LED monitore koji imaju bolji plan uštede energije i duplo duži rok trajanja u odnosu na CRT monitore,
- 3) koristiti *Energy Star* (energetski efikasnije) uređaje koje karakteriše ušteda energije do 25%,
- 4) obaviti odgovarajuća podešavanja koja se tiču automatskog prebacivanja kompjutera u “*sleep mode*” nakon određenog perioda neaktivnosti,
- 5) izbjegavati upotrebu *screen saver*-a koji nepotrebno troši energiju,
- 6) podesiti osvjetljenje monitora i
- 7) isključiti kompjuter kad god je to moguće manualno ili pomoću neke automatizovane procedure.

4. POTROŠNJA ENERGIJE U RAČUNARSKOJ UČIONICI ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA

Praktični doprinos ovog rada predstavlja analizu potrošnje električne energije u jednoj od računarskih učionica na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici. Predmetna učionica posjeduje 48 umreženih desktop računara i standardnu prateću opremu. Prvo je mjerena potrošnja električne energije tokom jedne radne sedmice, a zatim je proračunata ušteda energije primjenom mjera navedenih u 3.3 (4, 5 i 7). Mjerenje je vršeno analizatorom kvaliteta električne energije Fluke 434 [15]. Nakon analize mjerenja uočeno je da u periodima kada se učionica ne koristi postoji značajna potrošnja električne energije (mrežni uređaji, računari koji nisu isključeni, ...). Ova potrošnja je varirala od 140 do 400 W. Veoma jednostavnim rješenjima (manuelnim ili automatizovanim) se ova potrošnja može svesti na nulu (prostom isključenjem glavnog prekidača, automatizovanim gašenjem uređaja pomoću automatizovanih skripti čiji je pokretač alarmni uređaj, brava ili video nadzor, podešavanje grupnih polisa, itd). Ako se izvrši proračun izmjerene trenutne snage (mjerena u intervalima od 5 minuta) zamjenom vrijednosti manjih od 400W sa nulom onda je to izmjerena angažovana snaga učionice kada su primijenjena *green* ICT mjerila. Množenjem sa vremenom mjerenja dolazimo do vrijednosti utrošene energije, koja je prezentovana u Tabeli 1. Evidentno je smanjenje potrošnje za 32,3 kWh, odnosno ušteda od 28,3%.

Ukupna potrošnja energije tokom jedne sedmice	113 kWh
Ukupna potrošnja energije uz primjenu mjera	80,7 kWh
Ušteda energije	28,3% (32,3 kWh)

Tabela 1. Potrošnja električne energije u računarskojučionici

Nakon toga, izvršen je proračun uticaja ove uštede na smanjenje emisije CO₂. Znajući da određeni postotak utrošene energije potiče iz TE Pljevlja, jasno je da se njenom proizvodnjom emituje određena količina CO₂ u atmosferu. Dakle, smanjenjem potrošnje energije smanjujemo indirektno zagađenje atmosfere u mjeri koja se može determinisati. Iz tog razloga, prezentovan je procenat potrošene električne energije u Crnoj Gori (Tabela 2) koju proizvodi TE Pljevlja. U obzir je uzeta sva proizvedena energija u Crnoj Gori (3198 GWh), kao i uvezena (772 GWh) i izvezena električna energija (407 GWh) u 2015. godini [16].

Ukupna potrošnja energije u CG (=proizvodnja+uvoz-izvoz)	3563 GWh
El. energija proizvedena u TE Pljevlja	1406 GWh
Udio el. energije iz TE Pljevlja u ukupnoj potrošnji el. energije u CG	39,5%

Tabela 2. Udio TE Pljevlja u potrošenoj el. energiji u CG

Upoređujući prethodne dvije tabele, dolazi se do podatka o udjelu električne energije utrošene u računarskoj učionici koja potiče iz TE Pljevlja (Tabela 3).

Energija utrošena u računarskoj učionici proizvedena u TE Pljevlja (bez uštede)	44,6 kWh
Energija utrošena u računarskoj učionici proizvedena u TE Pljevlja (uz uštedu)	31,8 kWh
Razlika	12,8 kWh

Tabela 3: Udio TE Pljevlja u potrošnji u učionici

Činjenica je da TE Pljevlja kao gorivo koristi lignit, čijim se sagorijevanjem u atmosferu oslobađa 0,36 kg po proizvedenom kWh električne energije [17]. Imajući ovo u vidu, kao i podatke iz Tabele 3, dolazimo do podatka o emisiji CO₂ koja je posledica rada ICT uređaja u predmetnoj računarskoj učionici na sedmičnom nivou (Tabela 4).

Emisija CO ₂ koju indirektno uzrokuje računarska učionica tokom radne nedjelje	16 kg
Emisija CO ₂ koju indirektno uzrokuje <i>green</i> računarska učionica tokom radne nedjelje	11,4 kg
Smanjenje emisije CO₂	4,6 kg

Tabela 4: Doprinis smanjenju emisije CO₂

Ovim se pokazuje da je ušteda energije, a time i smanjenje troškova i doprinis smanjenju emisije CO₂, značajan i dobar je pokazatelj koliko se mnogo na globalnom i dugoročnom planu može doprinijeti uz sprovođenje vrlo malih aktivnosti. Uzimajući u obzir da je analiza izvršena na nivou samo jedne sedmice, kao i to da se radi o uređajima relativno niske snage, može se samo procijeniti i naslutiti koliki bi bio doprinis većih potrošača koji bi slične *green* ICT mjere sprovodili duže vrijeme.

Svjedoci smo postojanja velikog broja *smart* rješenja koja bi realizovala ovaj ili sličan plan uštede električne energije u računarskoj učionici ili drugim objektima, a koji ne iziskuju velika novčana ulaganja ili značajnije infrastrukturne ili građevinske intervencije.

5. ZAKLJUČAK

Rad prezentira tendencije i procjene potrošnje električne energije u okviru ICT sektora, koji se, zahvaljujući razvoju brojnih aplikacija i naprednih ICT uređaja, u posljednje vrijeme ubraja među veće potrošače električne energije na svjetskom nivou. Analizirani su glavni potrošači energije u predmetnom sektoru i dat je pregled tehnika čijom se primjenom može uticati na smanjenje potrošnje energije. U radu je razmatran procenat proizvodnje i potrošnje električne energije koji uzrokuje emisiju štetnih gasova u Crnoj Gori. Analizirana je potrošnja električne energije u računarskoj učionici i projektovan je doprinis implementacije *green* rješenja ("zeleni" učionica), koji doprinosi uštedi utroška energije i smanjenju emisije CO₂ u atmosferu.

Dalji rad uključuje implementaciju navedenih mjera u svim računarskim učionicama na fakultetu, dalju analizu i mjerenje potrošnje ostalih ICT uređaja (*data* centar, komunikacioni uređaji, ...) i projektovanje *smart* sistema u objektima Elektrotehničkog fakulteta i Univerziteta Crne Gore uopšte.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Horizon 2020 projekta GÉANT Research and Education Networking (GN4), i aktivnosti u okviru ovog projekta NA3 - T3 Status and Trends - The GÉANT Green Team.

LITERATURA

- [1] Smarter 2020 Report: <http://gesi.org>
- [2] Andreopoulou Z., "Green informatics: ICT for green and sustainability", *Journal of Agricultural Informatics*, 2012, pp. 1-8.
- [3] Gelenbe, E., Caseau, Y., "The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions.", *Ubiquity*, 2015, 1.
- [4] Andrae A., Corcoran P.M., "Emerging trends in electricity consumption for consumer ICT", 2013.
- [5] Berl A., Gelenbe E., Di Girolamo M., Giuliani G., De Meer H., Dang M.Q., Pentikousis K., "Energy-efficient cloud computing", *The computer journal*, 2010., 53(7), pp. 1045-1051.
- [6] Zappater-Sancho M., Arroba-Garcia P., Moya-Fernandez J.M., Bankovic Z., "A State-of-the-Art on Energy Efficiency in Today's Datacenters: Researcher's Contribution and Practical Approaches", *Cepis upgrade*, 2011., pp. 67-73.
- [7] Buyya, R., Beloglazov A., Abawajy J., "Energy-efficient management of data center resources for cloud computing: a vision, architectural elements, and open challenges", *arXiv preprint arXiv:1006.0308*, 2010.
- [8] Penttinen, A., "Green Networking – A Literature Survey", *Aalto: Aalto University, Department of Communications and Networking*, 2012.
- [9] Virani M., "Review on Green Networking Solutions", *IOSR Journal of Computer Engineering*, 2015.
- [10] Coudert D., Kodjo A., Phan T.K., "Robust energy-aware routing with redundancy elimination", *Computers & Operations Research*, 2015, pp. 71-85.
- [11] Mumey B., Tang J., Hashimoto S., "Enabling green networking with a power down approach", *Communications (ICC)*, IEEE International Conference, 2012 pp. 2867-2871.
- [12] Lorenz M.H., Lohmann W., "The Five Most Neglected Issues in "Green IT"", *CEPIS Upgrade: The European Journal for the Informatics Professional*, 2011, 11-15.
- [13] Intel, "Ten Ways to Reduce Your Computer's Energy Need", *Intel Information Technology*, 2011.
- [14] National Computer Board, "Green ICT Guidelines for Business"
- [15] Fluke 434:
- [16] <http://en-us.fluke.com/products/power-quality-analyzers/fluke-434-series-ii-power-quality.html>
- [17] Energetski bilans Crne Gore za 2015. godinu
- [18] Combustion of Fuels: http://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html

FRAKTALNA ANALIZA DIGITALNIH SLIKA RETINE FRACTAL ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES OF RETINA

Nataša Popović, *Faculty of Medicine, Podgorica, Montenegro*
Tomo Popović, *Faculty of Electrical Engineering, Podgorica, Montenegro*

Sadržaj: *Razvoj bioinformatike i digitalnih tehnologija poslednjih godina su otvorili do skoro nezamislive mogućnosti u domenu moderne medicine, dijagnostičkih metoda i unapređenja prevencije i kontrole bolesti. Rad ilustruje upotrebu fraktalne analize digitalnih slika krvnih sudova u retini sa ciljem da se proceni stanje zdravlja i detektuju eventualne promene izazvane bolešću. U radu je primenjen box-counting metod za estimaciju fraktalne dimenzije kompleksnosti mreže krvnih sudova. Statistička analiza je pokazala da je kompleksnost vaskularne mreže značajno veća u grupi sa zdravom retinom nego u grupi sa abnormalnom retinom.*

Abstract: *The advancements in bioinformatics, data sciences, and digital technology have led to unimaginable advances in modern medicine, better prevention, improved diagnostic methods and management of diseases. This paper explores the use of fractal analysis to assess complexity of blood vessel network in retinas, which could potentially be used for assessment of health status and for early detection of various health conditions. We applied the box-counting method for estimating the fractal dimensions on the images representing the blood vessel network in the retina. Statistical analysis showed that the complexity of the retinal vasculature is significantly higher in the group with healthy retinas compared to the group with abnormal retinas.*

1. INTRODUCTION

The elastic property of the blood vessel wall is essential for proper functioning of the vascular tree. Destruction of elastic lamellae in the wall of large blood vessels, and an increase in wall stiffness are associated with aging. They cause faster propagation of the blood pressure pulse waves and damaging fluctuations of blood pressure into microcirculation of vital organs.

Microcirculation consists of blood vessels with a diameter smaller than 150 μm [1]. The main function of microcirculatory vasculature is resistance to blood flow, which transforms pulsatile to steady blood flow thereby decreasing vascular wall stress and protecting vital organs from wide fluctuations of the blood pressure [2]. Prolonged increased vascular wall stress causes microvascular remodeling including: capillary rarefaction, change in vascular tortuosity and decrease of the vessel diameter to wall thickness ratio[3].

Although aging is a part normal physiology, it is also a known risk factor for development of cardiovascular disease. Increase in vascular wall stiffness develops even faster in pathologic states that are known cardiovascular risk factors, more specifically hypertension, obesity, atherosclerosis, metabolic syndrome, diabetes, and kidney disease. Therefore, arterial wall stiffness has been proposed as a biomarker for the evaluation of cardiovascular risk factors and for the study of the aging process [4].

The measurement of pulse wave velocity is the most commonly used method for evaluation of vascular wall stiffness in large blood vessels. It is a non-invasive and easy to perform method that utilizes an ultrasound [5,6].

However, simple and reproducible methods for non-invasive evaluation of changes in microcirculation associated with aging and other cardiovascular risk factors are yet to be established. A typical example of microcirculation is the vascular tree that originates from branching of central retinal artery since its diameter is about 160 μm [7]. Retinal vasculature can be easily visualized by a non-invasive funduscopy. There is an ongoing research being performed in computer-aided processing and analysis of digital images of retina [8,9,10].

In microvascular remodeling increased vessel tortuosity would most likely increase the complexity of retinal vascular network, while capillary rarefaction would decrease it. We hypothesize that the complexity of the vascular network will differ between normal retinas and retinas containing abnormalities that are prevalent in pathologic states, which are known cardiovascular risk factors.

In this study we use fractal analysis applied to binarized ocular fundus images in order to quantify the complexity of blood vessel appearance. The analysis relies on estimating the box-counting dimension to assess the difference between normal and abnormal retinas.

2. FRACTAL ANALYSIS AND BOX-COUNTING

A data set, curve or an image, is called “fractal” if it exhibits some sort of self-similarity. Fractal objects can be split into parts, which approximately appear as a copy of the whole set. There are several examples in nature that exhibit fractal appearance such as mountains, tree branches, ferns, plant roots, etc [11]. Fractal analysis is assessing fractal features of data using methods to estimate fractal dimension,

which essentially measures the complexity [12,13]. The intuitive explanation of fractal dimension is that a set A has dimension D , if it follows the power law [12]:

$$N(A, \epsilon) \approx C \epsilon^{-D} \quad (1)$$

where $N(A, \epsilon)$ is the minimum integer number of balls with radius ϵ needed to cover the fractal set A . Solving (1) for D , gives the

$$D \approx \frac{\ln N(A, \epsilon) - \ln C}{\ln(1/\epsilon)} \quad (2)$$

The term $-\ln C/\ln(1/\epsilon)$ approaches 0 as $\epsilon \rightarrow 0$, which leads to another definition of fractal dimension, also known as Minkowski-Bouligand dimension or Kolmogorov capacity [13]:

$$D = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(A, \epsilon)}{\ln(1/\epsilon)} \quad (3)$$

One of the most widely used methods to determine fractal dimension is the box-counting method, which counts the number of N of boxes of size r needed to cover a fractal set. The process is repeated for various box sizes r , and the fractal dimension D_f is determined so that it corresponds to a power law $N(A, r) \approx C r^{-D_f}$. In this paper, we used the *boxcount* package available from Matlab file exchange [14] within the open source Octave scientific software [15]. The method is applied to 2D binarized images (i.e. pixel value can take either 0 or 1) such as one shown in Fig. 1-A.

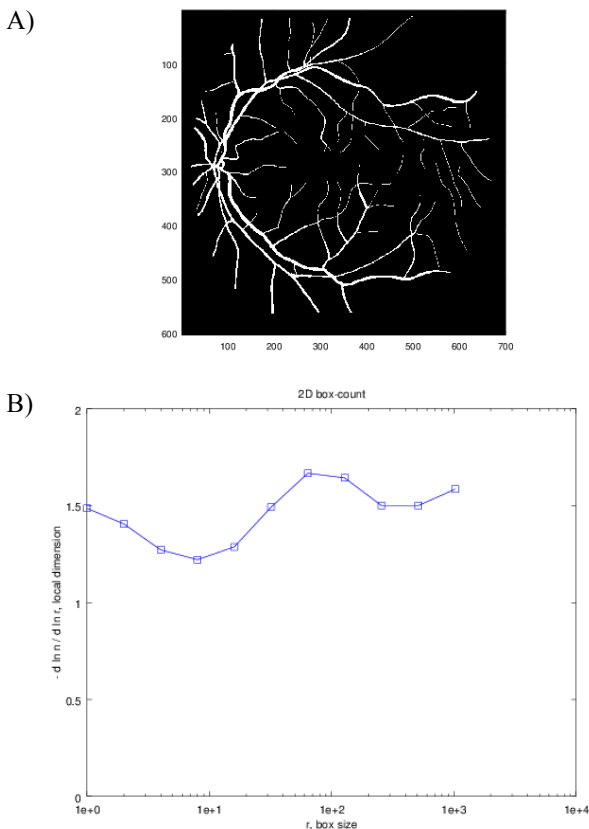


Fig. 1. Using 2D box-counting to estimate fractal dimension

Calling the boxcount function displays N , which is the number of boxes needed to cover the image, as a function of the size of the boxes r . The boxcount returns values for N and r , which can be used to estimate the fractal dimension of a given image. The fractal properties of an image over a local range of box size r can be observed by plotting the local exponent $D = -d \ln N / d \ln R$ using the 'slope' option (Fig. 1-B). For the example in Fig. 1, the D_f is around 1.5, more precisely the mean D_f is estimated as 1.5457 +/- 0.17009.

3. MATERIALS AND METHODS

For the initial experiments we used the images of retinal blood vessels from the publicly available database for Structured Analysis of Retina (STARE database) [16]. This database contains a full set of 400 images of retinas that were taken by a TopCon TRV-50 fundus camera at 35° field and digitized into 700 x 605 pixel resolution (standard RGB). We used 20 retinal images whose blood vessels were manually segmented by 2 different experts, Adam Hoover (AH) and Valentina Kouznetsova (VK). Each expert independently produced a set of 20 ground truth vessel segmentation images as illustrated in Fig. 2. In addition, according to expert diagnosis, 9 images represented healthy retinas, while 11 of them showed some pathologic changes (Table 1) [16].

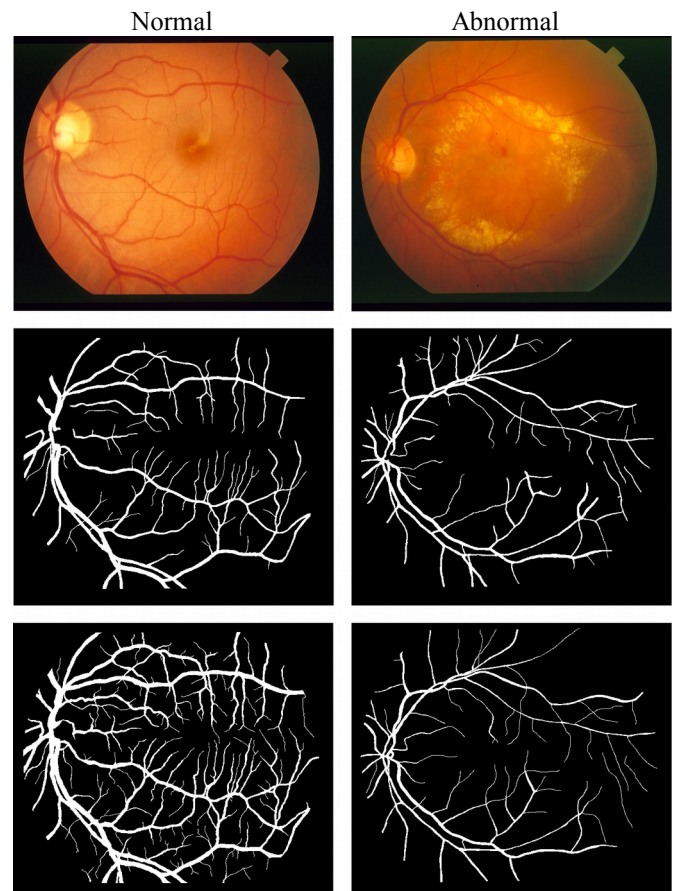


Fig. 2. Examples of retinal images from the STARE database, from top to bottom: a) original images of a normal and abnormal retina; b) manually segmented vessel network of the corresponding images by Adam Hoover; c) manually segmented vessel network by Valentina Kouznetsova [16].

Table 1: Subset of 20 images of retina from the STARE database with the associated diagnoses [16].

Image ID	Diagnosis
im0001	Background diabetic retinopathy
im0002	Choroidal neovascularization and Arteriosclerotic retinopathy
im0003	Drusen, large AND Geographic Atrophy
im0004	Cilio-Retinal Artery Occlusion OR Central Retinal Artery Occlusion
im0005	Central Retinal Artery Occlusion AND Central Retinal Vein Occlusion
im0044	Retinitis, Disease
im0077	Hypertensive Retinopathy
im0139	Background Diabetic Retinopathy
im0291	Vasculitis
im0319	Emboli, Non-Hollenhorst
im324	Hollenhorst Plaque
im0081	Normal
im0082	Normal
im0162	Normal
im0163	Normal
im0235	Normal
im0236	Normal
im0239	Normal
im0240	Normal
im0250	Normal

We applied the the 2D box-counting method in order to estimate the fractal dimension D_F for each of the ground truth images. D_F for each image was estimated by discarding the first and last three pairs from the returned vectors N and r , and then finding the mean value of the local exponent $-d\ln N/d\ln R$ (the slope of the $\ln N/\ln R$) for the remaining points. A two-sample t-test was performed to determine if the two sets of estimated fractal dimensions for normal and abnormal retinas were significantly different. The statistical analysis is done by using a script in R programming language [17].

4. RESULTS AND DISCUSSION

The results of D_F estimation on the AH-labeled data are shown in in Fig. 3. The mean value for estimated D_F for images of normal retinas is 1.52, while the mean D_F for the images of abnormal retinas is 1.46. A two-sample t-test showed that the difference between calculated D_F values for two groups is statistically significant ($p=0.001$). The results of D_F estimation on the VK-labeled data are shown in Fig. 4. In this case, the mean value for D_F for images of normal retinas is 1.64, while D_F for the images obtained from abnormal retinas is 1.56. Statistical analysis also showed significant difference between these two groups ($p=0.003$). The results show that abnormal retinas have decreased blood vessel complexity when compared to normal, healthy retinas.

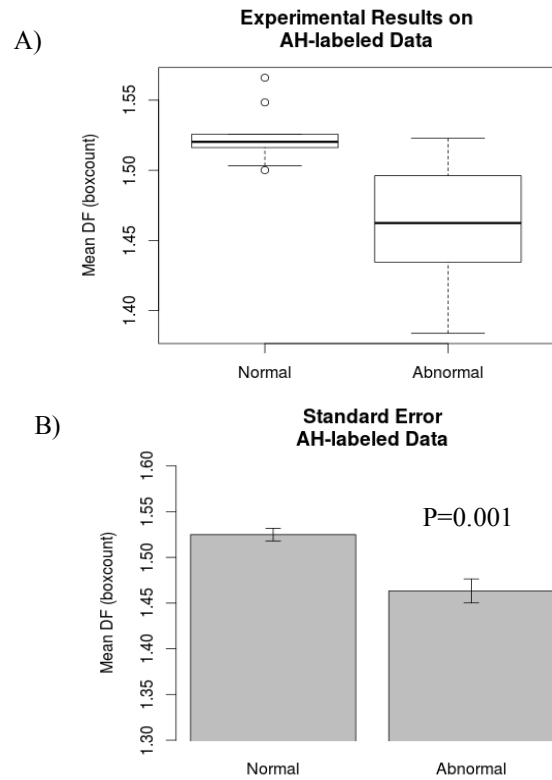


Fig. 3. Results of fractal analysis for the AH-labeled images: A) Distribution of D_F values in images of normal and abnormal retinas; B) Significant difference between the estimated D_F values for two sets of images ($p=0.001$)

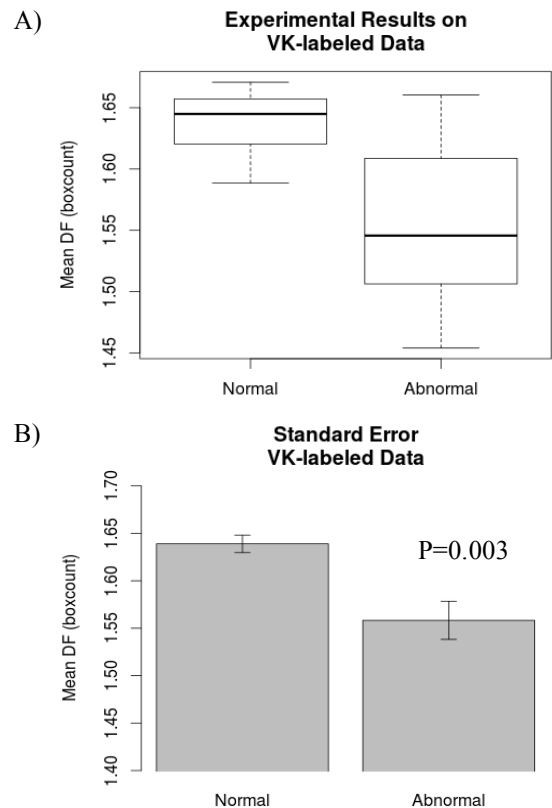


Fig. 4. Results of fractal analysis for the VK-labeled images: A) Distribution of D_F values in images of normal and abnormal retinas; B) Significant difference between the estimated D_F values for two sets of images ($p=0.003$)

Our results for D_F are in accordance with the results of similar studies [18,19]. The difference in the mean D_F values between the two hand-labeled sets can be explained by the different complexity in two ground truth sets of images. It appears that AH-labeled images contain less details than the VK-labeled ones, which affects the complexity of the blood vessel appearance in the two sets. In the future work we plan on applying fractal analysis to retinal images obtained by automated vessel segmentation and exploring other methods for fractal dimension calculations.

Capillary rarefaction could be the most likely explanation for the observed decreased complexity of retinal microcirculation in cardiovascular disease. The complexity of the image could be directly affected by either decreased tortuosity or increased rarefaction. The study by Hughes et al showed that malignant hypertension caused rarefaction of microvasculature in the vital organs, which is in accordance with our findings [3]. Review of the current literature shows there are studies calculating tortuosity indices from medical diagnostic images. Tortuosity indices are affected by the wavelength, wave number, the amplitude of the wave, as well as the vessel caliber [8]. In some of the studies tortuosity measurements are based on qualitative categorical methods. Although they use semiautomatic methods, they often rely on manual intervention by trained graders. Despite the use of the strict protocols, the results have great deal of grader to grader variability [20] and different studies often report contradictory results. Some researchers report that increased tortuosity of microvasculature is associated with hypertension, [3] while others report tortuosity decreased with the presence of hypertension [20]. Further research is needed to determine with more certainty what contributes to the changes in the microvascular complexity associated with the disease.

5. CONCLUSIONS

The computer analysis of digital images of the retina is gaining popularity as it shows potential to be a great tool for health assessment. Taking digital images of retina is a simple and non-invasive technique. Retinal images give us direct insight into the status of patient's microvasculature and their general health. Here we show that fractal analysis confirms a statistically significant difference in retinal vascular complexity between normal and abnormal retina. These results imply that the fractal dimension as a measure of retinal blood vessel complexity could potentially be used as a new biomarker of microvascular damage. It could also be used to assess the presence of cardiovascular risk factors and a wide range of other health problems. The advancements in image processing and data science will enable the development of new concepts in stratification of patients. This will help when deciding if a patient needs treatment with medications, or if just a simple change in lifestyle may be sufficient to prevent microvascular damage.

LITERATURE

- [1] B. L. Levy, G. Ambrosio, A. R. Pries and H. A. J. Struiker- Boudier, "Microcirculation in Hypertension a New Target for Treatment?", *Circulation*, 104: 735-740, 2001
- [2] M. E. Safar and P. Lacolley, "Disturbance of Macro- and Microcirculation: Relations with Pulse Pressure and Cardiac Organ Damage," *Am J Physiol Hear Circ Physiol*, 293: H1-H7, 2007
- [3] A. D. Huges at al, "Quantification of Topological Changes in Retinal Vascular Architecture in Essential and Malignant Hypertension," *J Hypertens*, 24:889-894, May 2006
- [4] N. L. Sehgel, S. F. Vatner and G. A. Meininger, "Smooth Muscle Cell Stiffness Syndrome"- Revisiting the Structural Basis of Arterial Stiffness", *Frontiers in Physiology*, Vol 6, article 335, November 2015
- [5] R. Asmar, A. Bentos, J. Topouchian, P. Laurent, B. Pannier, A. Brisac, R. Target and B. L. Levy, "Assessment of Arterial Distensibility by Automatic Pulse Wave Velocity Measurement," *Hypertension*, 26:485-490, 1995
- [6] M. E. Safar, o. Henry and S. Meaume, "Aortic Pulse Wave Velocity: an Independent Marker of Cardiovascular Risk," *Am J Geriatr Cardiol*, 11: 295-298, 2002
- [7] K. E. Lee, B. E. Klein, R. Klein and S. M. Maure, "Association of Retinal Vessels Caliber to Optic Disc and Cup Diameters," *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 48: 63-67, 2007
- [8] H.C. Han, "Twisted blood vessels: symptoms, etiology and biomechanical mechanisms", *Journal of Vascular Research*, Karger, 2012
- [9] H. Yu at al., "Fast Vessel Segmentation in Retinal Images Using Multiscale Enhancement and Second-order Local Entropy", *Proc. of SPIE*, February 2012
- [10] S. Shahbeig, "Automatic and quick blood vessels extraction algorithm in retinal images", *IET Image Processing*, Vol. 7, No. 4, pp 392-400, 2013
- [11] A. Giorgilli, "An efficient procedure to compute fractal dimensions by box counting, *Physics Letters A*, vol. 115, no. 5, pp 202-206, 1986
- [12] M. F. Barnsley, "Fractals Everywhere", Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2012
- [13] K. Falconer, "Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications", John Wiley & Sons, New York, 1990
- [14] Boxcount, Matlab file exchange: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/13063-boxcount>
- [15] GNU Octave: <http://www.gnu.org/software/octave/>
- [16] A. Hoover, V. Kouznetsova and M. Goldbaum, "Locating Blood Vessels in Retinal Images by Piece-wise Threshold Probing of a Matched Filter Response", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 19 no. 3, pp. 203-210, March 2000
- [17] R: <http://www.r-project.org/>
- [18] S. Talu snd S. Giovanzana, "Image Analysis of the Normal Human Retinal Vasculature Using Fractal Geometry", *Human and Veterinary Medicine*, 4:14-18, 2012
- [19] T. J. MacGillivray at al, "Fractal Analysis of the Retinal Vascular Network in Fundus Images", *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Cité Internationale, Lyon, France, August 2007*
- [20] C.Y. Cheung et al, "Retinal Vascular Tortuosity, Blood Pressure, and Cardiovascular Risk Factors", *Ophthalmology*, 118:812-818, 2011

ANALYSIS OF MAIN CONDITIONS FOR DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC COMMERCE IN THE REPUBLIC OF SERBIA ANALIZA OSNOVNIH USLOVA ZA RAZVOJA I PRIMENU ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI

Jelena Končar, Sonja Leković, *University of Novi Sad, Faculty of Economics in Subotica*

Abstract: *Participation in global electronic market requires the provision of conditions for the development and implementation of electronic commerce. On the electronic market the competition is becoming stronger, the development of electronic commerce is becoming more intense, and the Internet is becoming a global medium where participants meet, compete and cooperate on electronic marketing channels. The electronic market of the Republic of Serbia aligns with the electronic market of neighbouring countries to a large extent, which have similar characteristics of the development of electronic commerce.*

Sadržaj: *Uključivanje u globalno elektronsko tržište zahteva obezbeđivanje uslova za razvoj i implementaciju elektronske trgovine. Na elektronskom tržištu konkurentna borba postaje sve oštrija, razvoj elektronske trgovine je sve intenzivniji, pri čemu Internet postaje globalni medij na kome se susreću, konkurišu i saraduju učesnici elektronskih kanala marketinga. Elektronsko tržište Republike Srbije u velikom stepenu je usklađeno sa elektronskim tržištem zemalja u okruženju, koje imaju slične karakteristike razvoja elektronske trgovine.*

1. INTRODUCTION

Global processes stimulated by technological developments lead to the development of electronic marketing channels. Participation in the global trends in electronic commerce requires affirmation of the conditions for the implementation and development of electronic commerce. The emergence and development of electronic commerce using the Internet leads to connection of electronic manufacturers and end users. Competition is very strong, which requires the implementation of electronic commerce in order to ensure the place in the global electronic market and thus ensure competitiveness. An analysis of this requires: the basic conditions and prospects of the development of electronic commerce in the Republic of Serbia, as well as consideration of the implementation and comparison of electronic commerce in the neighbouring countries.

2. MAIN CONDITIONS FOR DEVELOPMENT OF ELECTRONIC COMMERCE IN THE REPUBLIC OF SERBIA

E-commerce refers to the use of the Internet, the Web, and apps to transact business [1]. The implementation of electronic commerce by the traders in the Republic of Serbia requires encouraging sellers to develop e-commerce in their own business as an effective form of economic operations. For the economic efficiency of electronic commerce, on the other hand external factors, that ensure its smooth functioning, are essential. Key barriers to the development of electronic commerce in the Republic of Serbia, concerning the infrastructure factors (technical and technological), are associated with undeveloped infrastructure (roads, air and rail

transport), telecommunications infrastructure, competition in services delivery, as well as the underdeveloped culture of using electronic money and new debit cards that are offered on the local market [2]. Necessary condition for the development of electronic commerce in the Republic of Serbia is the development of means of payment which are typical for payment in electronic commerce (especially in the B2B and B2C e-commerce).

Electronic retailers in the Republic of Serbia deliver products to the customer's home address, with different options to pay for products (electronic payment cards, payment on delivery, payment slips, etc.). However, there is a problem in the realization of the ordered products, given that most electronic retailers have no integrated system for monitoring inventory with the process of ordering, and often products that are offered on the e-shop are not really available, which leads to customer dissatisfaction in the purchasing process.

Legal uncertainty relating copyright protection, the use of pirated software, the protection of the contracting parties and the duration of the legal proceedings in the event of a dispute, etc. influence the development of electronic commerce in the Republic of Serbia. Legislation in the field of electronic commerce is an important prerequisite for the development of electronic commerce. However, for the functioning of the electronic commerce only one law is not enough, but a set of legal regulations in different areas. The Law on Electronic Commerce in the Republic of Serbia regulates the conditions and manner of information society services, provides service users with information, commercial messages, rules relating the contract in electronic form, the liability of service providers of the information society, monitoring and

misdemeanours [3]. With this law in the Republic of Serbia contract in electronic form, which created a legal condition for equalizing electronic and mobile with traditional forms of business, is defined.

3. IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC COMMERCE IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Electronic stores in Serbia vary in size from very large to small with limited selection of products. There are about 200 electronic stores in Serbia. The most common are electronic stores “click and brick” that sell electronic equipment and appliances associated with computers, baby equipment, toys, product group DIY and so on. An electronic sale of everyday consumer goods is developing in recent years by retail chains such as “Univerexport” (elakolije.univerexport.rs), “Agrokor” (online.idea.rs), “Maxi Delhaize” (shop.maxi.rs). If we observe the value of individual purchases of the largest retailers with traditional and electronic sales in Serbia (“Univerexport”, “Idea”, “WinWin”, “Metro Cash and Carry”), it is estimated as higher in electronic than in traditional sales. The impact of the economic crisis leads to closure of some electronic stores during the previous period. In the electronic market of Serbia two electronic stores, which had the largest market share, closed their e-shop (“Pacom” and “E-Ducan”). “Pacom commerce” represented one of the leading electronic sellers which sell the best selling categories of products on the Web. “E-Ducan.rs” had a distinctive Web performance through electronic sale to end consumer, as well as to business customers and a unique electronic market C2C. It represented one of the first electronic stores and its strategy was based on the comprehensiveness of the product range, which is competitive in the electronic market in Serbia and the region. Electronic commerce growth is expected in traditional retailing, as well as “pure play” electronic sellers, in the electronic market in the next period.

There are 66.2% of Internet users in the Republic of Serbia, which is 0.8% of European Internet population, and 76.51% of Internet users use social networks [4]. The level of use is different in parts of the country, where the highest use is in Belgrade, then in Vojvodina, and the lowest Internet use is in Central Serbia. Since 2013, all obstacles for the functioning of the PayPal payment system in Serbia have been removed, which facilitated electronic commerce, primarily the purchase of products from abroad.

The fact that 2,950,000 inhabitants used the Internet on daily basis in Serbia in 2015, 22.7% of users had completed the purchase/ordering in the last three months, 10.6% more than three months and 9.0% more than a year, while 57.7% of Internet users have never bought/ordered goods or services over the Internet indicates that e-commerce will have growth in the upcoming period [5]. Mostly purchased products are in category of clothes and sports goods, computer equipment, electronic equipment, household goods, books, etc. However, participation of certain categories in electronic consumption is significantly changing from year to year in Serbia, influenced by the development of electronic markets and

constant changes on the supply side, the emergence of new electronic sellers or closing major market participants which have disappeared from the electronic market of Serbia.

4. IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC COMMERCE IN NEIGHBOURING COUNTRIES

Development of Internet commerce changes the position of consumers on the global market and presents a new driving force in the development of electronic marketing channels [6], which is characteristic of the markets in countries in the region. 61% of the population uses the Internet in Montenegro, which is 0.1% of European Internet population, and 84.32% of the Internet population uses social networks [4], which is high percentage considering level of Internet penetration. However, the fact that 30.8% of the population have never used the Internet should be taken into account [7]. Likewise in Serbia, these indicators vary depending on the part of the country, where the highest use is recorded in the capital city of Podgorica and the southern part of the country, while the central and the northern part are lagging in level of Internet use. Also, the habits of usage vary according to age and sex structure, where younger population and men dominate. 24.3% of enterprises purchased products on the Internet in 2014 (17.2% in 2013, and 11.7% in 2012), while 14.7% sold products on the Internet in the same year (11% in 2013, and 8.1% in 2012) [8]. This indicates that more companies purchased on the Internet, and that this increases in significant pace, while sales is at much lower level with a shift compared to the previous year. Therefore, the question is what part of sales on the Internet in Montenegro is selling to final consumers.

When it comes to shopping on the Internet, 81% of Internet users have never bought on the Internet [7]. The rest of the Internet population usually buys the following product categories: clothing and sports equipment, accommodation, computer software, travel arrangements, films and music, pharmaceutical products. It can be assumed that the reasons for buying the above mentioned products is unavailability of certain categories in the local market, the competitiveness of the prices of e-commerce in neighbouring countries and the like. This can be concluded on the basis of analysis of the countries from which consumers in the Republic of Montenegro mostly purchase and that is from sellers from other countries of the world 51.9%, 37.5% from domestic sellers, and 31% sellers of the EU [7]. It is assumed that a large part of purchases is from the neighbouring countries, thus further analysis could determine how high is the participation of each neighbouring country in mentioned dominant percentage (51.9%), and by that if it could be concluded that Bosnia and Herzegovina, the Republic of Montenegro, the Republic of Croatia and the Republic of Serbia have relatively integrated electronic market, as consumers possibly made purchases in these countries. Small language barrier enables the integration of the markets of these countries, as well as proximity to markets which is not an undue burden on the cost of delivery. For the development of electronic commerce in the Republic of Montenegro, it is

necessary to eliminate the reasons why people do not use the Internet, and most often cited reasons are: because they do not want and do not have reasons to use Internet, do not have skills for use, high costs of access to Internet, high costs of equipment for access, and the like. Using the Internet for the purpose of selling and purchasing by the enterprises is at a relatively low level in Montenegro, which requires institutional measures for affirmation.

Electronic commerce in Bosnia and Herzegovina is on the same or a similar level of development as e-commerce in the Republic of Croatia, the Republic of Serbia and the Republic of Montenegro. Consumers prefer traditional forms of shopping in Bosnia and Herzegovina, while e-commerce is done mainly without complete electronic transactions, with the option of payment on delivery, indicating lack of confidence in e-commerce in this country. However, e-commerce finds its place in younger population from Bosnia and Herzegovina, primarily because of the comparative advantages in terms of supply and prices of products offered by foreign and global electronic retailers. 68.7% of the population used the Internet in 2015 in Bosnia and Herzegovina, which is 0.4% European Internet population and 57.06% of the Internet population uses social networks [4]. Compared with the previous period only 0.2% of the population used the Internet in 2010, while the percentage in 2007 was 20.4% [9], which indicates the expansion of the implementation of the Internet. The problem of purchasing from global electronic sellers is the same for most of the neighbouring countries, and refers to the inability of delivery of the product in the country and tax policy with high tariffs for products of low value, which increases the price of purchases of the product and thus discourages ordering of global electronic retailers. It is estimated that ordering from other country is much more than e-commerce from domestic sellers in the proportion of 90:10. The largest "pure" electronic dealers in Bosnia and Herzegovina are Kupi.ba and Kupovina.ba. With necessary measures for promoting and encouraging the development of comprehensive infrastructure prerequisite for the implementation of electronic commerce (ease of delivery throughout the country, implementation of electronic payment network security, etc.), the development of electronic commerce in Bosnia and Herzegovina should be expected in the next period.

The Republic of Slovenia is in the best position according to the parameters of electronic commerce in relation to Croatia, Bosnia, Serbia and Montenegro, and by some indicators at EU level, or even above the level of the EU. While mentioned markets are more connected and share similar characteristics, Slovenian market of electronic commerce is developing with the markets of Central and Western Europe. The Slovenian market is in the range of developing countries, such as Hungary, Slovakia and the Czech Republic. Internet population in Slovenia numbers 1,501,039 inhabitants, which is 72.8% of the total population in the country, 0.2% of European Internet population and 56.63% of the Internet population uses social networks [4]. 78% of households had Internet access in the first quarter of 2015 in Slovenia, 73% of the population aged between 16

and 74 used the Internet, while 22% of users have never used the Internet [10]. Almost half of consumers on the Internet in Slovenia buy in local electronic stores. Specifically, 49% of consumers on the Internet find what is needed on the local electronic stores, while generally younger population buys abroad (same indicator, according to the Statistical Office of Slovenia, shows that 82% of consumers ordered from the Slovenian electronic retailers in 2014) [11]. The most common categories of products that are purchased in Slovenia are clothes and sports equipment, household products, and is significantly represented various tourist services. Slovenia has recorded around 407,000 consumers on the Internet, or 26% of Internet users, aged between 16 and 74 years in the first quarter of 2014, a significant increase compared to five years ago when this percentage was 14% [12]. Participation of younger Internet users indicates the development of demand in electronic commerce in the future. Businesses had 3% of sales to final consumers, which generated € 170,000 in online sales in 2014 in Slovenia [13]. Significantly higher sales volume of enterprises in Slovenia was made to other companies, and state and public institutions.

Characteristics of e-commerce in Croatia are the following [14]:

- High degree of integration of ICT in service business: 96% of companies have Internet access (which is close to the indicators in Austria and significantly higher than Bulgaria);
- The predominant use of broadband Internet access: 96% of companies use some type of fixed broadband networks, 64% of enterprises used mobile broadband Internet access;
- Internet sales accounted 13% of total sales of goods and services (also includes B2B and B2C Internet sales of products and services).

When it comes to Croatia, 75% of the population uses the Internet, which makes 0.5% of European Internet population, and 56.82% of Internet users use social networks [4]. Among the most popular electronic sellers in Croatia are: Sonusart.hr (audio and video equipment), Silux.hr (car/motorcycle), Emmezeta.hr (products for household and garden), Gizzmo.hr (cameras/phones), Alternativa-webshop.com (beauty and health), Dobra-macka.com (fashion and sports), eKupi.hr (the largest online trading center). Consumers on the Internet in Croatia still favour sellers outside Croatia (indicating by market share of Amazon.com and eBay.com, which is 45.2%), since the Croatian accession to the EU, enabled trade with EU countries without taxes, and thus enabled easier development of electronic commerce. eBay is an electronic seller which has the highest number of transactions, although their value is less than the ordered products in domestic electronic retailers. When it comes to product categories that are mostly purchased on the Internet, they are different from the dominant category among the biggest electronic retailers, and these are clothes and sports equipment, computer hardware, household products, appliances, books/magazines/newspapers, computer software, music/movies, food and medicines. The percentage of consumers who bought on the Internet is low compared to EU standards, 28% of consumers purchased in 2014, but Croatia still has the fastest growth of electronic commerce in the EU,

because in 2008 this figure was 8% and 14% in 2010 [15]. However, Croatia is facing numerous problems in the development of electronic commerce. Foremost there is distrust among consumers in electronic commerce outside the country, which is the main obstacle for purchasing in Croatia and other countries in region.

5. CONCLUSION

Development and implementation of electronic commerce in the Republic of Serbia leads to functional and structural changes in marketing channels. The implementation of electronic commerce in the neighbouring countries takes place under the influence and domination of large electronic sellers. The largest Internet population in region is present in Croatia (75%), then Slovenia (72.8%), Bosnia and Hercegovina (68.7%), Serbia (66.2%), and then Montenegro (61%). The largest part of the European Internet population is in Serbia, while the lowest part is in Montenegro. Croatia has the biggest share of Internet consumer (28%). Of the total Internet population Montenegro has the largest part of the users on social networks (84.32%), then Serbia (76.51%), and these countries have the highest level of population of the Internet who have never shopped on the Internet. Clothes and sports equipment are mostly bought in all countries. Further development and implementation of electronic commerce in the Republic of Serbia will take place towards the greater use of the Internet by businesses and potential consumers, enhancing domestic supply and institutional affirmation of comparative advantages that electronic commerce provides to sellers.

REFERENCES

- [1] K. C. Laudon, C. G. Traver, *E-commerce 2015. Business. Technology. Society.* 8th edition, Pearson, 2015.
- [2] S. Lovreta, *Strategija razvoja trgovine Republike Srbije.* Beograd: Vlada Republike Srbije, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008.
- [3] Zakon o elektronskoj trgovini, Službeni glasnik R. Srbije, br. 41/2009.
- [4] *InternetWorldStat*, dostupno na sajtu: <http://www.internetworldstats.com/europa.htm#cz>, datum dostupnosti: 15.01.2016.
- [5] M. Kovačević, K. Pavlović, V. Šutić *Upotreba informaciono-komunikacione tehnologije u Republici Srbiji*, 2015. Beograd: Republički zavod za statistiku, 2015.
- [6] J. Končar, *Menadžment maloprodaje*, Subotica: Ekonomski fakultet Univerzitet u Novom Sadu, 2015.
- [7] Zavod za statistiku Crne Gore. *Saopštenje: Upotreba informaciono-komunikacione tehnologije u Crnoj Gori 2014.* br. 280, Podgorica: MonStat, 31. Oktobar 2014.
- [8] Zavod za statistiku Crne Gore. *Saopštenje: Upotreba informaciono-komunikacione tehnologije u preduzećima u Crnoj Gori 2014.* br. 281, Podgorica: MonStat, 31. Oktobar 2014.
- [9] S. Lekovic „*Global market of electronic commerce in EU, Republic of Serbia and neighboring countries*“, 2nd International Conference for PhD Candidates „*Economics, Management and Tourism*“, 2011.
- [10] Statistički Urad Republika Slovenija, *Usage of internet in households and by individuals, Slovenia, 2015*, dostupno na sajtu: <http://www.stat.si/StatWeb/en/show-news?id=5509&idp=10&headerbar=15>, datum dostupnosti: 15.09.2015.
- [11] EcommerceNews (September 30, 2015). “*The online shopping behavior in Slovenia and Croatia*”, dostupno na sajtu: <http://ecommercenews.eu/the-online-shopping-behavior-in-slovenia-and-croatia/#more-5125>, datum dostupnosti: 15.09.2015.
- [12] Statistički Urad Republika Slovenija, *E-commerce for private purposes, detailed data, Slovenia, 2014*, dostupno na sajtu: <http://www.stat.si/StatWeb/en/show-news?id=5509&idp=10&headerbar=15>, datum dostupnosti: 15.09.2015.
- [13] Statistički Urad Republika Slovenija, *Web sales, Slovenia, 2013*, dostupno na sajtu: <http://www.stat.si/StatWeb/en/show-news?id=4781&idp=16&headerbar=7>, datum dostupnosti: 15.09.2015.
- [14] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. *Priopćenje-Primjena Informacijskih i komunikacijskih tehnologija IKT u preduzećima u 2014*, prvi rezultati, br. 2.3.2, Zagreb: Državni zavod za statistiku Repulike Hrvatske, 3. prosinac 2014.
- [15] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. *Priopćenje-Primjena Informacijskih i komunikacijskih tehnologije IKT u kućanstvima i kod pojedinaca u 2014*, prvi rezultati, br. 2.3.2, Zagreb: Državni zavod za statistiku Repulike Hrvatske, 3. prosinac 2014.

KORIŠĆENJE WEB SOKETA ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA U REALNOM VREMENU NA WEB-U

USING THE WEB SOCKETS FOR REAL TIME DATA COLLECTION ON THE WEB

Eleonora Milić, Milena Stanković, *Faculty of Electronic Engineering, University of Niš*

Sadržaj: *Web socket protokol sa svojim API-jem je jedna od tehnologija koja se koristi kao podrška u prikupljanju podataka na Web-u i ima važnu ulogu u distribuiranim sistemima za prikupljanje podataka u realnom vremenu. Web soketi obezbeđuju protokol između klijenta i servera, što u osnovi čini perzistentnu TCP konekciju na HTTP nivou. Kao tehnologija, Web soketi su pogodni za integraciju na širokom spektru uređaja, od računara do embedded uređaja. U radu predstavljene su karakteristike i ograničenja pomenutog protokola kao podrške u implementiranju klijent-server aplikacija za prikupljanje podataka u realnom vremenu na Web-u.*

Abstract: *A Web socket protocol with its API is one of the technologies used as a support for collecting data on the Web and it has an important role in the distributed systems for data gathering in real-time. Web sockets provide a protocol between a client and a server which is mainly a persistent TCP connection on a HTTP level. As a technology, Web sockets are appropriate for the integration on a wide range of devices, from the standard computers to embedded devices. Here are listed and processed characteristics and limitations of mentioned protocol as a supporting technology in implementing client-server application for real-time data collection and analyse on the Web.*

1. INTRODUCTION

Distributed data mining provides the power of the computers processors connected to the Internet to realize different research and data analysis. The flexibility and scalability of the basic architecture has an important impact on the power of the distributed systems for collecting data. Because of that, great care has to be taken when selecting the technology for data collecting and analysis on the Web.

The technologies used as a support for collecting data on the Web have an important role in the distributed systems for data gathering. When speaking about the technique of Web mining which involves the extraction of valuable data, it is necessary to take into consideration that the data of interest are distributed among several databases. It is also important to take care about the fact that the collecting of data is often hindered by firewalls, which are blocking connections, since, most of the time, they just allow the HTTP/HTTPS incoming traffic. The solution to the problem is finding the technology which will support collecting data by making the communication between clients possible, and, on the other hand, creating integration with the framework for data analysis.

A Web socket protocol with its API, which fulfils all the requests above, comes as a solution to the problem. The Web Socket API, as a newer technology, can be used as a support in implementing distributed systems for collecting data in real time. Web sockets provide a new protocol between a client and a server which is mainly a persistent TCP connection on a HTTP level [1].

The subject of this research was an assessment of the implementation of the Web socket technology by using a .NET framework, an appropriate support in collecting data in real time on the Web. Because of that, an application has been developed, which, on one side has a server for collecting data, and on the other a lot of independent clients. The level which implements the Web socket protocol is in charge of the

communication between servers and clients. An example of this environment for which a system for collecting data on the Web was developed is a chain of retail stores of computer equipment which are positioned on different geographic locations. Each location has its database, where the sale of accessories and orders is recorded. The data from the base are analyzed on the server, to come to a conclusion which items are most wanted, and which is not in a certain geographic region. That analysis is done by the server that receives the data from the database of each location individually, via an Internet connection. The computers on those locations are connected to the server by a Web socket and they distribute the data of interest in real time.

In this paper, exploring the definition, technology and research done on the use of Web sockets in collecting data will be presented. A procedure of the realization and problems that occurred during the integration of this technology in the work environments will also be shown.

2. EARLIER RESEARCH

With the progress of technology used for the systems for data collecting and analysis in real time, tendencies for research in this field also grew. It has to be taken into account that the Web socket protocol is a newer technology and that more research on its application to the systems for data collecting and analysis over the Web is expected in the future.

Since the appearance of Web sockets, there have been several studies on the subject of collecting data on the Web. One of them is a research where the main goal was the demonstration of achieving high bandwidth and performance by using Web sockets with web-mapping applications [2]. Furthermore, in another research, the authors have shown that Web sockets can increase performance and reduce the cost of computer resources and network bandwidth [3]. Another example of the integration of Web sockets with a framework

for data analysis has been described in a research which used mentioned technology as a separate and independent part of the framework for the analysis of the collected data on the Web [4]. Inspired by previous researches we decided to show possibilities and limitations of mentioned protocol as a supporting technology in implementing client-server application, which main goal is real-time data collection on the Web.

3. PROPOSED SOLUTION

By studying the principles, technologies and standards which are used for the implementation of the systems for collecting data in real time, special emphasis is put on the usage of Web sockets. In practical work, a client-server application has been implemented, for collecting data from the chain of retail stores of computer equipment which are positioned on different locations, have their local databases, and connected to the network via a regular Internet connection. This way, it is possible to have some insight at every moment about the current state of the system and to analyze the supply and demand in stores.

Web Socket itself is an independent TCP-based protocol, but it is designed to support any other protocol that would traditionally only run on top of a pure TCP connection. The best way to think of Web Socket is as a transport layer. The Web Socket API supports the ability to define sub-protocols: protocol libraries that can interpret specific protocols.

When we talk about client-server architecture, it is clear that every sales point represents a client, while the server computer is, in fact, a virtual machine on a cloud server. Every client collects data which is stored in the local database. These data are about selling computers and computer equipment on that particular location. With every sale, data about the sold product will be recorded in the database, such as: the code of the product, name, type, price, remaining quantity of the product, etc. Besides the data about the selling, there will be tables in the database where all the products which are available in that object (or a warehouse on that location) will be recorded. The client computers would use their processor power and would not overload the server with the processing that can be done on the client computer. The main processing would be done quarterly, by processing the data about the sold products and those which are in stock for a longer period of time. In that report, the products which have been sold would be sorted in the descending order, beginning with the one that has been sold the most. The products, which have been in stock for a longer period of time and cannot be sold, would be sorted in the report by the criteria which are relevant to the time period during which they were in store and their price. At every moment, the server could look up the data and created reports, processed as such, from the specific or all of the clients. The server would always get the response for the last quarter, which would account for the period of time from the request. Besides the quarterly data, the server could ask for the data which would show the condition during the last six months, a year or whichever it takes to perform the appropriate data mining, and to find out the appropriate patterns using a Web service implemented by Web sockets.

When the server collects data from the clients, depending on the need, it is possible to perform data analysis on the level of location, geographic region or all of the sales points.

The results gathered by the analysis would be used for creating specific patterns, which would predict demand and sale for the upcoming period of time. Some of the products would be acquired in larger, and some of them in smaller quantities depending on the prediction which is the result of a detailed analysis. The losses caused by a smaller sale of some of the articles would be calculated as well, and strategies would be made, the consequence of which would be reducing losses by lowering the price of those products, or transferring them to locations where there is a demand for them.

The goal of the application development is creating a simple framework for studying the integration of the Web socket protocol with a data mining framework. Each client performs a simple data analysis, coordinated by Web servers. The communication between the clients which are located on different networks can be guaranteed by the broker or the central server. The server gets the tasks that are further distributed to the clients. The client accesses the server via the Web by upgrading their HTTP/HTTPS connection to WS/WSS (Web Socket Secure connection). The role of the server is to "listen" to the clients which are connected by Web sockets and to process new incoming and outgoing messages. When the clients have registered, the Web socket connection is initialized and the server stores the reference onto that socket on the list. That list is used, among other things, for routing the messages which are being sent to the clients.

4. WEB SOCKETS

Web sockets provide a new protocol between a client and a server which is mainly a persistent TCP connection. Two-way, full-duplex, messages travel through this open connection. Because of the fact that it is an independent protocol based on TCP, it does not require HTTP tunneling, instead it allows a simplified communication during sending of the messages.

Web sockets are used with applications that send small data packages, which make them reliable and available to many devices. Through a TCP connection, Web sockets can be used as a basis for bidirectional real time functionality. The ability to submit information to a device as soon as possible makes Web sockets one of the most desired solutions for sending push notifications between the devices. It is used for developing applications that work in real time, both on the Web and in mobile technologies [1].

Web socket API and protocol have been standardized by IETF and W3C and have become inevitable for creating real time functionality on the Web, in desktop and mobile applications. The most important advantages of the Web sockets are: Cross origin communication, Cross platform compatibility (web, desktop, mobile) and the small amount of data which is the framework of the messages.

The flaws of the Web socket as the basis for communication in real time become prominent when the application is scaled and when the database of the users expands. The biggest problems occur in: the topology of the network, firewalls, configuration of the kernels and monitoring.

All in all, Web sockets present a powerful tool for adding real time functionality to Web applications or applications for mobile devices [5].

4.1 REAL TIME DATA MANIPULATION

Unlike traditional static web pages, dynamic web applications that leverage purely the HTTP protocol are incredibly costly to run. With Web Socket, the savings on server resources are enormous. Nowadays many researches are trying to demonstrate that the real time applications based solely on http and requiring hundreds of servers to run suddenly drop to only two or three servers after they have been ported to Web Socket.

Establishing a connection between the devices is just the beginning in creating real time functionality. It is possible to publish or to sign up for the reception of the data in real time, as well as to always know who is signed in on the channel at the certain point of time, and who is offline. It is possible to monitor the flow of the data and later access them and run different queries over them. Besides, there is a possibility of data analysis in real time, and also on the data which have arrived earlier.

4.2 REAL TIME COMMUNICATION: SECURE WEB SOCKETS, HTTPS AND REGULAR SOCKETS

When we compared WSS and HTTPS, one of the most important markers is the speed of response. For protected Web sockets, what is measured is the time from the sending of the package to the sending of the receiver's response. With HTTPS, what is measured is the time which passes from the moment when the client is sending the request to the server, which immediately responds with a confirmation that it has received the request. In our research when we made a test with 50 competing Web socket secure connections and HTTP secure connections on the average the travel of the package through a Web socket lasted 13ms shorter than through the HTTPS. When comparing TCP sockets and Web sockets, a question is posed which of these two technologies is better to use. Again, if we make a test with 50 competing connections of regular, TCP sockets and Web sockets, we can compare the average time of the arrival of the response. During this measurement, TCP sockets win with the average time of about 2ms when compared to Web sockets with 20ms, whereby the usage of the processors was approximately the same. Such huge difference in time is a consequence of the size of the sent message, that is, its package. Even though they basically perform the same thing, Web sockets are mainly executed from the browsers which are connected to a server application via a protocol similar to HTTP which is executed by a TCP/IP level. On the other hand, regular TCP sockets are much powerful because they are executed via TCP/IP, and they are not limited by browsers or a HTTP protocol. When bytes are being sent from the buffer via a regular TCP socket, the method for sending returns the number of bytes which has been sent. That number can be lower than the actual size of the buffer. With Web sockets, the method for sending is transferring the entire message, or not transferring it at all. With the regular TCP socket, the method for sending can be an unblocking or a blocking one, while with Web sockets the sending of the messages is an unblocking operation. There are bigger differences while receiving messages than while sending them. When a message is received with a TCP socket, it cannot be claimed with certainty whether that message is composed of one or more sent messages. With Web sockets, the reception of messages is event-driven, so the incoming message is always complete

and it is a result of one sending. The conclusion is that Web sockets are an upgrade to regular TCP sockets which share and frame their messages, while adding to them data such as: the size of the message, the order of frames, etc. TCP sockets are better for working on the Intranet, where there is a control of the ports, while on the Internet, there are standard ports (such as 80 and 443 ports, for HTTP and HTTPS), so the communication with the server is limited to those ports. The purpose of Web sockets is to allow the initiation of the communication via HTTP, and then a "negotiation" with the server about using Web socket protocols (if the server supports such communication), in order to allow the flow of data similar to a TCP socket [6][7][8].

5. ADJUSTING THE PROPOSED SOLUTION TO THE SPECIFIC NEEDS

Web applications are becoming more sophisticated with a constant need to communicate with different services. There are many options for fulfilling this task. HTTP is not an ideal protocol for frequent sending of a request, because it is not optimized when it comes to speed and flow, because of different headers that are added to each request. In order for the application to work in real time, so as to collect data, a lot of requests have to be sent, and long polling solutions are not scalable enough. An innovation with Web sockets is that this technology can be used to solve some of the problems and limitations by sending a minimal quantity of data, and, with that, using the flow efficiently. Web sockets are the best solution in the following cases: games, real-time applications, chat applications, notifications and news and collecting data for the purpose of data mining. Browsers in which web sockets can be used are: IE10, Chrome 13+, Firefox 7, Safari 5+, Opera 11+. .NET 4.5 Framework supports a string of APIs for the operation with Web sockets. In order for it to be used on the server, the application which implements a communication with Web sockets in itself has to be hosted on IIS8 (available on Windows 8 and Windows Server 2012).

The Web socket protocol is implemented on the server for collecting data, as well as on the clients, that is, computers that are located in the retail stores, which send the data from their local databases.

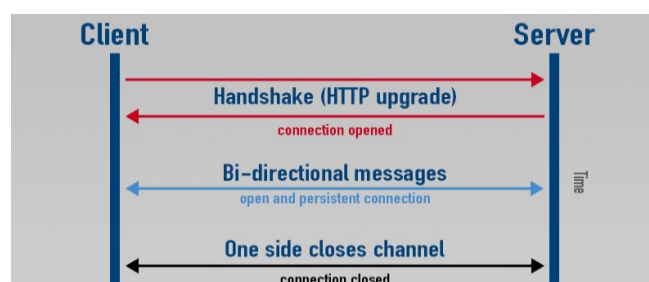


Fig1. Architecture of the presented application

In order to establish a Web socket connection it is necessary to make a GET method which will listen to the requests for upgrading regular HTTP requests into Web sockets. That makes the moving through the entire Web API pipeline possible, as well as calling action filters, connect requests with action parameters, etc. GET action performs two things. First, it accepts the Web socket's request and sets up the Web socket's handler to perform the necessary communication and to take care about all of the clients which

have established a connection. After that, it returns the reply to the request with HTTP status code 101, notifying the client that it accepted to be transferred to the Web socket protocol [9].

The tests that have been conducted on the developed application have shown that a couple of hundreds of clients' connections become serviced with the usage of the processor less than 15%. The data that are sent over the socket channels are delivered to their destination during the interval of 0.25 seconds and are automatically de-serialized and decrypted regardless of the programming language or platform. Something that should be singled out as a potential problem is the termination of the connection because of the expiration of the timeout. With some cloud servers, such as Microsoft Azure, the network is set up in a way that, if there is not a single message that passes through the socket during a period of time, the server itself closes the socket connection. For solving problems like these, there are two alternatives. If it is possible, do a reconfiguration of the network settings and change the timeout to a desired value or, sometimes, exchange certain data packages between the client and the server, to keep the connection "alive". In our research when we made a comparison of Web sockets vs. UDP in order to be sure which technology could be the best choice in our case. Through same test with hundreds concurrent connection in practice most packets that are sent got through, but we usually had around 1-5% packet loss, and occasionally there were periods where no packets get through at all because there were lots of computers between client and its destination where things can go wrong. On more advantage of Web sockets when we compare it with UDP is that the client cant send UDP packets from a browser, because if a browser permitted sending arbitrary UDP packets, then malicious applications could send packets to any host.

6. CONCLUSION

It can be clearly seen from the enclosed research that the Web sockets make an appropriate technology for the systems where the client is a component which requires a TCP socket connection and that they can be implemented on several programming languages which have a support for a Web socket API. As it has been mentioned before, one of the challenges of collecting data on the Web is overcoming the obstacles connected to the network setup. Because of their characteristics, Web sockets are appropriate for the integration on a wide range of devices, from the standard computers to embedded devices. This research have shown that with the help of the Web socket protocol which provides two-way communication channels, this technology seems appropriate for the distributed data mining systems which make an important part of collecting different sets of data spread on various locations, where the possibility of data analysis locally and their delivery to the server can be used.

Besides the server, the results can be sent to other clients via Web socket protocol and they can be visualized in different reports to get a real time view of the system. Web sockets can present, with great certainty, a transport level between stakeholders, especially when they are located on different network topologies. Even though the HTTP protocol

functions well with outgoing traffic, a problem occurs with accepting the incoming traffic. As it has been shown, Web socket protocol can be described as a level on the top of a HTTP protocol where it is not necessary to reconfigure the network settings to enable an undisturbed incoming and outgoing traffic.

In addition, as more and more machine devices come online, the need for rapid communications in real time becomes even greater. More and more products are created every day that are designed to be in contact with the Web servers 24 hours, 7 days a week. Web Socket tends to be the foundation for all the technology used for building real time data gathering systems.

REFERENCES

- [1] What are Web Sockets, 2013, 2014.
<http://www.pubnub.com/blog/what-are-websockets/>
- [2] Padraig Corcoran, Peter Mooney, Adam Winstanley, Michela Bertolotto, Effective vector data transmission and visualization using html5, 2011, 2014.
http://www.cs.nuim.ie/~padraig/papers/GISRUK2011_Corcoran_2011.pdf
- [3] GA Pierro, F Cavallari, S Di Guida, V Innocente, Fast access to the cms detector condition data employing html5 technologies, November 2010. Technical Report CMS-CR- 2010-222, CERN, Geneva.
- [4] B. W. Lewis, R-Websockets - HTML 5 WebSocket Interface for R, 2013.
<https://github.com/bwlewis/R-Websockets>.
- [5] Stephen Kemmerling, Web sockets vs. Regular sockets, 2013, 2014.
<http://eng.42go.com/websockets-vs-regular-sockets/>
- [6] Andrew Conner, Doing real-time communication? Secure WebSockets vs HTTPS Benchmarks, 2013.
<http://eng.kifi.com/secure-websockets-vs-https-benchmark/>
- [7] Building Real-time Web Apps with ASP.NET WebAPI and WebSockets, 2012, 2014.
<http://blogs.msdn.com/b/youssefm/archive/2012/07/17/building-real-time-web-apps-with-asp-net-webapi-and-websockets.aspx>
- [8] Damir Dobrić, WebSockets in ASP.NET and JavaScript, 2012, 2014.
http://developers.de/blogs/damir_dobric/archive/2012/01/29/websockets-in-asp-net-and-javascript.aspx
- [9] Alex Mackey, WEBSOCKETS WITH ASP.NET 4.5 AND VISUAL STUDIO 2012, 2012, 2013.
<http://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/7148.websockets-in-asp-net.aspx>

SOFTVERSKI DEFINISANA INFRASTRUKTURA ZA MOBILNI CLOUD A SOFTWARE DEFINED INFRASTRUCTURE FOR THE MOBILE CLOUD

Ana Miletić, Slavica Tomović, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: *Mobilno cloud računarstvo objedinjuje mobilnu tehnologiju i računarstvo u cloud-u, kreirajući novu infrastrukturu u kojoj cloud na sebe preuzima izvršavanje zahtjevnih aplikacija i skladištenje velike količine podataka. Softverski definisano umrežavanje (SDN - Software Defined Networking) podrazumijeva mrežnu arhitekturu u kojoj je kontrolna logika fizički razdvojena od ravnih podataka i centralizovana na programabilnom kontroleru. Prednost SDN arhitekture ogleda se u mogućnosti fleksibilnog, dinamičkog i automatizovanog rekonfigurisanja mreže. Ovaj rad razmatra potencijalna rešenja za integraciju pomenutih tehnologija, sa posebnim fokusom na njihovu primjenu u LTE (Long Term Evolution) mrežama.*

Abstract: *Mobile cloud computing unifies mobile technology and cloud computing, providing a brand new architecture, in which the task of carrying out complex data processing and storing is assigned to the cloud, rather than to the mobile device. Software defined networking (SDN) is an emerging networking paradigm which moves the control logic from the data plane to the logically centralized programmable controller. The main advantage of the SDN architecture reflects in the ability to reconfigure the network in a flexible, dynamic and automated manner. This paper considers the integration of the mentioned technologies and puts the spotlight on their application in LTE (Long Term Evolution) mobile networks.*

1. UVOD

Cloud computing je tehnologija koja putem Interneta nudi usluge obrade i čuvanja podataka na specijalizovanim serverima smještenim u udaljenim *data* centrima. Resursi koje *cloud* stavlja na raspolaganje korisnicima su virtuelizovani i alociraju se i dealociraju na zahtjev. Najtraženije *cloud* usluge su memorijski kapaciteti za skladištenje podataka, iznajmljivanje virtuelnih mašina, alati za razvoj softvera i različiti softverski proizvodi. Osnovna ideja koja stoji iza *cloud*-a je da korisnik ne plaća i ne održava sopstvene resurse dostupne u *cloud*-u, već ih na zahtjev iznajmljuje od provajdera i modifikuje prema sopstvenim potrebama.

Poslednjih godina je evidentna rapidna evolucija mobilnih mreža, koja je podstaknuta zahtjevima za brzim pristupom informacijama u svakom trenutku, ali i sve strožijim zahtjevima aplikacija u pogledu brzine prenosa podataka i ograničenja kašnjenja u prenosu. Kao logična posledica, razvijaju se sve napredniji mobilni uređaji. Ipak, i pored očiglednog napretka, usled ograničenja koje nameće veličina samog uređaja, njihove performanse još uvijek se ne mogu mjeriti sa performansama konvencionalnih računara. Ograničenja u vidu baterije kao izvora napajanja, slabijih procesora, manje veličine RAM-a, a samim tim i manje moći obrade podataka, istakla su potrebu za integraciju mobilne tehnologije sa *cloud*-om. To je motivisalo razvoj mobilnog *cloud computing*-a, koji sublimira najbolje osobine pomenutih tehnologija. *Cloud* svojom skalabilnošću i prividno neograničenom moći obrade podataka idealno nadoknađuje sve pomenute mane mobilnih uređaja. Analogno standardnoj definiciji *cloud computing*-a, obrada i čuvanje podataka se vrše nezavisno od mobilnog uređaja. Na ovaj način mobilnim uređajima je približen širok spektar zahtjevnih aplikacija, pristup podacima može biti brži, dok je

uređaj rasterećen izvršavanja zahtjevnih aplikacija, pa su njegove performanse prividno mnogo bolje.

Iako je koncept mobilnog *cloud computing*-a omogućio razvoj širokog spektra naprednih aplikacija za mobilne korisnike, tradicionalna mrežna arhitektura koja je nepromijenjena više od decenije često nije u stanju da im pruži zahtijevani kvalitet servisa [1]. Stoga, prepoznata je potreba za novim modelom mrežne arhitekture koji bi omogućio veću fleksibilnost u upravljanju i administraciji. Iz tog razloga, sve više se razmatra primjena koncepta softverski definisanog umrežavanja (*SDN - Software Defined Networking*) [2]. U pitanju je arhitektura u kojoj mrežna čvorišta vrše isključivo funkciju prosleđivanja, znatno su pojednostavljena i oslobođena donošenja komplikovanih odluka, dok je cjelokupna mrežna logika centralizovana na programabilnom entitetu – *SDN* kontroleru. Za razliku od tradicionalnih mreža koje karakteriše distribuirana kontrolna ravan, u *SDN* mrežama kontroler ima jasan pregled svih mrežnih resursa koji su pod njegovim nadzorom, pa samim tim njima može upravljati na efikasniji način. Sama mreža je programabilna i njeno ponašanje se kontroliše aplikacijama koje se izvršavaju na kontroleru. Ovo je osnovna odrednica *SDN*-a, koja se smatra njegovom glavnom prednošću. Cilj ovog rada je upravo da razmotri mogućnosti integracije mobilnog *cloud computing*-a i softverski definisanog umrežavanja u cilju efikasnijeg korišćenja mrežnih resursa i poboljšanja kvaliteta servisa.

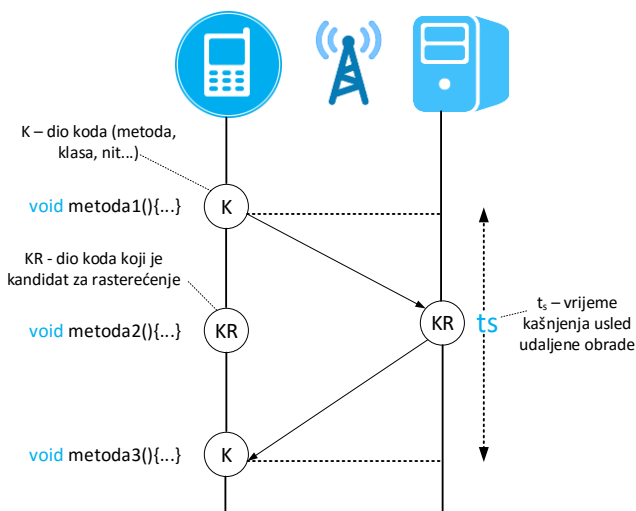
Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju objašnjen je koncept rasterećenja mobilnog uređaja koji je baziran na primjeni mobilnog *cloud computing*-a. Treće poglavlje predstavlja ključne elemente *LTE (Long Term Evolution)* mrežne arhitekture, u svrhe ilustracije rada savremenih mobilnih mreža. Četvrto poglavlje ističe ključne izazove u današnjim mobilnim mrežama koji ograničavaju primjenu mobilnih *cloud* servisa, i daje pregled rešenja koja

prevazilaze uočene nedostatke primjenom SDN koncepta umrežavanja. Na kraju, dati su zaključci rada.

2. PRINCIP RASTEREĆENJA MOBILNOG UREĐAJA

Na slici 1 je data uprošćena šema sistema za rasterećenje mobilnog uređaja [3]. Korisnik se na mrežu povezuje preko bazne stanice, koja prihvata zahtjeve i/ili podatke korisnika. Do ove granice, mobilni operatori korisniku mogu pružiti samo usluge autentifikacije, autorizacije i naplate, na osnovu podataka o korisnicima koje se čuvaju u bazama podataka. Zahtjevi pretplatnika se iz mobilne mreže prenose putem Interneta do *cloud*-a, tj. do odgovarajućeg *data* centra, gdje se zatim obrađuju od strane *cloud* kontrolera u cilju pružanja traženih servisa [4].

Uređaj se uz pomoć *cloud*-a rasterećuje izvršavanja komplikovanog dijela programskog koda čije bi dugotrajno lokalno izvršavanje narušilo odvijanje aplikacije koja je netolerantna na kašnjenje. Sistem za rasterećenje mora precizno da donese odluku o tome da li je za mobilni uređaj povoljnije da se dio aplikacije izvrši na samom uređaju ili udaljenom serveru. Drugim riječima, samo rasterećenje ponekad može biti energetski i vremenski zahtjevnije od lokalne obrade. Zato se mora pažljivo donijeti odluka o tome kako, gdje, kada i od čega treba rasteretiti uređaj da bi ishod po aplikaciju bio povoljan. Prilikom donošenja ovakve odluke, u obzir se uzimaju parametri poput protoka, kašnjenja, brzine obrade na serveru, raspoloživih memorijskih kapaciteta i količine podataka koju treba prenijeti između mobilnih sistema i servera [3].



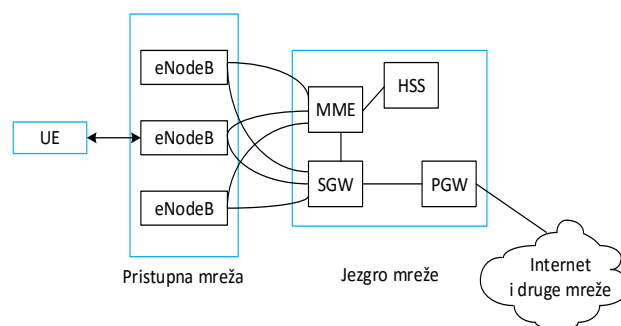
Slika 1. Šema sistema za rasterećenja mrežnog uređaja

Princip rasterećenja koda podsjeća na tradicionalnu klijent-server arhitekturu. Programski kod aplikacije posmatra se kao cjelina sastavljena iz više zasebnih djelova (metoda, klasa, niti...). Klijent, tj. mobilni uređaj, mora posjedovati odgovarajuće softverske module čiji je zadatak da odluče koji dio koda treba prepustiti *cloud*-u. Ovi moduli analiziraju složenost svakog dijela koda i nadgledaju stanje mreže. Na osnovu kombinacije parametara, zahtjevni dijelovi koda se proglašavaju kandidatima za rasterećenje, prenose se na udaljeni server i tamo izvršavaju. Bitno je napomenuti da je rasterećenje opcionalno i da se događa samo kada se utvrdi da je energetski i vremenski efikasnije da se uređaj oslobodi dijela koda čije izvršenje predstavlja zahtjevan proces. U

suprotnom, ako kod nije zahtjevan, insistira se na tome da se izvrši lokalno. Ukupno kašnjenje koje unosi izvršenja koda na udaljenom serveru (t_s) obuhvata vrijeme koje se utroši na obradu podataka u *cloud*-u, ali i vrijeme potrebno za prenos koda do servera i dostavljanje obrađenih podataka mobilnom uređaju. Ako je vrijeme lokalne obrade znatno duže od t_s , smatra se da je rasterećenje neophodno, i obratno.

3. LTE MOBILNE MREŽE

Slika 2 prikazuje EPS (*Evolved Packet System*) arhitekturu, na kojoj su bazirane LTE mobilne mreže četvrte generacije [5]. U arhitekturi se jasno izdvajaju tri cjeline: korisnički uređaji (UE – *user equipment*), radio pristupna mreža i mrežno jezgro. Pristupnu mrežu čini više eNodeB baznih stanica, koje su posrednici između mobilnih uređaja i jezgra. Pored toga, eNodeB komunicira i sa jedinicom za upravljanje mobilnošću (MME – *mobility management entity*), koja je zadužena za praćenje lokacija sa kojih uređaji pristupaju mreži i iniciranje operacije *handover*-a, tj. procesa prelaska sa jedne na drugu baznu stanicu. MME kao kontrolni entitet obavlja signalizaciju neophodnu za uspostavljanje i prekidanje sesija za prenos podataka.



Slika 2. Arhitektura LTE mreže

SGW (*service gateway*) je zadužen za rutiranje saobraćaja od/do mobilnih uređaja koji su u njegovom radnom domenu. PGW (*packet gateway*) se ponaša kao interfejs između jezgra mreže i eksternih IP mreža. Odgovoran je za filtriranje saobraćaja i sprovođenje QoS (*Quality of Service*) i drugih administrativnih politika. Na osnovu profila pretplatnika koji su skladišteni u HSS (*Home Subscriber Server*) bazi podataka, PCRF (*Policy and Charging Rule Functions*) upravlja naplaćivanjem i donosi odluke o tome kako različite saobraćajne tokove treba tretirati u mreži. U skladu sa ovim odlukama, PGW obrađuje dolazne i odlazne IP pakete.

U cilju pružanja što veće pokrivenosti i boljeg kvaliteta servisa, eNodeB bazne stanice se implementiraju u znatno većem broju od komponenti koje čine jezgro mreže. Jedan od ključnih problema EPS arhitekture je skalabilnost PGW jedinice, koja je zadužena sa obradu svih saobraćajnih tokova, bez obzira da li su to tokovi između korisnika u istoj celularnoj mreži ili ne [2].

4. SDN I MOBILNI CLOUD COMPUTING

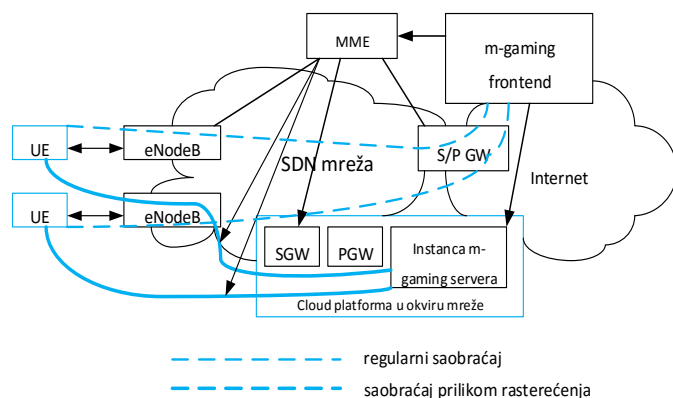
SDN tehnologija je od svog nastanka do danas značajno unaprijedila performanse žičanih računarskih mreža. Neke od povoljnosti koje je SDN omogućio su programabilnost mreže, centralizacija i automatizacija kontrole, dodjeljivanje

prioriteta tokovima, razdvajanje tokova, migracija virtuelnih mašina, fleksibilnije sprovođenje mrežnih politika i povećana bezbjednost [6]. Kada su bežične mreže u pitanju, primjena SDN-a je počela da se razmatra od skoro, pod pritiskom koji nameće eksponencijalni porast obima saobraćaja u mobilnim mrežama [2]. Kako bi se na efikasan način izborili sa sve strožijim zahtjevima rastućeg broja korisnika, mobilni operatori moraju prije svega optimizovati upotrebu postojećih mrežnih resursa. SDN je zbog svoje centralizovane i programabilne kontrolne ravni prepoznat kao ključna tehnologija koja se može iskoristiti u ove svrhe.

U ovom poglavlju, razmatrane su potencijalne prednosti softveski definisanih mobilnih mreža koje su od konkretnog značaja za mobilni *cloud computing*.

4.1. Doprinos rasterećenju mobilnog uređaja

Na slici 3 prikazana je šema MOCA mrežne arhitekture [5] bazirane na SDN-u, koja je dizajnirana sa ciljem povećanja efikasnosti tehnika rasterećenja mobilnog uređaja. Jedan od ključnih problema koji ograničava efikasnost mobilnog *cloud computing*-a je često velika udaljenost između korisnika i *cloud* servera, koja povlači značajno kašnjenje u komunikaciji. Iz tog razloga, MOCA arhitektura podrazumijeva postojanje široko dostupne *cloud* platforme u okviru mreže mobilnog provajdera, čija je primarna svrha rasterećenje mobilnih uređaja.



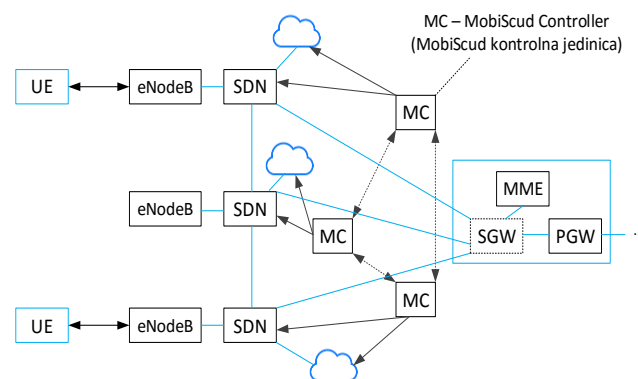
Slika 3. MOCA mrežna arhitektura

Na slici 3 ilustrovan je primjer upotrebe *cloud* platforme sa ciljem rasterećenja mobilnih uređaja koji koriste usluge *m-gaming* servisa provajdera. Savremene *m-gaming* aplikacije svrstavaju se među najzahtjevnije, pa je u njihovom slučaju rasterećenje mobilnog uređaja gotovo uvijek neophodno [7]. U ilustrovanom primjeru, *m-gaming* provajder kreira instancu svog servera u okviru *cloud* platforme mobilnog operatora. S obzirom na to da je *cloud* platforma sastavni dio mobilne mreže, mobilni operator koristi njene resurse i za kreiranje virtuelnih instanci elemenata mobilne mreže, kao što su SGW i PGW, koje dodjeljuje instancama *m-gaming* servera. Pretpostavljeno je da se *front-end* aplikacija *m-gaming* servisa, sa kojom korisnik ima direktnu interakciju, i dalje izvršava na udaljenom serveru kojem se pristupa putem Interneta. Međutim, provajder *m-gaming* servisa može zahtijevati od mobilne mreže preusmjerenje određenih saobraćajnih tokova ka lokalnoj *cloud* platformi, odnosno instanci *m-gaming* servera. Kada primi takav zahtjev, mreža konfigurira virtuelne SGW i PGW instance kako bi ih

pripremila za saobraćajne tokove koji će biti preusmjereni. Samo preusmjerenje tokova podataka ka lokalnoj *cloud* platformi moguće je zahvaljujući SDN uređajima u jezgri mreže. Na ovaj način sistem za rasterećenje postaje bliži korisniku, što smanjuje kašnjenje u isporuci servisa. Primjena SDN-a eliminiše potrebu za modifikacijom baznih stanica prilikom uvođenja ovakve funkcionalnosti. S obzirom na veliki broj baznih stanica u mreži, u praksi bi modifikacije takvog tipa bile neprihvatljive [8].

4.2. Upravljanje mobilnošću

Još jedan primjer integracije *cloud* i SDN tehnologija u tradicionalnim mobilnim mrežama predložen je u [9]. Radi se o tzv. MobiScud arhitekturi koja je dizajnirana sa ciljem unapređenja rasterećenja u uslovima velike mobilnosti korisnika, tj. pri čestom prelasku s jedne bazne stanice na drugu. Šematski prikaz arhitekture dat je na slici 4.



Slika 4. MobiScud mrežna arhitektura

MobiScud podrazumijeva distribuiranu *cloud* infrastrukturu, koja se sastoji iz više zasebnih *cloud* platformi implementiranih u blizini baznih stanica. Ključne komponente MobiScud arhitekture čine MobiScud kontrolna jedinica, komponente tradicionalne mobilne mreže i SDN mrežni uređaji. MC kontrolna jedinica nadgleda signalizaciju između elemenata tradicionalne mobilne mreže u cilju pravovremene detekcije *handover* zahtjeva i zahtjeva za uspostavljanjem konekcije. SDN kontroler na osnovu informacija koje dobija od MC jedinice kreira odgovarajuća pravila u tabelama tokova SDN mrežnih uređaja koja upravljaju rutiranjem saobraćaja, GTP (*GPRS Tunneling Protocol*) enkapsulacijom i dekapulacijom. Ova pravila tretiraju samo saobraćaj specifičnih aplikacija kojima je neophodna što bliža *cloud* instanca, dok se ostali saobraćaj prenosi na uobičajen način, preko centralizovanih *gateway*-a do udaljenih *cloud* servera na Internetu. Pod ostalim saobraćajem podrazumijevaju se manje zahtjevne aplikacije koje nemaju značajnu korist od izvršavanja na obližnjoj privatnoj virtuelnoj mašini.

SDN kontroler takođe ima interfejs prema lokalnoj distribuiranoj *cloud* platformi. Preko ovog interfejsa kontroler upravlja kreiranjem i migracijom privatnih virtuelnih mašina u slučaju mobilnosti korisnika. Kada se korisnik na čijem uređaju je pokrenuta zahtjevna aplikacija poveže na baznu stanicu, u slučaju da već ne postoji, u obližnjem *cloud*-u kreira se virtuelna mašina koja je zadužena za rasterećenje uređaja. Ukoliko korisnik promijeni lokaciju i pritom dođe do

handover-a, MC jedinice obje mreže će detektovati taj događaj na osnovu signalizacije između baznih stanica i MME. Na detektovani događaj reaguje se u dva koraka. Prvo SDN kontroleri destinacione i izvorišne mreže kreiraju pravila tokova koja će omogućiti rutiranje saobraćaja aplikacije od nove bazne stanice do virtualne mašine za rasterećenje. U narednom koraku MC početne mreže proaktivno započinje migraciju virtualne mašine ka *cloud*-u nove mreže u kojoj se korisnik nalazi. Kada se migracija završi, saobraćaj korisnika preusmjerava se do virtualne mašine u lokalnoj mreži. Na ovaj način primjena SDN-a značajno poboljšava kvalitet doživljaja mobilnog korisnika, a pri tom modifikacije elemenata mobilne mreže nisu potrebne.

4.3. Balansiranje opterećenja

Jedan od ključnih izazova u današnjim mobilnim mrežama vezan je za balansiranje opterećenja između gusto raspoređenih baznih stanica u uslovima velikog broja povezanih korisnika. Izbor bazne stanice za mobilnog korisnika dominantno se vrši na osnovu nivoa primljenog signala, tj. korisnik se povezuje na onu baznu stanicu sa koje prima signal najveće snage. Međutim, to često dovodi do neravnomjernog opterećenja baznih stanica, a samim tim i neadekvatnog kvaliteta servisa. U [10] je predloženo rešenje za ovaj problem koje podrazumijeva blage modifikacije radio pristupne mreže u skladu sa konceptima softverski definisanog umrežavanja. Fundamentalna ideja ovog rešenja je centralizacija kontrolne ravni radio pristupne mreže i apstrakcija svih baznih stanica na jednom lokalitetu sa jednom virtualnom baznom stanicom koja se sastoji od kontrolera i radio elementata (individualnih fizičkih baznih stanica) kojima kontroler upravlja. Primjena SDN modela pristupne mreže se može posebno pokazati korisnim u slučaju kada se u blizini jedne bazne stanice nalazi znatno više korisnika u odnosu na obližnje bazne stanice. Kako se u tradicionalnim mrežama korisnici dominantno povezuju na baznu stanicu sa koje primaju kontrolnu signalizaciju najveće snage, može doći do preopterećenja bazne stanice koja se nalazi u blizini korisnika, iako obližnje bazne stanice imaju dovoljno slobodnih resursa na raspolaganju. Posledično, zbog velikog opterećenja, pojedini korisnici će osjetiti veliki pad u kvalitetu konekcije. Sa druge strane, u softverski definisanoj pristupnoj mreži kontroler ima kompletan uvid u zahtjeve korisnika i stanje resursa svih elemenata mreže, što omogućava detekciju onih korisnika za koje se kvalitet servisa može poboljšati preusmjeravanjem konekcije na drugu baznu stanicu. Druga bazna stanica će svoju veću udaljenost, odnosno nešto slabiju vidljivost od strane korisnika uspjati da nadoknadi većom raspoloživošću slobodnih resursa. Ovakav način upravljanja *handover*-om značajno doprinosi kvalitetu konekcije koja se ostvaruje između krajnjih korisnika i baznih stanica.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisani su principi rasterećenja mobilnog uređaja i osnovni izazovi u implementaciji te funkcionalnosti u tradicionalnim LTE mobilnim mrežama. Kao rešenje razmatrana je integracija SDN tehnologije i mobilnog *cloud computing*-a. Konkretno, opisana su dva modela mrežne arhitekture koje su dizajnirane sa ciljem efikasnog pružanja

usluga rasterećenja u uslovima velike mobilnosti i smanjenja kašnjenja u komunikaciji između mobilnog uređaja i *cloud*-a. Značaj navedenih rešenja ogleda se u tome što, pored toga što unose velika poboljšanja u smislu kvaliteta servisa i efikasnijeg iskorišćenja raspoloživih resursa, ne zahtijevaju modifikacije elemenata tradicionalne mobilne mreže. Takođe, istaknute su i potencijalne prednosti modifikacije radio pristupne mreže u skladu sa SDN principima.

Plan za buduće istraživanje je testiranje i potvrđivanje navedenih prednosti SDN mrežne arhitekture kroz simulacije. Saglasno dobijenim rezultatima, istraživanje će se fokusirati na razvoj SDN kontrolne aplikacije koja uz adekvatan dizajn mobilne mreže može integrisati prednosti predstavljenih rešenja.

ZAHVALNICA

Rezultati istraživanja prezentovani u ovom radu su rezultati rada na projektu Fore-Mont finansiranim od strane EU kao dijela Sedmog okvirnog programa (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT- CT-2013), i naučnog projekta FIRMONT (Ugovor broj 01-451/2012) finansiranog od strane Ministarstva nauke Crne Gore.

LITERATURA

- [1] Sharma S., Sood M., Khan N., Khan F.H., Thakur G.S., Paryudi I., "An Architectural Proposal for an SDN based Data Centre: A Case Study", *Int. Journal.*, 2013, pp. 206-213.
- [2] Tomovic S., Pejanovic-Djurisic M., Radusinovic I., "SDN based mobile networks: concepts and benefits", *Wireless Personal Comm.*, 78(3), 2014, pp. 1629-1644.
- [3] Flores H. et al., "Mobile code offloading: from concept to practice and beyond", *IEEE Comm. Mag.*, 2015, 53(3), pp.80-88.
- [4] Goyal M., Singh S., "Mobile Cloud Computing", *International Journal of Enh. Research in Science, Tech. & Engineering*, 3(4), 2014, pp. 517-521.
- [5] Banerjee A. et al., "MOCA: a lightweight mobile cloud offloading architecture" *Proceedings of the 8th ACM int. workshop on Mobility in the evolving internet architecture*, 2013, pp. 11-16.
- [6] Ortiz, S., "Software-defined networking: On the verge of a breakthrough?" *IEEE Computer*, 2013, 46(7), 10-12.
- [7] Shahzad A., Hussain M., "Security Issues and Challenges of Mobile Cloud Computing", *Int. Journal of Grid and Distributed Computing*, 2013, 6(6), pp. 37-50.
- [8] Xu Q. et al., "Cellular data network infrastructure characterization and implication on mobile content placement", *ACM SIGMETRICS joint conf. on Measurement and modeling of computer systems*, 2011, pp. 317-328.
- [9] Wang K., Shen M., Cho J., Banerjee A., Van der Merwe J., Webb K., "MobiScud: A Fast Moving Personal Cloud in the Mobile Network", *Proceedings of the 5th Workshop on All Things Cellular: Operations, Applications and Challenges*, 2015, pp. 19-24.
- [10] Gudipati A., Perry D., Li L.E., Katti S., "SoftRAN: Software defined radio access network" *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking*, 2013, pp. 25-30.

PRIMENLJIVOST RESTful WEB SERVISA U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA APPLICABILITY OF RESTful WEB SERVICES IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Miloš Kosanović, Mirko Kosanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš*

Sadržaj: *Bežične senzorske mreže (BSM) postale su zadnjih godina jako popularno područje jer omogućavaju da se potpuno samostalno prikuplja, obrađuje i međusobno razmenjuje veliki broj različitih podataka. Jedan od osnovnih problema sa kojim se susrećemo kod njih je da zbog jako limitiranih resursa, koje one poseduju, nisu u mogućnosti da obavljaju neke složene zadatke u vidu prezentacije ili interaktivne komunikacije sa složenijim mrežama. Sa druge strane imamo jednu jako rastuću tehnologiju, Internet, koja ima mogućnost da ogromnu količinu podataka bez problema distribuirano bilo kome, bilo kada i bilo gde. Mogućnost stvaranja mreže malih, gotovo nevidljivih senzorskih čvorova, koji će neprekidno prikupljati informacije iz realnog sveta i trenutno te informacije prikazivati velikom broju klijenata širom sveta, omogućava neslućene primene ove tehnologije. Ovaj rad istražuje mogućnosti implementacije pojedinih Web servisa i opravdanosti njihove primene u okviru BSM. Izvršena je kritička analiza nekih ponuđenih rešenja i dat je predlog za izbor odgovarajućih arhitektura koje bi mogle da optimalno reše ovaj problem.*

Abstract: *Wireless sensor networks (WSN) have become a very popular research area in the recent years, because they allow us to fully independently collect, process and exchange the large number of the different data. One of the main problems faced by them, is that due to the very limited resources that they have, they are not able to perform some complex tasks in the form of presentations and interactive communication with more complex networks. On the other hand, we have a strongly growing technology, the Internet, which has the possibility to distribute an enormous amount of data without problems to anyone, anytime and anywhere. The ability to create a network of the small, nearly invisible sensor nodes, which will continuously collect information from the real world and currently display this information to a large number of customers worldwide, enables the unimagined application of this technology. This paper explores the possibilities of implementation of certain Web services and the feasibility of this technology within the WSN. A critical analysis of some offered solutions and one proposal for the selection of appropriate architecture that could optimally solve this problem, was done.*

1. UVOD

Zadnjih desetak godina svedoci smo intenzivnog tehnološkog razvoja velikog broja tehnologija koje su predstavljale osnovni preduslov za razvoj novih tehnologija koje bi trebalo da u budućnosti iz osnova promene ne samo naš način življenja već i razmišljanja. Veliki napredak u razvoju mikro elektro-mehaničkih sistema (*Micro Electro-Mechanical Systems – MEMS*), razvoj velikog broja snažnih mikrokontrolerskih platformi, senzorskih tehnologija i sve veći prodor bežičnih komunikacija, koje zbog svoje cene i jednostavnosti primene preuzimaju primat na polju komunikacija, doprineli su da vizija mnogih naučnika - Bežične Senzorske Mreže (BSM) postanu realnost. One nam omogućavaju da na dosta jeftin i jednostavan način dođemo do ogromne količine različitih informacija koje nas u prirodi okružuju. Sa druge strane, ubrzani razvoj i primena Web tehnologija, omogućio nam je da sve te informacije budu lako dostupne. Integracijom ove dve tehnologije ostvaruje se proročanstvo mnogih naučnika krajem prošlog veka a to je da osnovni zahtev klijent-server arhitekture 3A: *Any one* (bilo ko), *Any place* (bilo gde) i *Any time* (bilo kada), duplira i preraste u 6A: *Any thing* (bilo šta), *Any path/network* (na bilo koji način) i *Any service* (bilo koji dostupan servis) [1].

Intenzivan razvoj Web tehnologija pružio nam je mogućnost da u realnom vremenu (*real time*) prikupimo veliku količinu različitih podataka, i to sa velikog broja geografski

različitih lokacija, i da te informacije gotovo trenutno prezentujemo klijentima. Tu se pre svega misli na nove generacije distribuiranih računarskih tehnologija: *Cluster computing*, *Grid computing* i *Cloud computing*. One su sada bile preduslov za razvoj jednog novog pogleda na softverske aplikacije tkz. Web servis orijentisani softver. Razvijen je veliki broj softverskih alata i protokola koji su bili strogo orijentisani ka rešavanju problema u ovoj oblasti. To su pre svega: XML (*Extensible Markup Language*), WSDL (*Web Service Description Language*), UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*), LINQ (*Language-Integrated Query*) i dr. Pored toga razvijena su i dva protokola koji omogućavaju da se preuzimaju podaci sa različitih izvora i isti šalju ka Web servisima: *Representational State Transfer* (REST) i *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Ovi protokoli imaju i mogućnost da koriste mehanizme za razmenu poruka kao što su E-mail, SMS ili da razmenjuju poruke putem društvenih mreža i blogova [2]. Sve te osobine bile su idealne da se njihove pogodnosti iskoriste za povezivanje sa jednim distribuiranim izvorom velikog broja podataka kao što su BSM. BSM predstavljaju jednu distribuiranu računarsku mrežu koja se sastoji od velikog broja bežičnih senzorskih čvorova (SČ), koji potpuno samostalno mogu da formiraju mrežnu infrastrukturu, putem koje oni prikupljaju, obrađuju i razmenjuju podatke. Dugo se verovalo da je implementacija TCP/IP protokol steka na SČ-ima neizvodljiva, zbog skromnih memorijskih i procesorskih mogućnosti koje oni poseduju,

mada to niko u literaturi nije dokumentovao. Nasuprot tome u radu [3] prikazano je da je implementacija TCP/IP protokol steka moguća i na vrlo skromnim računarskim resursima (8-bitni mikrokontroler sa samo 2Kb memorije). Implementacija lwIP (*lightweight IP*) i μ IP (*micro IP*) zahteva samo nekoliko stotina bajtova RAM memorije za svoj rad što su više nego skromni zahtevi. Međutim, omogućavajući primenu IP protokola u ovim mrežama omogućićemo samo interoperabilnost na mrežnom sloju a ne na višim slojevima OSI referentnog modela. Dalja integracija BSM, koja bi omogućila znatno veće mogućnosti, bi bila ako ih spregnemo i na aplikativnom nivou putem postojećih Web protokola. U stvari, u interakciji sa postojećim Web tehnologijama najznačajnije bi bilo omogućavanje korišćenja postojećih Web servisa ali sa gledišta svakog pojedinačnog SČ-a. Upravo taj problem korišćenja Web servisa u okviru BSM je razmatran u ovom radu. Ova sprega nam omogućava da dobijemo informaciju koju sakuplja svaki SČ u BSM, sa bilo kog mesta, vremenski bilo kada, i da se ta informacija gotovo trenutno prenese klijentima bez obzira gde se oni nalaze.

Nakon uvoda u problem u poglavlju 2, sa gledišta primenljivost Web servisa u BSM, razmatrana su dva trenutno najpopularnija Web servisa RESTful i SOAP. U poglavlju 3 objašnjen je malo zahtevan CoAP protokol za povezivanje senzorskih čvorova sa Web servisima. U poglavlju 4 dati su predlozi povezivanja RESTfull servisa sa 6LoWPAN mrežom kao jednim od rešenja za povezivanje sa BSM. Poglavlje 5 zaključuje ovaj rad.

2. WEB SERVISI

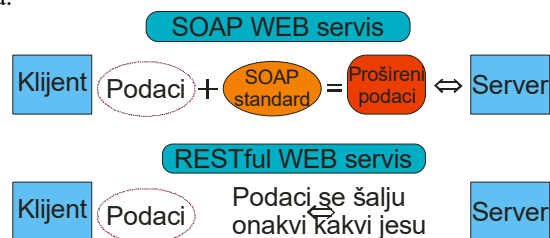
Web servisi predstavljaju jedan novi pogled ka pisanju aplikacija koje se primenjuju na Internetu. Njihov osnovni cilj je da omoguće povezivanje raznorodnih informacionih sistema koji su instalirani u distribuiranim okruženjima. U suštini, oni predstavljaju jednu vrstu distribuirane aplikacije koja se sastoji od više aplikacionih funkcija koje možemo programski pozivati sa bilo kog mesta koje ima mogućnost Internet konekcije. Pri tome korisnik (*consumer*) i pružalac (*provider*) tih aplikacija koriste sistem poruka kako bi razmenili svoje zahteve i odgovore, najčešće preko HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) protokola, a da pri tome ta komunikacija uopšte ne zavisi od resursa koje poseduju kako pružalac tako i korisnik tih usluga. Drugim rečima Web servis uopšte nije vezan za određenu kako hardversku tako i softversku platformu koju koriste obe strane u komunikaciji. Dovoljno je samo da podržavaju neki od protokola za razmenu informacija kao što su HTTP ili SMTP protokoli. Tipična arhitektura u kojoj se koriste Web servisi je klijent-server arhitektura što nam omogućava da jedna mrežna komponenta može imati ulogu provajdera servisa, korisnika servisa ili brokera servisa. Svojom jednostavnošću i velikim mogućnostima koje pružaju oni su danas postali sastavni deo gotovo svih savremenih informacionih sistema.

Kako je reč o distribuiranim aplikacijama koje se nalaze na različitim mestima u Internet mreži, pozivanje Web servisa vrši se standardnim adresiranjem na Internetu tj. putem URL adresa. Svaki Web servis karakterišu tri osnovne osobine: a) **Interoperabilnost** (*Interoperability*) - sposobnost da aplikacije razvijene u različitim tehnologijama, u različitim programskim jezicima i na različitim platformama,

međusobno komuniciraju; b) **SOA** (*Service Oriented Architecture*) – predstavlja pristup u razvoju softvera koji podrazumeva razdvajanje funkcija u odvojene servise tako da oni pojedinačno budu dostupni preko komunikacione mreže; c) **Skalabilnost** (*Scalability*) – omogućuje da se postojeće funkcionalnosti koje Web servisi pružaju menjaju (povećavaju ili smanjuju) uz minimalne troškove i najmanji mogući uticaj na rad informacionog sistema [4].

Veoma brzi razvoj Interneta kao i pratećih tehnologija uslovio je razvoj mnogih tehnologija koje su se primenjivale kod Web servisa koje su se brzo menjale. Sa današnje tačke gledišta dve platforme za razvoj Web servisa su se izborile kao vodeće i to: Microsoft.NET i Sun J2EE. Bez obzira na odabranu platformu svi Web servisi mogu bez problema da pozivaju jedni druge. Uopšteno gledano sve Web servise možemo da podelimo u dve velike grupe i to: **Big** Web servisi i **RESTful** Web servisi. "Big" web servisi zasnivaju se na SOAP protokolu za jednostavan pristup objektima i često sadrže WSDL jezik za opisivanje Web servisa. WSDL nam omogućava da svaki Web servis kada ga pozovemo, a sadrži ovu funkciju, može da opiše sam sebe, operacije koje podržava kao kako ih možemo iskoristiti. Detalji koje WSDL daje mogu da budu poruke, operacije, veze i lokacije Web servisa. SOAP poruka je obično XML dokument definisan XML šemom. Kod SOAP Web servisa, SOAP poruke nisu predmet interesa programera koji kreira Web servis ili piše klijentski kod za korišćenje Web servisa već one samo omogućavaju komunikaciju klijentske aplikacije koja poziva Web servis i samog Web servisa. Ovaj tip Web servisa pogodan je kada nam je potrebna asinhrona obrada, pouzdanost i unapred formulisana (*Stateful*) operacija. Ako su aplikaciji potrebne dodatne informacije, SOAP nudi dodatnu specifikaciju u strukturi Web servisa da bi podržao upit (bezbednost, transakcije, koordinaciju, itd.) [5].

RESTful web servisi su zasnovani na arhitekturi koju nazivamo REST - *Representational State Transfer*. REST nije zavisen ni od jednog protokola, ali gotovo svaki RESTful servis koristi HTTP kao osnovni protokol. Ovi servisi su dosta bolje integrisani sa HTTP-om od SOAP servisa, pa kao takvi ne zahtevaju XML, SOAP poruke ili WSDL definicije. Uvođenje REST Web servisa u upotrebu predstavlja pokušaj da se prevaziđe složenost SOAP Web servisa. U suštini neka velika razlika između ova dva tipa Web servisa i ne postoji tako da SOAP Web servis koji koristi HTTP protokola za razmenu poruka predstavlja jedan specifičan slučaj REST Web servisa.



Slika 1. SOAP i RESTful Web servisi

Osnovna ideja uvođenja RESTful Web servisa [6] sastojala se u tome da se omogući zadovoljavajuća arhitektura za izradu velikih distribuiranih hipermedijalnih sistema. Oni su bazirani na četiri osnovna principa: 1) identifikacija resursa kroz URI (*Uniform Resource Identifier*); 2) jedinstveni interfejs jer

postoji samo fiksni skup operacija za interakciju sa resursima: GET, POST, PUT i DELETE; 3) samo-opisiva poruka (*self-descriptive*); 4) veza se ostvaruje putem hiper veze što omogućava da svaka interakcija sa resursima ne bude zavisna od trenutnog stanja resursa, tj. poruke su potpuno nezavisne. RESTful Web servisi su veoma jednostavni za korišćenje. HTTP servis ima podršku u gotovo svim operativnim sistemima i podrazumevani HTTP port (80) je otvoren za većinu *firewall-ova*. Ukoliko je potrebno uslužiti veći broj klijenata RESTful Web servisi poseduju nekoliko strategija koje podržavaju server i koje nude ove usluge kao što su: keširanje, klasterovanje ili ravnomerno opterećenje (*load balancing*). Ovaj servis može da podrži i različite XML tipove poruka kao što je na primer JSON (*Javascript Object Notation*) [6].

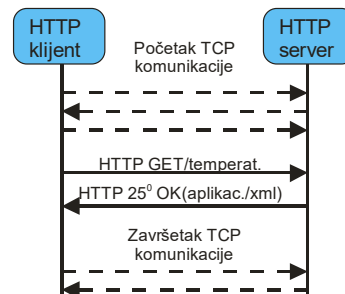
Postoje mnogi radovi koji porede ova dva servisa [7, 8]. Naravno, oba servisa imaju svoje prednosti i mane koje ih čini više/manje pogodnim za različite specifične slučajeve. Međutim, sa gledišta BSM, RESTful Web servisi imaju mnoge prednosti nad SOAP Web servisima a koji se ogledaju u sledećem: znatno manji *overhead* u komunikaciji, lakša komunikacija (koriste se samo 4 naredbe), manja složenost implementacije servisa, nezavisnost od trenutnog stanja klijentske i serverske aplikacije, mogućnost korišćenja različitih formata u zavisnosti od aplikacije, kao i uska povezanost sa HTTP protokolom.

3. CoAP APLIKACIONI PROTOKOL

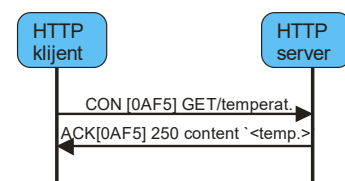
Integracija REST arhitekture u okviru BSM nije nimalo jednostavan zadatak iz proste činjenice da se ovde radi o jako limitiranim resursima kojima raspolažu senzorski čvorovi u okviru te mreže. Tipični senzorski čvorovi napajaju se putem baterije, strogo limitiranog izvora energije, poseduju nekoliko kB memorije i procesore koji imaju ograničene tj. smanjene računске mogućnosti. Samim tim, svaka direktna primena originalnih protokola iz TCP/IP steka je potpuno neprimenljiva jer bi na taj način životni vek svih senzorskih čvorova u mreži bio jako kratak [9]. Zato je razvijen poseban protkol od strane radne grupe IETF koji je nazvan CoAP (*Constrained Application Protocol*) sa ciljem da to bude osnovni Web transportni protocol koji bi se primenjivao u BSM i koji bi zamenio HTTP protokol. CoAP nastoji da primeni potpuno isti sistem prenosa podataka kao i HTTP protokol ali sa znatno manjim zahtevima za resursima. On podržava jedan deo HTTP funkcija, ali i proširuje taj set sa sopstvenim funkcijama kako bi pojednostavio komunikaciju između dva senzorska čvora, tj. omogućio tkz. M2M (*Machine to Machine*) komunikaciju. Na taj način usluge koje nude Web servisi dobijaju na značaju jer sada svaki senzorski čvor može da ih koristi i učestvuje u njihovom proširivanju [4].

Osnovna namera CoAP protokola je da obezbedi generički Web protokol kojim će senzorski čvorovi moći da komuniciraju. On je veoma sličan HTTP protokolu (sl.2), ali njegov cilj nije da jednostavno kompresuje HTTP pakete, već da realizuje jedan smanjeni set sistemskih poruka koje će omogućiti M2M komunikaciju. U tu svrhu CoAP koristi sledeće četiri poruke: CON (*Confirmable*), NON (*Non-Confirmable*), ACK (*Acknowledgment*) i RST (*Reset*). Mehanizam rada ovog protokola je sličan klijent-server modelu komunikacije jer klijent uvek zahteva neki servis od

servera. Nakon primljenog zahteva server odgovara uključujući u paket jedinstveni broj poruke (ID) koji je dobio sa zahtevom (sl.3). Posmatrajući slike 2 i 3 može se videti koliko je CoAP protokol uprošćen jer on koristi samo dva paketa kod normalne komunikacije za razliku od HTTP protokola kome su potrebna 7 paketa.



Slika 2. HTTP komunikacija



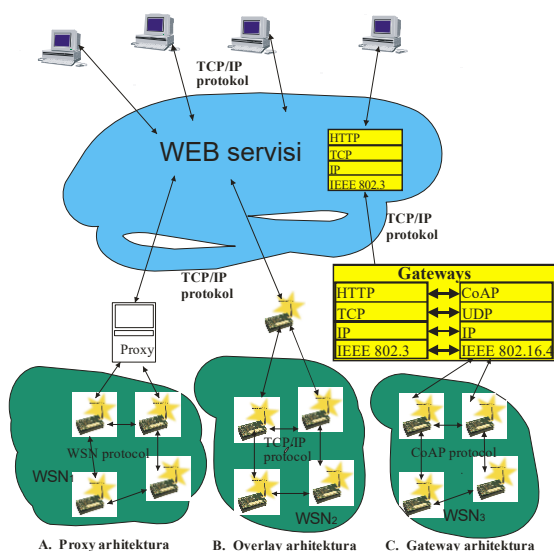
Slika 3. CoAP komunikacija

Problem pouzdanosti slanja kod CoAP protokola (koristi se nesiguran UDP protokol), je rešen korišćenjem *stop-and-wait* protokola, ugradnjom mehanizma za detekciju duplih poruka (isti ID) kao i već pomenutim slanjem *multicast* paketa. Od osnovnih karakteristika CoAP protokola istakli bi: korišćenje UDP kao transportnog protokola, podrška za slanje *unicast* i *multicast* paketa, mogućnost asinhronog prijema i slanja poruka, veoma mali *overhead*, podrška za proksi servis, ugrađene mogućnosti za keširanje poruka, jednostavno pronalaženje servisa putem URI i td. [10].

4. INTEGRACIJA CoAP U BSM

Proces prikupljanja podataka iz navedanog prostora nije ni malo lak posao, jer se treba suočiti sa svim osobenim karakteristikama BSM, o kojima je ranije bilo reči. Kako se BSM obično primenjuju u nepristupačnim terenima one su poznate po velikom procentu loše primljenih paketa. Ako tome dodamo da su ovde obično zastupljene višeskokovite (*multy-hop*) topologije problem se još više uvećava. U BSM, u zavisnosti od aplikacije, za prenos paketa primenjuje se jedna od sledećih tehnika: klasično rutiranje ili princip plavljenja (*flooding*). Osnovna razlika između ovih tehnika je da klasično rutiranje zahteva jedinstvenu identifikaciju svakog SČ za razliku od plavljenja kod koga to nije potrebno.

Jedan od osnovnih problema koji treba rešiti kod povezivanja BSM sa Internetom sastoji se u tome da je neophodno da se obezbedi: a) pristup svakom SČ sa TCP/IP bazirane mreže, b) energetska efikasna komunikacija; i c) transparentnost u radu između TCP/IP protokola i protokola koji se primenjuju u BSM.



Slika 4. Tipična arhitektura povezivanja BSM sa Web-om

Na slici 4. prikazane su tipične arhitekture koje omogućuju da BSM povežemo sa TCP/IP mrežom a time i sa Web servisima. SČ-ovi prikupljaju podatke iz regiona i te podatke prosleđuju glavnom SČ, koji predstavlja uređaj koji treba da omogući slanje podataka ka Internetu. U literaturi se navode nekoliko komunikacionih modela za povezivanje BSM sa TCP/IP mrežama tj. Internetom. U zavisnosti od primenjene komunikacione arhitekture, oni se dele na: *Proxy* arhitekture, *Overlay* arhitekture i *Gateway* arhitekture [9].

Prva arhitektura nije povoljna za korišćenje Web servisa iz prostog razloga što oni nisu direktno dostupni svakom SČ, a i predstavlja dosta nepouzdanu rešenje jer kada proxy server prestane sa radom, sve veze do i od BSM ne postoje. Pored toga proxy primena obično zavisi od određenog zadatka ili određenog skupa protokola što znači da za svaku aplikaciju trebamo da imamo različiti proxy računar.

Drugu arhitekturu smo odbacili jer ona zahteva korišćenje zahtevnih protokola iz TCP/IP skupa. Brojni problemi prate njihovu implementaciju u BSM. Oni se mogu identifikovati kao: veliki *overhead*, veliki % loših poruka, velika potrošnja energije za *end-to-end multi-hop* retransmisije, razlike u protokolima usmeravanja, implementacija adresiranja svakog SČ-a kao i različite šeme usmeravanja podataka.

Kao najprihvatljivije rešenje pokazalo se treće rešenje. Ovdje se uspostavlja komunikacija svakog SČ-a sa nuđenim Web servisima na Internet mreži putem posebnog *gateway* uređaja. On izvršava nekoliko zadataka kao što su konverzija protokola, reguliše kašnjenje poruka, itd. Osnovna uloga ovog *gateway* uređaja je da prihvaćene podatke koji su došli iz BSM prosledi ka Internetu a da pri tome izvrši translaciju paketa između protokola (HTTP↔CoAP i TCP↔UDP).

Korišćenje Web servisa omogućuje nam da na jednostavan način prikupljamo veliku količinu podataka koje SČ-ovi šalju na osnovu očitavanja različitih senzora. Osnovna prednost ovakve arhitekture sastoji se u tome da se prikupljanje podataka ponudi kao jedan Internet servis. Na taj način možemo napraviti veliki broj različitih *real time* aplikacija koje će dostavljati informacije na samo jedan jedini klijentski upit. Time smo omogućili da se svi prikupljeni podaci sa različitih lokacija mogu analizirati na bilo kom računaru na Internetu i da se na osnovu dobijenih rezultata preuzimaju dalji koraci. Tako su i nastali termini *Sensing as a Service* (SaaS) i

Sensor Event as a Service (SEaaS) koji označavaju jedan Internet proces, od trenutka prikupljanja informacija pa sve do generisanja događaja koji je zahtevao klijent koji koristi taj proces. Ova mogućnost obezbedila je da se ova arhitektura može primeniti u mnogim aplikacijama jer se gotovo automatski vrši prikupljanje, analiza i dostavljanje podataka.

5. ZAKLJUČAK

Veliki razvoj senzorskih tehnologija i sve veće smanjivanje gabarita računarskih resursa a istovremeno povećanje njihove snage, obećavaju da donesu veoma veliki broj pametnih uređaja, SČ-ova, koji će se ugrađivati počev od uređaja u našem stanu pa do velikog broja senzora na i u našem telu, koji će kontrolisati rad našeg organizma 24 časa. Uvođenje jedinstvenog ID svakog od tih uređaja, omogućilo bi da oni budu potpuno samostalni u uspostavljanju komunikacije sa bilo kojim uređajem na Internetu. Proširivanjem te veze sa mrežnog na aplikativni nivo mogućnosti postaju još veće. Veliki broj aktuelnih Web servisa postali bi dostupni a i obogaćeni sa podacima koje bi dostavljali SČ-ovi. Time su se stvorili uslovi za razvoj velikog broja različitih aplikacija koje mogu da ponude značajne prednosti i koje će u osnovi izmeniti naš život.

LITERATURA

- [1] M.Kosanović, M.Kosanović, "Integracija bežičnih senzorskih mreža u *Cloud Computing*-u", XIX IT, Žabljak 24.02-28.02.2014, pp. 88-91
- [2] M. Beraka, H. Mathkour, S. Gannouni, H. Hashimi, "Applications of Different Web Service Composition Standards," IEEE ICCSC 2012, pp.56-63
- [3] Adam Dunkels, "Towards TCP/IP for Wireless Sensor Networks", Malardalen University Licentiate Thesis No. 45, Swedish Institute of Computer Science, March 2005
- [4] Z. Shelby, "Embedded Web Services," J. IEEE Wireless Communications, vol.17, no.6, pp.52-57, 2010.
- [5] M. Gudgin [et al.]. Soap version 1.2 part 1: Messaging framework (second edition), w3c recommendation, 2007.
- [6] Leonard Richardson and Sam Ruby. RESTful Web Services. O'Reilly Media, Inc., May 2007.
- [7] C.Pautasso, O.Zimmermann, F.Leymann, "Restful web services vs "big" web services: making the right architectural decision", Proc. of the 17th international conference on WWW, New York 2008, pages 805–814
- [8] D. Guinard, I. Ion, S. Mayer, "In Search of an Internet of Things Service Architecture: REST or WS-*? A Developers' Perspective," Proc. the Eighth International ICST Conferen.on Mobile and Ubiquitous Systems, 2011
- [9] M.Kosanovic, M.Stojcev, "Connecting Wireless Sensor Networks to Internet", Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering Vol. 9, No 2, 2011, pp.169-182
- [10] Shelby, Z.; Hartke, K.; Bormann, C. The Constrained Application Protocol (CoAP); RFC 7252; The Internet Engineering Task Force: Reston, VA, USA, June 2014.

BLUETOOTH UPRAVLJANJE MOBILNIM ROBOTOM CONTROLLING MOBILE ROBOT VIA BLUETOOTH

Katerina Cekova, *Faculty of Computer Science, UGD - Stip, R.Macedonia*
Sašo Gelev, *Faculty of Electrical Engineering, UGD - Stip, R.Macedonia*

Sadržaj: *Ovaj rad opisuje hardversku arhitekturu robota, kao i dizajn i implementaciju Android i Windows aplikacija. Komunikacija između mobilnog telefona i mobilnog robota ostvaruje se Bluetooth aplikacijom. Mobilni robot se upravlja aplikacijom. Aplikacija šalje poruku robotu za okretanje levo, desno, napred ili nazad kao i zaustavljanje. Mobilni robot je sastavljen od Bluetooth modula, Arduino Uno, dva DC motora, žice za povezivanje i Breadboard.*

Abstract: *This paper describes hardware architecture of mobile robot, design and implementation of Android and Windows applications. It is use Bluetooth communication between mobile phone and mobile robot. The mobile robot is control by applications. Applications send message to the mobile robot to turn left, right or move forward or backward and to stop. The mobile robot is composed of Bluetooth module, Arduino Uno, H-Bridge, two DC motors, jumper wires and Breadboard.*

1. INTRODUCTION

Robots are smart programmed machines and used in many areas such as industry, production lines or health. Today human-machine interaction is moving away from mouse and pen and is becoming pervasive and much more compatible with the physical world. Robot also can be use for moving purpose if equipped with proper electronic components.

There are many mechanism and controllers that can control a robot and other remote controlled devices. Mobile phones rapidly breaking the traditional barriers that come in the way of human-machine interaction. Mobile phones in the recent times have become efficient devices, which can be use for controlling. It is a result of a huge advancement in mobile phones technology. So mobile phone can be used as an controlling device with proper application.

Bluetooth [1] is popular method of communication between devices. Many smart phones today, have the capability to communicate using Bluetooth. The communication of mobile robot and mobile phone can be via Bluetooth.

In this paper have developed control for the mobile robot in which we have used Bluetooth communication. According to commands received from mobile phone, the movement of the mobile robot is controlled.

Mobile phone can be use as a remote control for the mobile robot. Bluetooth for connection between mobile robot and mobile phone. Microcontroller [2] will act as the brain of the mobile robot and DC motor [3] will help us to move the robot.

2. SYSTEM DESIGN

For controlling, the mobile robot for the application can be used Android or Windows mobile phone with Bluetooth and Arduino Uno is use as the microcontroller. The key components of this system are:

- Mobile phone Android or Windows
- Bluetooth module
- Arduino Uno
- H-Bridge L293D
- Two DC Motors

The communication between the mobile phone and the Arduino Uno is via Bluetooth. Figure 1, shows the block diagram of the system architecture.

The application is written in Java using Eclipse as a tool to develop an application on Android mobile phone to connect to Bluetooth [1] and the application for Windows is written in Visual Studio. The concept of our project presented in Figure 1.

Firstly, the user must connect from the application with Bluetooth Module. By clicking on direction buttons corresponding to four directions forward, backward, left, right and one to stop we get the command for move the mobile robot in desired direction.

Secondly, the command will be send from a mobile phone via Bluetooth [1] to Arduino Uno microcontroller board [2]. Thirdly, the microcontroller sends a command to H-Bridge L293D [4] to control the motors.

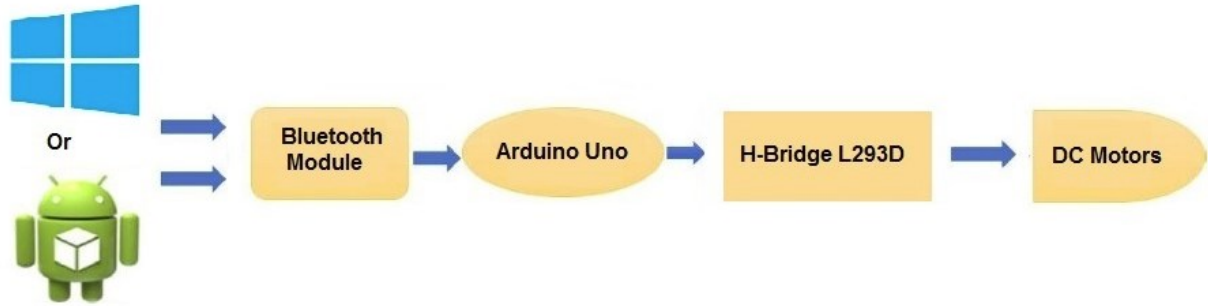


Figure 1: Block-diagram for control the mobile robot

3. HARDWARE ARCHITECTURE

In this part of the paper, we are going to discuss about the parts and design of the mobile robot [6].

The hardware of the system is consist of following parts:

- Bluetooth Module HC-06
- Arduino Uno
- H-Bridge L293D
- DC motors
- Jumper Wire
- Breadboard

Bluetooth Module it's a device that can connect to microcontroller by Tx-Rx pin and to other devices over Bluetooth. Bluetooth module used in this circuit is the type of HC-06, which requires 3.3V to 5V DC power drawn from the Arduino microcontroller circuit (pin 3.3 V), Pin (TX 1) is to send data on the Bluetooth module HC-06 with microcontroller and Pin (Rx 0) is to receive data on the HC-06 Bluetooth module with microcontroller. The GND (Ground) is a path connecting the data between HC-06 Bluetooth module with microcontroller circuit. The Bluetooth module will act as an interface between Smartphone and microcontroller. Generally, our master will be smartphone and slave will be Bluetooth module. Bluetooth module will give the commands given by smartphone to the microcontroller.

The microcontroller will decide the robot movement. In this system we use microcontroller named Arduino Uno which contains Atmega 328p microcontroller chip. It has 14 digital input/output pins. Arduino microcontroller serves as the brain of the whole system. Arduino has it own programming environment through which the microcontroller can be programed.

Because our system is for controlling purpose, we using two DC motors [3]. A H-Bridge L293D [4] is used to control the DC motor.

The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-MA at voltages from 4.5V to 36V. L293D is a typical Motor driver which is used to drive direct current on either direction. It is a 16-pin IC which can control

a set of two DC motors simultaneously in any direction. It means we can control two DC motor with a single L293D. The L293D can drive small and quiet big motors.

Jumper wires used to interconnect the components in a breadboard [5]. They are used to transfer electrical signals from anywhere on the breadboard to the input/output pins of a microcontroller.

We used breadboard to mount the electrical component. All of the above mentioned components will be mounted on the breadboard.

In this system we use battery to supply power to the electronic components of the system. Mainly the microcontroller and DC motor need power supply. The hardware system is given on Figure 2.

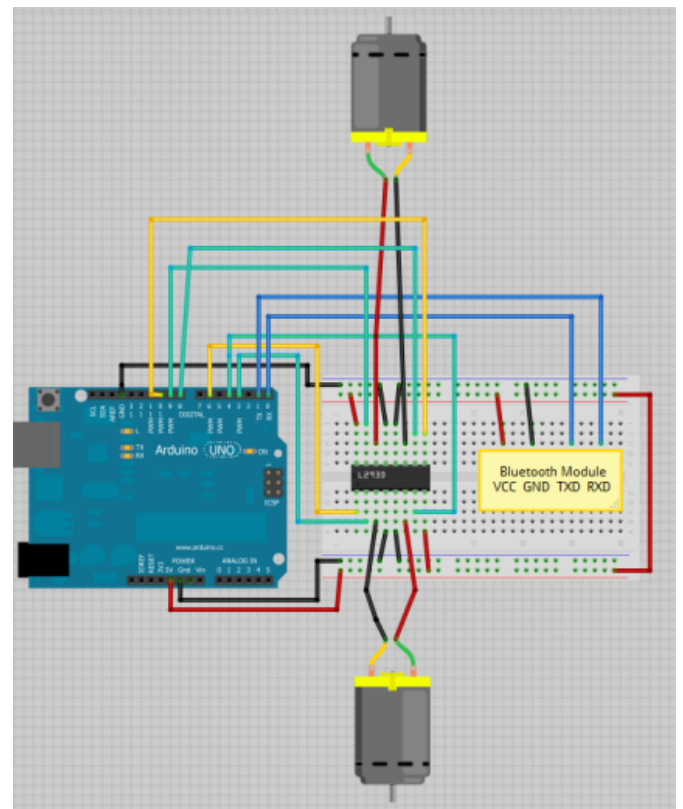


Figure 2: Diagram of the hardware system

4. SOFTWARE DEVELOPMENT

For the software solution, we have made to control the mobile robot from two different platforms for Windows and for Android mobile phone.

Windows Phone is a family of mobile operating systems developed by Microsoft. It is the successor of the Windows Mobile platform. Windows Mobile division and started to work on a new mobile operating system that would offer better user experience and usability for new consumer. Despite the fact Windows phone is the youngest mobile platform, it provides excellent development environment within the SDK. Visual Studio is maybe the best IDE currently available.

Android platform is powerful mobile computer and they become more and more popular smart phones. They become more and more popular for software developers because of its powerful capabilities and open architecture. It is based on Java programming language. Because Android uses Java programming language getting started with the Android API is easy, the API is open and allows easy access to the hardware components. Android device provides numerous communication interfaces like Wi-Fi, Bluetooth that can be used to connect to the robot. It is a great platform for robotics system control, because it is much cheaper than any other. We have chosen Android platform because it is the widest used platform in the world and runs the largest number of mobile phones.

Android has become the top mobile gadget operating system (OS) on the market today. In other words, the Android phone has become the most popular and commonly used OS in society.

Android had unique support for Bluetooth in Android-powered devices including: Classic Bluetooth for more battery-intensive operations such as streaming and communicating and with low power requirements, Android 4.3 introduces API support for Bluetooth Low Energy.

The Windows application for control can use on mobile phone or PC/laptop by using mouse or touch pad. This method provides facility to the user to control the mobile robot. The other control method is for Android mobile phone or tablet. After installing the application, the user can easily touch on the screen of the phone to control the mobile robot. Is easy using any Android mobile phone and Windows mobile phone or PC that has Bluetooth.

In the Figure 3, is display the interface of Android application [7][8]. The both applications have the same interface for control the mobile robot with buttons.

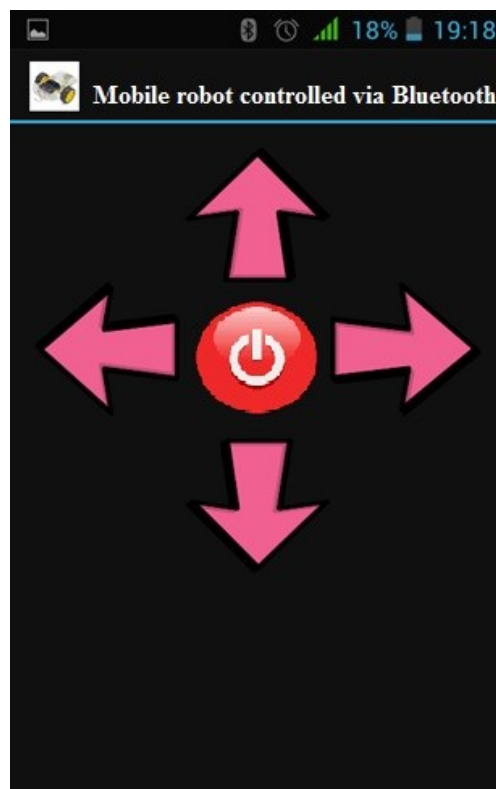


Figure 3: Interface of application

The block diagram in Figure 4, describes the entire system. After start the application on the mobile phone. Upon the execution of the program, it first checks if Bluetooth is already enabled on the phone. If Bluetooth is enabled, the device and service discovery process will run. The software will check if there are already predefined devices stored in the phone memory. If they do exist, they will be list down for the user to select one. The program then checks to see if the selected device is in range. Now if there are no devices stored in memory, the program will search for Bluetooth-enabled devices within the area. Once discovered, these devices will be displayed on the screen and also stored in memory.

After choosing the wanted device mobile phone start the connection. If is not connected the application display error message Device disconnected. If is connected is display the interface for control. If we press on button to control the mobile robot the application get the command from the button and via Bluetooth, command is transmit to Arduino Uno. H-Bridge L293D it connected with motors. It takes signal from microcontroller. DC motor works on dc signal received from the motor driver H-Bridge L293D. Mobile robot it's move to the wanted direction.

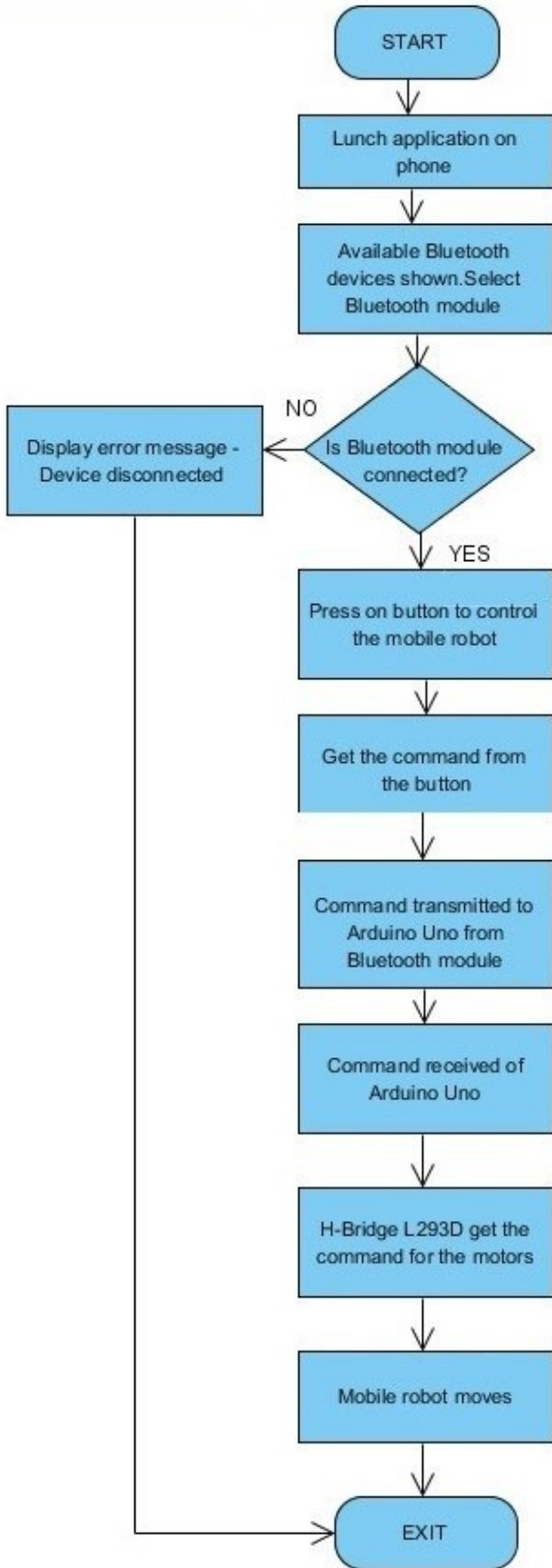


Figure 4: Diagram of the entire system

5. CONCLUSION

This paper is to realize the smart living, more specifically the mobile robot control system using Bluetooth Technology. Robot and mobile phones are the perfect match, specially mobile robots. The proposed system shows how the android and windows mobile phone we used as remote controller for mobile robot. The operating system is for Android and Windows phones. The communication between mobile phone and mobile robot is via Bluetooth. Bluetooth communication makes it simple and quick to control mobile robot. The movements of the mobile robot are tested. By clicking on direction buttons corresponding to four directions, mobile robot moves rapidly. Interface of applications consists of five buttons. Four buttons designed for all directions forward, backward, left, right and one to stop mobile robot.

In the future could improve control of the mobile robot by connecting the camera Kinect xbox 360 via Bluetooth. Kinect serves to recognize movements. So could by recognizing the movement of hands to control the mobile robot. Also can be added voice recognition to control the mobile robot by speaking directly.

REFERENCES

- [1] Inigo Puy, "Bluetooth", Hochschule Furtwangen University, 2008
- [2] David R, "Arduino-Based Dataloggers: Hardware and Software", Institute for Earth Science Research and Education, 2015
- [3] Rick Bickle, "DC motor control systems for robot applications", 2003
- [4] Vincent Sieben, "A High Power H-Bridge", 2003
- [5] Terry Sturtevant, "Electronics Breadboards", Wilfrid Laurier University, 2012
- [6] Anil Khurana, "Bluetooth Based Robotic Car", Asian International Conference on Science, Engineering & Technology, 2015
- [7] Devesha Parmar, Devashish Tripathi, Agam Sahni, Pankaj Singh, "Bluetooth Operated Robot Vehicle Using Mobile Android App", International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology, 2015
- [8] Mrumal.K.Pathak, Javed Khan, Aarushi Koul, Reshma Kalane, Raunak Varshney, "Robot Control Design Using Android Smartphone", Information Technology, Savitribai Phule Pune University, 2015

SISTEM ZA ZDRAVSTVENO PRAĆENJE KORIŠĆENJEM MOBILNIH TELEFONA I NOSIVIH UREĐAJA

HEALTH MONITORING SYSTEM USING MOBILE PHONES AND WEARABLE DEVICES

Jasna Cekova, *Faculty of Computer Science, University Goce Delcev, Shtip, Macedonia*
Blagoj Delipetrev, *Assistant Professor at Faculty of Computer Science, University Goce Delcev, Shtip, Macedonia*

Sadržaj: U radu su predstavljena istraživanja i razvoj sistema za zdravstveno praćenje korištenjem mobilnih telefona, nosivih uređaja i web/cloud tehnologije. Najvažnije karakteristike sistema je 24-satni praćenje zdravstvenog stanja pacijenta. Osim toga, druge pogodnosti su brzo vrijeme odziva, povećavanje zdravstvena prevencija, mogućnost prijavljivanja pogoršanja zdravstvenog stanja pacijenta i snimanje izmjerene podataka (otkucaji srca). Ovo rezultira smanjenjem ukupnih troškova za pacijentima i bolnice, kao i poboljšanje zdravstvene zaštite. Sistem je implementiran na Android mobilnih telefona i web/cloud, a pritom smo koristili Eclipse, PHP i MySQL baza podataka.

Abstract: This paper presents research and development of a health monitoring system based on wearable devices, mobile phone and web/cloud application. The most important benefit of the system is 24-hour monitoring of the patient's condition. In addition, other benefits are rapid response time, improved medical prevention, reporting of worsening of the patient's condition in real-time and the recording of the measured data (heart rate). This results in the reduction of overall costs considering patients, hospitals and overall improvement of life quality. The system is implemented on Android mobile phone, web/cloud and is developed using Eclipse, PHP and MySQL database.

1. INTRODUCTION

Wearable technology [1] is becoming very valuable for monitoring patients 24/7 inside and outside the hospital. Wearable medical devices are often independent, applied to the patient body and perform various medical functions, for example, monitoring vital functions. Such devices transmit information about the health condition of the patients, which can include the heart rate monitor sensors. Often wearable medical devices due to the general abundance of cheap sensors have low price combined with low power consumption.

Mobile devices have many forms and shapes (mobile/tablet) have revolutionized the use of technology in automation of routine task. The widespread adoption and portability make it the prime IoT technology contender. In our research, we have used mobile devices based on Android that covers a huge range, allowing a custom solution.

The system is designed that the mobile phone application gets data from the wearable device. The wearable device monitors the heart rate whether the patient is at home or in the hospital. The patient is monitoring all the time, thus avoiding the risk of increased/decreased heart rate. The real-time monitoring provides an alert for patients in case of emergencies.

Wearable devices are often limited in their ability to saving and process data, therefore, it is necessary to build

completely integrated system, which contains the wearable device, mobile application and web/cloud application.

2. LITERATURE REVIEW

There are several devices and approaches for measuring heart rate are researched:

➤ Use the index finger [2]. The most common technique used is the Photoplethysmographic (PPG) to obtain information on the heart rate. Results of heart rate showed that mobile phone and proper ECG are with significant differences in the lying position and tilt. The difference due to the fact, those current phones cannot have a stable surface on which the patient can hold with the finger.

➤ Holter [3] monitoring is one of the first application for the wearable devices. The "Holter" is attaching to the patient body often for 24 hours, and after the data is transferred from the "Holter" to a PC, and afterward analyzed. The first obvious difference between the "Holter" and our proposed system in the real-time monitoring and alert feature. The "Holter" do not provide real-time monitoring.

➤ Choi et al. [4] proposed a system for ubiquitous health monitoring in the bedroom using Wireless LAN and Bluetooth. The information gathered from sensors connected to the patient's bed is transmitting to a monitoring station outside of the room where the data is processed and analyzed.

➤ Epi-medics [5] project is an intelligent ECG monitor that can record and analyze ECG signals, other sensor information and generate alarms. This device cannot monitor the patient for 24/7.

3. PURPOSE OF THE RESEARCH

There are obvious limitations of the presented previous systems. For example, the “Holter” do not provide real-time data and therefore, alert features. Epi-medics cannot monitor the patient for 24/7. Our main idea is to research and develop a prototype state-of-the-art health care application using wearable devices and integrating them with mobile technologies and web/cloud applications. In our research, we have focused on heart rate as one of the easiest to monitor and important vital condition. The presented system produces real-time monitoring of heart rate condition of the patients to the doctor, have an alert feature, to inform the doctor when the patient is in emergency.

The purpose of this research is to demonstrate that there are technologies that can significantly improve patient care and that these technologies are already available. The presented application is a prototype and can extend to measuring and monitoring other vital functions.

4. SYSTEM DESIGN

This system divided into three main parts. The system components are:

- ❖ Wearable device (Polar H7),
- ❖ Mobile phone application (Android OS),
- ❖ Web/Cloud application



Figure 1: Levels of the system

System model it presented in Figure 1. The first part includes the use of the wearable device with a sensor to monitor heart rate. The second is mobile phone application, which gets data from the heart rate sensor. The third part is the web/cloud application that stored patients’ data, analyze the data, if necessary, issues an alert to the doctor, presents historical and real-time data to the doctor.

4.1 WEARABLE DEVICE POLAR H7

We researched several wearable devices [6] for measuring heart rates such as Apple watch, Mio Alpha 2, Armour39 and Polar H7. From the research, we concluded that Polar H7 showing perfect results and is the most accurate wearable device for measuring heart rate. Polar H7 needs to be attached to the patient chest. The Polar H7 sensor measures patient heart rate and communicates with other devices via Bluetooth. That allows heart rate data to be display in mobile phones, sports watches, and compatible fitness equipment. Polar H7 features are:

- Portable,
- Comfortable,
- Easily attaches to the patient,
- 24-hour monitoring heart rate,
- The patient is able to change position or move,
- Polar H7 do not interfere with other devices such as telephone, radio or TV.

4.2 MOBILE HEALTH APPLICATION

The mobile health monitoring application is developed on Android using Eclipse and prototype Java code. The health application makes the Bluetooth connection with Polar H7 and receives real-time data. The data from the sensor are taken and temporarily stored in the local database on the mobile phone. After 1 minute, these data are sent to the web/cloud application and are deleted from the database of the mobile phone.

The health application identifies each patient and grants using permission. When the patient is logged, it can connect with Polar H7 and starts monitoring heart rate. The health application provides an interface for viewing heart rate data.

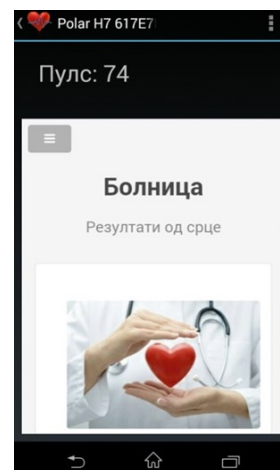


Figure 2: The interface of the application

Also from the mobile application, patients can access to the web/cloud application to check the data for heart rate and can insert daily data for sugar, high and low blood pressure, body weight and height. The heart rate application sent data to the web/cloud application over Wi-Fi. Each data packet contains the patient’s ID, heart rate data and the exact time when the heart rate it was measured. The application interface is shown in Figure 2.

4.3 WEB/CLOUD APPLICATION

The web/cloud application provides the interface for both patients and doctors. The doctor interface has these features:

- Log in with name and password to identify himself,
- Add new patients,
- Monitoring patients heart rate real-time data including the minimum, maximum and the average value of the pulse,

- Downloads all patient data in a single document,
- Visualize patient heart rate data,
- Receive alert notification for patient heart rate emergencies.

The patients interface has these features:

- Log in with name and ID provided by the doctor (The patient cannot sign in directly in the system),
- Data forms for entering blood sugar, high and low blood pressure, body weight and height,
- View owns the heart rate data.

The database is designed to support previously described doctor and patient features. The database entity relationship diagram (ER) is shown in Figure 3:

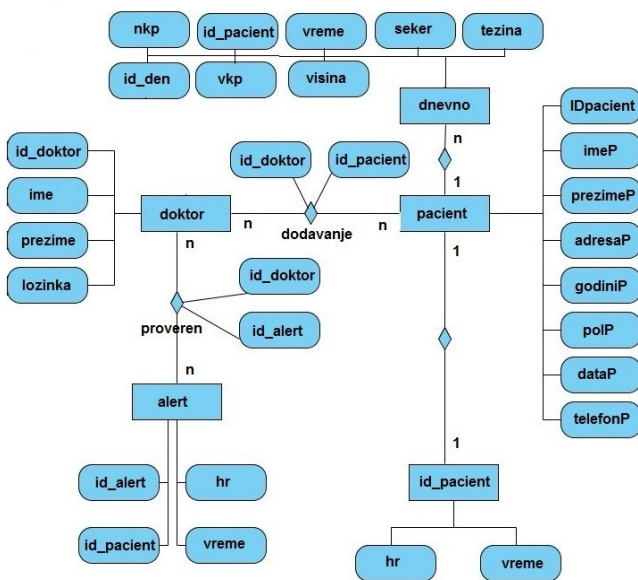


Figure 3: ER diagram for database

4.4 APPLICATION ACTIVITY DIAGRAM

The activity diagram for doctors is shown in Figure 4. First, the doctors login on the web/cloud application. If the entered data is correct, the ID from added patients displayed. Doctors can choose to add a new patient, to display a graph or display heart rate data and details from the patient. If the doctor selects add patient, he must insert the information's for the patient. ID must be different for each patient and told to the patient. The doctor can see the results and graph after transmitting.

Logged doctor can receive alert notification if the patient heart rate is increment or decrement outside of normal value. In cases where doctors not logged into the web/cloud application, it is possible to monitor alerts all the time from the mobile application with alarm sound and details of the critical patient.

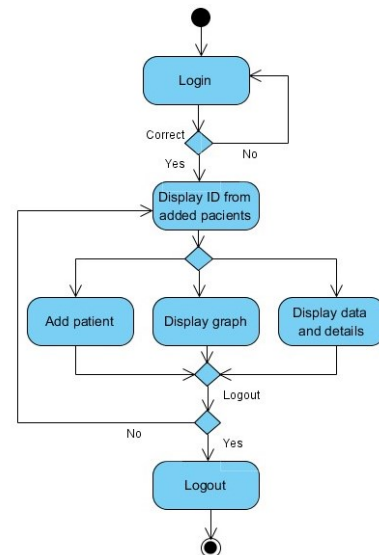


Figure 4: Activity diagram for doctor

The activity diagram for the patient is shown in Figure 5. When patient attaches the Polar H7 device it should launch the application on Android mobile phone.

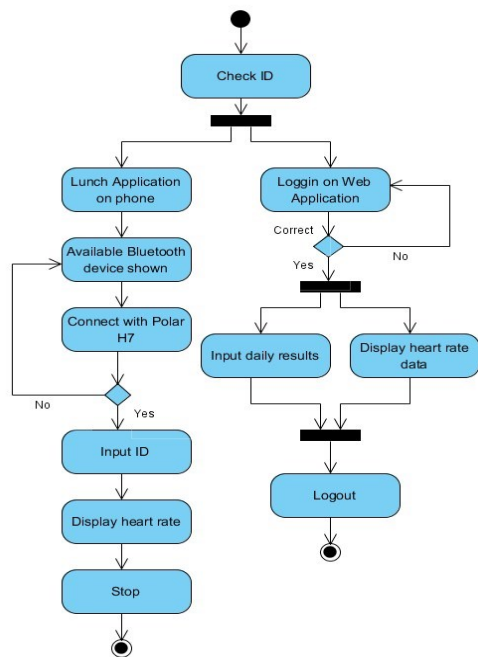


Figure 5: Activity diagram for patient

The mobile phone application requests Wi-Fi and Bluetooth permission. Upon the execution of the program, the application checks if Bluetooth already enabled on the phone. The patient login to the web/cloud application with its individual data. When the patient is logged in he can view the stored heart rate data.

5. TESTING AND DISCUSSION

The prototype system and application was tested only in several cases or patients, in this case on our self. There are different kinds of heart rate measurements with physical activities, sleeping, running, reading, etc. and various lengths,

starting from several minutes up to 48 hours continuous measures.

We have compared our health monitoring system with a portable Biocare ie 12a in Shtip hospital. The idea was to compare our Polar H7 heart measuring device with a Biocare ie 12a used in hospitals. Both devices were attached to the same patient and 20 minutes data was saved. After a detailed analysis of both devices data, the main conclusion was the Polar H7 produce very good heart rate measurements, and its data is almost identical with hospital device Biocare ie 12a. The difference between the data results is 0,0116%.

The system design and functionality is simple so that any patient regardless of age would easily operate with it. The patients only need to install the mobile application, connect it with the Polar H7 wearable device, input their ID and start measuring their heart rate. Figure 6 shows heart rate data presented on the web/cloud application. Figure 7 presents a graph for heart rate measured data.

Пулс	Време	Минимална
99	Tuesday, October 06, 2015 18:55:52	01
98	Tuesday, October 06, 2015 18:56:53	Tuesday, October 06, 2015 21:42:53
95	Tuesday, October 06, 2015 18:57:53	Максимална
93	Tuesday, October 06, 2015 18:58:53	99
97	Tuesday, October 06, 2015 19:00:54	Tuesday, October 06, 2015 18:55:52
92	Tuesday, October 06, 2015 19:01:55	Средна
91	Tuesday, October 06, 2015 19:02:55	79.8707

Figure 6: Heart rate data presented on the web/cloud application



Figure 7: Graph for received data from patient

The system is tested with more than 48 hours of continuous monitoring in real time without any problems and data displayed and saved as expected. The mobile application for monitoring heart rate will work in the background as before without problems.

ProGuard tool is used for optimization and obfuscation in Android application. The protocol used between Android and Web application is HTTP. Because we are storing user data,

in the future should encrypting communications with HTTPS and SSL [7], which allows sensitive information transmitted securely. For keep privacy for the patient's in the application, we will add permissions for ensuring the patient's knowledge and consent before data is transmitted.

6. CONCLUSION

This paper presents a system for real-time monitoring of the patient's heart rate. The system is compared with other similar systems and described the advantages of the proposed solution. The system components are the wearable device, mobile phone, and web/cloud application.

This solution is cheaper and allows patients to freely move and live their daily life, offers 24-hour monitoring of the patient's condition, the possibility of alert notification worsening of the patient and recording the measured data (heart rate). The application only works on Android but we plan to develop iOS version.

A future step is to implement the system. We hope to find a medical institution that will be willing to cooperate in our research and development.

REFERENCES

- [1] Adam Thierer, "The Internet of Things and Wearable Technology", *Mercatus Center of George Mason University*, November 2014.
- [2] T. Tamura, Y. Maeda, M. Sekine and M. Yoshida, "Wearable Photoplethysmographic sensors", *Electronics ISSN 2079-9292*, April 2014.
- [3] A. Murthy, K. V. Padmaja, "Developing Trends in Cardiac Monitoring Systems", *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, January 2014.
- [4] A. Bourouis, M. Feham and A. Bouchachia, "Ubiquitous Mobile Health Monitoring System For Elderly (UMHMSE)", *International Journal of Computer Science & Information Technology*, June 2011.
- [5] Asta Krupaviciute, "Personalised wearable cardiac sensor services for pervasive self-care", June 2012.
- [6] Valentina Palladino, "Who Has The Most Accurate Heart Rate Monitor", retrieved from: <http://www.tomsguide.com/us/heart-rate-monitor-review-2885.html>, June 2015.
- [7] P. K. Panwar and D. Kumar, "Security through SSL", *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, December 2012.

DEKOMPOZICIJA ALGORITMA ZA REŠAVANJE SUDOKUA DECOMPOSITION OF SUDOKU ALGORITHM

Aleksa Srdanov, Dragan Milovanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac*

Sadržaj. *Realizacija algoritama za rešavanje matematičkih i enigmatskih problema je uvek interesantna tema. U ovom radu je predstavljena jedna realizacija algoritma za rešavanje sudokua. Algoritam je razložen na elementarne radnje, koje je moguće realizovati u pomoćnim funkcijama. Navedenu dekompoziciju je moguće svesti na dve vrste strategija: one za eliminaciju i one za izbor kandidata. Svaka od ovih strategija se sastoji od po nekoliko različitih tehnika koje su zasnovane na sve zahtevnijem pretraživanju u smislu tehnika koje se primenjuju.*

Abstract. *Implementation of algorithms for solving mathematical problems and enigmatic is always an interesting topic. This paper presents an implementation of the algorithm for solving sudoku. The algorithm is explained in the elementary actions, which can be implemented in the support functions. Specified decomposition can be reduced to two types of strategies: ones for the elimination and others for the selection of candidates. Each of these strategies consists of several different techniques that are based on the increasingly demanding in terms of search techniques applied.*

Ključne reči. Sudoku, dekompozicija sudokua.

1. UVOD.

Sudoku brojčanica je veoma popularna zabava milionima ljudi širom sveta. Postoji veliki broj poznatih različitih tehnika za rešavanje sudokua. Sve poznate tehnike globalno bi se mogle podeliti na: tehnike koje su primenljive samo računaru [1] i tehnike koje može koristiti i čovek [2]. U ovom radu posvetićemo se drugim navedenim.

Jedan od bitnih elementa za rešavanje svakog problema je i broj potrebnih poteza koje je potrebno izvršiti u postupku njegovog rešavanja. U ovom radu predložićemo takve tehnike koje sudoku brojčanicu rešavaju u minimalnom broju poteza.

Drugi problem dekompozicije sudoku algoritma, a i svakog drugog, je vezan za dokaz njegove korektnosti. Neuporedivo je lakše sastaviti algoritam i dokazati njegovu korektnost kada je algoritam baziran na tehnikama koje su upotrebljive samo računaru. Po pravilu takve tehnike se veoma malo razlikuju od „grube sile“. Čovek prilikom rešavanja bilo kog problema, pa i sudokua, koristi mnogo sofisticiranije metode zasnovane na raznim inteligentnim tehnikama za koje se često veoma teško može dokazati opšta korektnost [3]. Sasvim je moguće da navedene tehnike za neku, tog trenutka nepoznatu postavku, proglase za neodlučivu [4], a da ipak postoji rešenje koje se ne može dobiti samo primenom navedenih tehnika.

Za formiranje glavnog programa dovoljno je sastaviti spisak svih radnji koje treba preduzeti da se iz početne pozicije stigne do rešenja. To je moguće postići odgovaranjem na samo jedno isto pitanje: „Šta je sve potrebno podržati da bi algoritam uspešno realizovao posmatrani problem“. Pri tome se ne treba osvrtni na pitanje, a kako će se to postići. Kada se problem tako razloži na funkcije, koje je potom moguće realizovati programskim kodom, postupak se završava. Zatim, potrebno

je te radnje posebno implementirati u odgovarajućim funkcijama ili ako su i dalje složene nastaviti njihovo dalje razlaganje. Ovakav postupak je poznat pod nazivom funkcionalna dekompozicija od vrha do dna i praktično se pokazao kao veoma primenljiv.

2. ANALIZA PROBLEMA.

Dekompoziciju započinjemo sa analizom i definisanjem ulaznih i izlaznih veličina. Ulaz je početna postavka na sudoku tabli koja je zadata ciframa na određenim mestima. Posebno je potrebno dodatno definisati način na koji će ulaz biti prenesen u računar. Izlaz je kompletno popunjena tabela i poželjno je da bude prikazana u obliku u kome je kao takva i prepoznatljiva. Sada se ceo problem svodi na realizaciju sledećih, ne obavezno prostih, radnji:

1. Prihvatiti i organizovati unos početne pozicije.
2. Popuniti prazna mesta sa odgovarajućim brojevima.
3. Prikazati konačno rešenje.

Po pravilu, početna dekompozicija uvek zahteva ponovno razlaganje svakog od navedenih koraka. Na prvi pogled, korakom dva skoro da ništa nije precizirano, ali već samo njegovo izdvajanje iz celine je značajan iskorak. Svaki od ovih koraka daljom analizom razlažemo na niz jednostavnijih radnji na sledeći način:

3. ULAZNI PODACI.

Za organizaciju ulaznih podataka potrebno je da se posebno razmotre sledeća dva važna problema:

- a) Problem namene algoritma i potom izbora najpodesnijeg načina za unos početne pozicije.

b) Definisiranje, organizacija i smeštaj ulaznih podataka.

Ako sudoku brojčanicu shvatimo kao matricu dimenzija 9 X 9 onda je za svaku poziciju potrebno po tri brojne vrednosti. To su: koordinate horizontalnog i vertikalnog reda u kome se nalazi zadati broj i njegova vrednost.

Drugi problem je: „Da li je namena rešavanja sudokua potrebna za korisnika ili računar?“. Ako je algoritam predviđen za korisnika onda je ulaz potrebno osmisliti grafički tako da korisnik popunjava početnu postavku na iscrtanoj tabli sudokua na ekranu. Namena algoritma može biti i za računar u smislu rešavanja sudokua radi ispitivanja raznih problema u vezi sa njim. Jedan od tih problema vezan je za minimalno postavljene broj cifara u početnoj postavci. U tom slučaju je pogodnije početnu poziciju smestiti u neki fajl koje će se posebno popunjavati, pa potom iz programa na zahtev učitavati.

Ovaj rad ima za cilj analizu početne pozicije od strane računara, pa će se početna pozicija smestiti u fajl čiji je sadržaj uređen kao u Tabeli 1.

Tabela 1. Jedna početna postavka sa 17 cifara

0	0	0	0	0	0	0	1	2
0	4	0	0	5	0	0	0	0
0	0	0	0	9	0	0	0	0
0	7	0	6	0	0	4	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	5	0
0	0	0	0	8	7	5	0	0
6	0	1	0	0	0	3	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0

Početnu poziciju, koja će biti smeštena u fajlu, moguće je relativno lako prepravljati i pamti u nekom folderu pod nekim imenom. U ovom slučaju pogodno ju je zapamtiti pod nazivom "sudoku.txt" u folder, gde će biti smešten i program. Za prebacivanje početne pozicije u program poslužiće trodimenzionalni niz pod imenom `sudoku[10][10][10]`. Prve dve dimenzije vodiće računa o koordinatama nekog broja, a treća dimenzija će na nultom indeksu pamti konačnu vrednost na toj poziciji, a na ostalim indeksima sve moguće vrednosti, u pozicijama gde krajnja vrednost još nije određena. Sve brojeve sa ulaza koji su veličine samo jednog znaka možemo deklarirati kao tip `short`. Zbog jednostavnosti, matricu koja prima ulazne i objedinjuje izlazne podatke tretiraćemo kao globalni niz. Prilikom učitavanja neke početne vrednosti sa ulaza neophodno je tu vrednost eliminisati sa svih ostalih mesta u istoj vrsti, koloni ili kvadratu. Pošto će se ta procedura pozivati tačno onoliko puta koliko ukupno ima nepoznatih brojeva u tabeli, to se u okviru nje može smestiti i brojač, kojim se može kontrolisati završetak procesa rešavanja sudokua. Brojač označimo kao promenljivu `kraj` i zbog jednostavnosti programa pogodno je da bude globalna promenljiva.

4. STRATEGIJE REŠAVANJA.

Poznato je da sudoku brojčanice imaju različitu težinu prilikom rešavanja. Težina rešavanja sadržana je, delimično u

broju zadatih početnih pozicija, ali više od toga zavisi od zahtevnosti potrebnih strategija potrebnih za određivanje neke nepoznate vrednosti. Za uočavanje metoda, potrebnih za razne nivoe, potrebno je praktično rešiti nekoliko sudoku zadataka, istog i različitih nivoa. Strategije potrebne za rešavanje sudokua moguće je podeliti u dve grupe. Jedna grupa vezana je za određivanje nepoznate vrednosti na nekoj od pozicija, a druga grupa za eliminaciju mogućih kandidata na nekim od nerazrešenih pozicija. Pri ovakvoj koncepciji moguće je izvesti sledeće zaključke vezane za spomenute strategije:

4.1. STRATEGIJE ELIMINACIJE.

Postupak eliminacije započinje analizom početno date pozicije. Svaku ulaznu vrednost treba isključiti kao kandidata iz svih preostalih u istoj vrsti, koloni i kvadratu gde se ona nalazi. Posle eliminacije svih kandidata određenim sa početnom postavkom može se desiti da se na nekoj poziciji javi jedinstveni kandidat. Ako to nije slučaj, potrebno je primeniti dopunske strategije eliminacije sve dok se jedinstveni kandidat ne pojavi. Ove procedure je pogodno imenovati sa `EliminisiNivoX()` i moguće ih je zasnovati na sledećim strategijama:

a) Nulti nivo eliminacije. Ovu funkciju program poziva svaki put kada je na nekom mestu određena neka vrednost kao konačna. Tada se ta vrednost eliminiše iz svih ostalih u istoj vrsti, koloni i svom kvadratu. Pogodno je u okviru ove funkcije smestiti i brojač kojim će se utvrđivati koliko je ukupno nepoznatih brojeva određeno. Prema prethodno rečenom, imenovaćemo je sa `EliminisiNivo0()`.

b) Prvi nivo eliminacije. Ovaj nivo se odnosi isključivo na kvadrate 3x3. Ako se u nekoj vrsti ili koloni bilo kog kvadrata pojavljuje kandidat koji se ne pojavljuje u ostalim vrstama ili kolonama tada se on može eliminisati sa pozicija cele vrste i kolone čiji se segment nalazi unutar tog kvadrata. U algoritmu ovu funkciju je pogodno imenovati sa `EliminisiNivo1()`.

c) Drugi nivo eliminacije. U okviru iste vrste, kolone ili kvadrata postoje dve nepopunjene pozicije u kojima figuriraju i po dve vrednosti koje su međusobno jednake. Mogu se razlikovati dva podslučaja.

c1) Te dve vrednosti su ujedno i jedini preostali kandidati od svih preostalih kandidata u okviru te dve pozicije. Tada se one pojedinačno mogu eliminisati iz svih preostalih nerešenih pozicija u istoj vrsti, koloni ili kvadratu gde se pojavljuju.

c2) Te dve vrednosti nisu jedini preostali kandidati u okviru nekih dveju pozicija ali se na drugim pozicijama u okviru iste vrste, kolone ili kvadrata pojedinačno ne pojavljuju. Tada se u okviru te dve pozicije mogu eliminisati svi preostali kandidati, osim te dve vrednosti.

Obe provere je pogodno smestiti u istu funkciju sa nazivom `EliminisiNivo2()`.

d) Treći nivo eliminacije. Sličan kao i drugi, samo sa tri vrednosti u okviru neke tri različite pozicije koje se mogu dovesti u vezu. Takođe, sastoji se od dva podslučaja koja se slično razlikuju kao kod prethodnog nivoa.

Ovaj nivo i svi sledeći nisu od interesa za konačan izgled algoritma jer sudoku sa četiri prazne kolone ili vrste nema jedinstveno rešenje.

Posle svake uspele eliminacije mogu se pojaviti jedini kandidati koji preostanu na nekim mestima.

Praktično se pokazalo da su samo eliminacije do nivoa dva dovoljne da se razreši bilo koja sudoku brojčanica, pa i one sa 17 početno datih vrednosti. Takva brojčanica je za sada poznata kao minimalna sudoku postavka. Nije poznato da postoji jedinstveno rešiva postavka sa 16 početno datih brojeva.

e) Dopunska strategija. Ako se prilikom postupka primene prethodno navedenih strategija eliminacije dogodi da se na nekoj poziciji eliminišu svi mogući kandidati onda je početna postavka sudokua bila pogrešna, pa ne postoji rešenje. Zato će se posle svake eliminacije proveravati da li je do toga došlo i izdavati odgovarajuća poruka. Taj posao će preuzeti procedura pod imenom **NemaKandidata()**.

Sve navedene nivoe nije moguće osmisliti i definisati na samom početku. Do kompletiranja svih nivoa se dolazi metodom primene na postojeće primere. Kada već postavljeni algoritam ne daje rešenje onda se dubljom analizom dolazi do zaključka o uvođenju dodatnih eliminacija. Program osmišljen na ovakav način veoma lako se dopunjava sa novim nivoima.

Ako se posle svih nivoa eliminacije ne mogu jednoznačno odrediti sva nepoznata mesta, u datom sudoku rebusu, tada je potrebno uslov završetka algoritma (brojač razrešenih pozicija) dopuniti i proverom da li se posle ponavljanja i primene postupaka eliminacije povećava broj razrešenih pozicija. Ako to nije slučaj, treba zaustaviti algoritam, jer neće dovesti do jedinstvenog rešenja.

4.2. STRATEGIJE ODREĐIVANJA NEPOZNATIH VREDNOSTI.

Prethodnim postupcima eliminacije program eliminiše neke od mogućih kandidata u nekim pozicijama i pri tome je moguće da od svih prvobitnih kandidata preostane samo jedna vrednost. Tu vrednost proglašavamo za rešenje na toj poziciji.

a) Prva strategija izbora. Posle svake eliminacije potrebno je proveriti da li je na nekoj od pozicija preostala samo jedna moguća vrednost. Funkciju koja će otkrivati takve pozicije i kandidate nazvaćemo **NadjiSamca()**.

b) Druga strategija izbora. Posle primene nekog od postupaka eliminacije moguće je da ni u jednoj poziciji iste vrste, kolone ili kvadrata ne ostane jedinstvena vrednost ali među svim preostalim kandidatima za tu vrstu, kolonu ili kvadrat se jedna vrednost pojavljuje na samo jednoj poziciji u toj vrsti, koloni ili kvadratu. Takva vrednost se proglašava za rešenje na poziciji na kojoj se nalazi. Postupak koji će otkrivati takve vrednosti nazvaćemo **NadjiJedini()**.

U svim nivoima potrebno je da se ponavlja definisani postupak sve dok je na nekim nultim pozicijama treće

koordinate nula, koja označava da na toj poziciji još uvek nije određena vrednost.

5. PRIKAZ REŠENJA.

Na izlazu štampamo matricu sa vrednostima na nultoj poziciji treće koordinate niza sudoku[10][10]10] ali i sve ostale vrednosti ako sudoku nije jedinstveno postavljen. Od svih prethodnih problema ovaj poslednja sadrži najmanje nepoznatih elemenata. Tu proceduru nazvaćemo **PrikaziResenje()**.

Ovako satavljen algoritam prikazuje sva rešenja, pa rešava sudoku koji i nije jedinstveno određen sa početno datom postavkom.

6. IMPLEMENTACIJA DEKOMPOZICIJE.

Program nije teško napisati. On samo povezuje i objedinjava prethodne postupke.

```
#include <iostream>
#include<cstdlib>
#include <fstream>
short sudoku[10][10][10];
int kraj, test;
using namespace std;
int main() {
    short k, m;
    PocetniPolozaj();
    while(kraj < 81){
        NadjiSamca();
        if ((k = NemaKandidata()) == 0) {
            cout << "SUDOKU NEMA RESENJE \n";
            system("pause"); exit(1);
        }
        EliminisiNivo2();
        EliminisiNivo1();
        NadjiJedini();
        if (test > 120) kraj = 81;
    }
    PrikaziResenje();
    system("pause"); return 0;
}
```

Kompletiranjem programa i startovanjem u ovom slučaju dobijamo rešenje.

Tabela 2. Rezultat rada programa za postavku iz tabele 1

5	9	8	4	6	3	7	1	2
7	4	2	8	5	1	6	3	9
3	1	6	7	2	9	8	4	5
1	7	5	6	3	2	4	9	8
8	6	9	1	4	5	2	7	3
4	2	3	9	7	8	1	5	6
9	3	4	2	8	7	5	6	1
6	8	1	5	9	4	3	2	7
2	5	7	3	1	6	9	8	4

Process exited normally.

Press any key to continue . . .

Proverom se lako možemo uveriti da je dobijeno rešenje tačno.

Dokaz korektnosti ovog algoritma nije ni jednostavan ni kratak. Zbog toga se on u ovom radu neće izvoditi. Za validnost predloženog algoritma mogu svedočiti dve vrlo važne činjenice: 1. Na internetu se mogu naći nekoliko desetina minimalnih postavki sa 17 cifara koje su sve uspešno razrešene ovim algoritmom; 2. Algoritam je proveravan na brojnim primerima drugih sudokua koji imaju ocenu najveće težine za ručno rešavanje i u svim slučajevima je dao ispravno jedinstveno rešenje.

7. ZAKLJUČAK.

Algoritam je opremljen kontrolom zaustavljanja u svim mogućim slučajevima i mogućnošću da prepozna rešenje ako ga nađe. Osim toga, prepoznaje i pogrešno postavljene početne pozicije, kao i kada data postavka nema jedinstveno rešenje. Broj operacija koje algoritam izvršava je minimalan. Takav zaključak proizilazi direktno iz opisa korišćenih metoda. Svaka nepoznata pozicija do svog razrešenja dolazi na red za svoje razrešenje tačno jedanput. Broj poznatih strategija za rešavanje sudokua prelazi broj pedeset. U ovom radu su, za

razliku od svih sličnih, sve upotrebljene strategije dovedene u međusobnu vezu i pravilno sistematizovane u dve grupe. Postupak rešavanja predstavljen u ovom radu u potpunosti simulira način na koji i čovek rešava ovaj problem. Zbog svoje jednostavnosti algoritam je veoma pogodan za dalja istraživanja u okviru sudoku problematike.

LITERATURA

- [1] Deng Xu Qion, Li Yjong Da. A novel hybrid genetic algorithm for solving Sudoku puzzles. *Optimizatins Letters* 2013. vol 7 issue 2. p 241.
- [2] Pillay Nelishia. Finding Solutions to Sudoku Puzzles Using Human intuitive Heuristics. *Sout African Compute Journal* sep.2012. vol. 49 p.25-34.
- [3] Radiša R. Stefanović, Aleksa Srdanov. Upotreba računara za dešifrovanje poruka. *Vojnotehnički glasnik*. 2-2014. ISSN 0042-8469.
- [4] Radiša R. Stefanović, Aleksa Srdanov. Nespecificirani uslovi pri rešavanju logičkih zadataka. *IT Samit Žabljak* 2015.

NEODLUČIVOST U PROBLEMIMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE UNDECIDABILITY IN PROBLEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Aleksa Srdanov, Nada Ratković Kovačević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija*

Sadržaj: *Pod pojmom neodlučivosti krije se veoma širok spektar značenja. U matematici, problem neodlučivosti se obično vezuje za pojam beskonačnosti, pripadnosti nekom skupu, izboru aksioma itd. U teoriji jezika i automata, neodlučivost je vezana za mogućnost izvođenja neke konstrukcije u nekom formalnom sistemu. Neodlučivost je prisutna skoro u svakom algoritamskom postupku. Problem postojanja neodlučivosti je postao sastavni deo svake nauke, ali i dalje nije izvesno da li taj problem ima objektivnu prirodu. Po vrsti i mestu nastanka, neodlučivost se može podeliti u nekoliko osnovnih oblika, od kojih svaki ima sebi svojstvene uzroke. Neki od osnovnih generatora neodlučivosti su izloženi u ovom radu.*

Abstract: *The term undecidability holds very wide spectrum of meanings. In Mathematics, undecidable problems are usually connected to computation, infinity, determining whether an element belongs to some set, the choice of axioms etc. In the linguistic theory and theory of automata, undecidability is describing whether it is possible, or rather impossible, to derive particular construction in some formal system. Undecidability is present in almost every algorithm and procedure. Existing undecidability nowadays is a problem that is present in every scientific field and it is not yet certain whether this problem is of objective nature. Undecidability can be classified in several basic subclasses, having inherent causes, with respect to its kind and its place of origin. Some of the basic generators of undecidability are described in this paper.*

1. UVOD

Veštačka inteligencija se može opisati kao inteligencija svojstvena mašini ili računarskom programu. Kao oblast, veštačka inteligencija obuhvata četiri glavne kategorije istraživanja, od kojih je jedna – kako napraviti sisteme, koji misle kao ljudi [1], [2]. Kada se želi uporediti koliko su napredovali takvi sistemi odn. odgovarajući modeli, obično se poredi neka stvorena veštačka inteligencija sa prirodnom. Mnogo je slučajeva u kojima veštačka inteligencija još uvek kaska za relevantnom prirodnom. Rezultat tog poređenja može međutim biti i neočekivan - da stvorena inteligencija nadmašuje odgovarajuću prirodnu. Postoje mnoga naučna tvrđenja, koja su dokazana samo zato što postoje veoma brzi i moćni računari. Sa druge strane, najčešće se u pokušaju poređenja ukazuje na efekat „aha“ (ili Eureka!), koji je još uvek odlika samo prirodne inteligencije. Za neke višedimenzionalne probleme, moglo bi se reći da ni jedna od navedenih inteligencija nije njima u potpunosti dorasla. Osim toga, postoji i problem neodlučivosti, koji je problem i prirodne i veštačke inteligencije.

2. NEODLUČIVOST

Intuitivno se podrazumeva da ako neki problem ima rešenje, onda je ono jedinstveno, ne samo u smislu brojnosti već i da ga je moguće jedinstveno izdvojiti od svega ostalog. U sadašnjim postavkama nauke i jezika mnoga pitanja ili nemaju odgovor ili postoji veći broj, nekad čak i međusobno suprotnih odgovora, koje nije moguće odbaciti, kao ni objediniti [3]. Pojam neodlučivosti se u okviru teorije automata može strogo formalno definisati [4]. Međutim, kada se neodlučivost, kao u teoriji automata, svede samo na izvodljivost, izračunljivost, ... , ona onda može značajno da

izgubi na svom obimu i postane nebitna kao pojam. Pogotovo ako se pokaže da neki formalizam može biti model za rešavanje svih problema. Pojam neodlučivosti postaje bitan i u slučaju kada neki problemi nisu algoritamski rešivi. Isti zaključak ostaje čak i ako je moguće neki problem rešiti algoritamski, ali je za to potrebno beskonačno mnogo koraka. Nesuštastvenost pojma neodlučivosti se ogleda u činjenici da, ako je data neka proizvoljna formalna teorija i u okviru nje odgovarajuća Tjuringova mašina, onda u skupu svih mogućih jezičkih objekata mogu postojati konstrukcije, koje nije moguće dobiti definisanom Tjuringovom mašinom. Za takve konstrukcije se kaže da su neodlučive u odnosu na tu Tjuringovu mašinu. U okviru istog uočenog formalnog sistema, za sve takve neodlučive objekte, moguće je definisati drugu Tjuringovu mašinu, komplementarnu datoj, u kojoj su sve one odlučive. Time neodlučivost postaje pojam, koji je samo formalnog karaktera i nema dublje značenje.

Pojam neodlučivosti bi se mogao posmatrati i mnogo šire: kao problem, koji je vezan za nemogućnost dobijanja rešenja nekog problema, ili i, kada se za rešenje javlja veći broj kandidata ili i kada je samo ogroman kvantitet mogućih rešenja problem za čoveka, ali ne i za računar, ili kada postoji prag preko koga ni čovek ni mašina ne mogu preći, itd.

Pojmu neodlučivosti čovek pristupa pragmatično i prema njemu i odnosi u skladu s tim.. Mnoge neodlučivosti čovek razrešava tako što se opredeljuje za jedno od mogućih rešenja, sve dok ga praksa ne pokoleba, kada za rešenje bira neku drugu mogućnost. Skoro sve neodlučivosti čovek je „razrešio“ opredeljivanjem za jednu od mogućnosti. Na ovakav način, podrazumeva se, da je čovek sposoban da se nosi sa problemima mnogih neodlučivosti. Takav svoj stav čovek je preneo i na automate. Postoje neodlučivosti u kojima se od čoveka ne traži da se mora opredeliti. To su neodlučivosti koje nisu direktno vezane za njega, pa nije neophodno da se

opredeljuje i može zadržati slobodu i nezavisnost. Sa druge strane, danas se intuitivno očekuje da se mašine moraju ponašati odlučivo. U postavci i u suštinskoj osnovi algoritma je odlučivost i time je neodlučivost isključena.

Veštačka inteligencija zahteva od programera da napravi veoma opšti algoritam, koji je sposoban da potpuno zameni ulogu čoveka u određenom poslu. Takvo očekivanje je razumljivo, ali još uvek praktično nije izvodljivo. Postoje mnoga otvorena pitanja na koja, uz sadašnje domete nauke, nije moguće dati adekvatan odgovor [5]. Na primer, da li je moguće da algoritam prepozna da je rešenje koje će on predložiti upravo ono koje je i traženo. To je problem koji se obavežno javlja kod rešavanja kriptografskih zadataka [6]. Prirodna inteligencija može višeznačno da nadmašuje inteligenciju, koju neki programer želi ugraditi u algoritam za rešavanje nekog problema. Tako se otvara problem lokalne i globalne inteligencije. Kada ograničeno pristupamo ovome, svodeći problem na lokalnu inteligenciju, možda nikada neće biti moguće simulirati prirodnu inteligenciju, koja je globalna. Osim ovakve, rezultatske neodlučivosti postoji i čitav niz drugih, od kojih ćemo neke u ovom radu detaljnije razmotriti.

3. VRSTE NEODLUČIVOSTI

Mogu se razlikovati dve disparantne vrste neodlučivosti:

a) **Neotklonjiva neodlučivost**, koja je prisutna: kada problem nema rešenja, (mora li svaki problem imati rešenje, a pogotovo algoritamsko?) ili ako nije jasno kako se odlučiti za jednu od više mogućnosti [7], (svaka je istinita za sebe i po sebi) ili kada nije moguće objediniti sva moguća rešenja ili broj rešenja nije konačan, itd. Takve neodlučivosti možemo okarakterisati, barem za sada, kao objektivne. Ako takve neodlučivosti objektivno postoje, onda je neodlučivost suštinski pojam svake teorije i ima, u okviru nje, veliku važnost i vrednost.

b) **Otklonjiva neodlučivost**, koja je prisutna: kada problem ima više od dva rešenja, ali je moguće dopunskim uslovima napraviti selekciju ili nekom dopunskom metodom proveravati i vršiti eliminaciju preostalih mogućnosti [8], dok ne preostane jedna jedina, ili promenom formalizma omogućiti dodatno izvođenje ili promenom praga osetljivosti omogućiti razlikovanje prividno istih objekata itd. Ovakva neodlučivost je posledica samo specifičnih ograničenja, koja je moguće ukloniti. Neodlučivost je u ovom smislu samo prividna. Opravdano je pitanje: „Da li su i neotklonjive neodlučivosti posledica određenih ograničenja?“ Samo što ta ograničenja još uvek nismo sposobni da sagledamo niti da utvrdimo njihovu prirodu.

Sa stanovišta veštačke inteligencije i svojstvenosti, mogu se razlikovati tri vrste neodlučivosti:

i) **Neodlučivost koja je svojstvena i čoveku i mašini**. Ona je vezana za pojmove za koje čovek još nema adekvatnu definiciju ili za probleme kojima još nije dorastao. Sa današnjeg stanovišta, takve neodlučivosti možemo posmatrati kao objektivne. Takva je na primer neodlučivost u vezi sa postojanjem beskonačnosti [9], a sadržana je u činjenici da današnja aksiomska postavka matematike ne dozvoljava da se izvede zaključak ni o postojanju niti o nepostojanju objektivne beskonačnosti. Sve objektivne neodlučivosti bi se svrstale u ovu grupu.

ii) **Neodlučivost koja je svojstvena samo mašini**. Neodlučivost koja nije svojstvena čoveku, ali je još uvek

nerješiva enigma za mašinu je, na primer, ona koja je sadržana u nespecificiranim uslovima prilikom rešavanja logičkih zadataka [6]. Prilikom rešavanja nekih logičkih problema, u procesu rešavanja, čovek koristi i neke uslove, koji ne moraju biti dati, ali se podrazumevaju u kontekstu. To je u suštini odnos lokalne i globalne inteligencije. Ako se u budućnosti napravi mašina, koja može simulirati globalnu inteligenciju netaće sve ovakve neodlučivosti.

iii) **Neodlučivost svojstvena čoveku, ali ne i mašini**. Ovakve neodlučivosti vezane su za rešavanje problema koji obimom i fizičkom zahtevnošću sputavaju čoveka, dok za dovoljno brz i moćan računar mogu predstavljati takođe problem, ali savladiv. Brojni matematički problemi su na takav način razrešeni. Tu je prisutan i problem praga osetljivosti i detekcije kao i razlikovanje signala, tonova, boja, ... Ovakve neodlučivosti proističu iz činjenice da je čovek već sada sposoban da stvori mašine, koje ga, u mnogo čemu, mogu prevazići. Može li se taj proces uspešno nastaviti i sa preostalim čovekovim sposobnostima? Samo sa da ili ne kao odgovorom na to pitanje, bez daljih čvrstih argumenata, sigurno se mnogi neće složiti.

Ove neodlučivosti sada je moguće i detaljnije pobrojati i izložiti. Sa stanovišta pisanja programa, druga i treća vrsta neodlučivosti zaslužuju daleko veću pažnju.

i) Neodlučivosti svojstvene i čoveku i mašini, mogu se podeliti na tri kategorije:

i1) **Istinitosna neodlučivost**. Problem istinitosti je objektivne prirode jer ne postoji stroga definicija pojma istine. Pitanje, šta je to istina [9], još dugo neće imati odgovor u okviru sadašnje nauke. Čak i sve odrednice, koje služe za prepoznavanje istine, su takođe takve da ih je nemoguće praktično primeniti. Teško je, (nemoguće je), proveriti šta to važi „oduvek i zauvek“. Ovakva neodlučivost će postojati, sve dok se ne dosegne naučni nivo sa koga se može tačno i nedvosmisleno ustanovljavati šta je istinito, a šta ne. Kada i ako to bude moguće, sasvim je verovatno da će se mnoge sadašnje naučne istine značajno promeniti. U trenutnom stanju stvari, objektivno je nemoguće osposobiti mašinu da utvrđuje istinitost, ako to nije strogo formalno jasno i čoveku.

Ova grupa neodlučivosti ima čitav niz različitih neodlučivosti, koje su sve posledice problema istinitosti. Tako bismo mogli u ovu grupu svrstati: aksiomske neodlučivosti (vezane za izbor aksioma), teoretske neodlučivosti (različitim izborom aksioma stvaramo različite teorije koje su unutar sebe neprotivurečne, a međusobno su protivurečne), itd. [3].

i2) **Iskazna neodlučivost**. Kao direktna posledica prethodne neodlučivosti, pojavljuje se iskazna neodlučivost. Izdvajamo je kao posebnu vrstu neodlučivosti jer se može ispoljiti u dva oblika: svojstvenom samo mašini, kao i u svojstvenom i čoveku i mašini. Iskazna neodlučivost se javlja kao odgovor na problem da li je moguće napraviti algoritam, koji može razlikovati iskaze od ostalih rečenica. U prirodnom jezuku postoje, s obzirom na tačnost, veoma šarenolike rečenice. Najnezgodniji slučaj je postojanje rečenica, koje su istovremeno i tačne i netačne. Takav paradoks može biti posledica činjenice da nismo sposobni definisati pojam istine, ali to nije obavezno i uzrok takve pojave. Jedna od poznatijih neodlučivosti je vezana za teoriju skupova. Opravdano se postavilo pitanje da li je, na osnovu svakog okupljajućeg svojstva, moguće za svaki potencijalni element odrediti da li je član skupa ili ne. Na primer, u jednom selu živi berberin, koji brije sve one koji ne briju sami sebe - je okupljajuće

svojestvo za žitelje nekog sela. Problem je, što se taj berberin ne može pojaviti ni kao element skupa ljudi koji ne briju sami sebe, ali ni kao element skupa ljudi koji briju sami sebe. U pokušaju da berberina uključimo, kao element takvog skupa nailazimo na problem neodlučivosti.

Istinitosno neodlučive rečenice su odavno poznate u geometriji. Recimo: „Kroz dve razne tačke prolazi tačno jedna prava“ ili „Kroz datu tačku van date prave postoji tačno jedna prava, koja leži u ravni određenoj tom tačkom i datom pravom, a koja ne seče datu pravu“. Takve rečenice je moguće pravilno koristiti u geometriji u okviru neke teorije i kada ih posmatramo kao istinite ali i kad ih proglasimo za neistinite. Za dobijene teorije se može dokazati da su neprotivurečne u sebi, iako je sasvim jasno da se suštinski razlikuju. Ništa manji problem nije i sa rečenicama koje nemaju istinitosnu vrednost.

Ovom slučaju pripadaju: skupovne, jezičke, ... neodlučivosti. Svaki jezik je formalna tvorevina i kao takva podrazumevano sadrži neodlučive konstrukcije.

i3) Računska neodlučivost. U ovom slučaju možemo razlikovati neodlučivost svojstvenu u dva oblika: samo čoveku i svojstvenu i čoveku i mašini. Kada je svojstvena samo čoveku, u literaturi se ova neodlučivost naziva algoritamski prekid. U ovom odeljku razmatramo neodlučivosti svojstvene i čoveku i mašini. Kod ovakvih neodlučivosti mašina može značajno prevazići čoveka, ali i ona uvek ima ograničenja. Postoje mnogobrojni primeri gde je mašina rešila problem, koji je čoveku realno bio nedostižan za rešavanje. Vreme koje bi čoveku bilo potrebno ili složenost i obimnost posla su toliko visoki pragovi za čoveka, da je čoveku skoro nemoguće dosegnuti do rešenja, ali za mašinu to ne mora biti zaustavljajuće ograničenje. Ali i mašina je objektivno uvek konačna i ograničena. Zato i za mašinu, ma koliko povećavala svoj prag, uvek će postojati problemi čija rešenja prevazilaze svaki unapred postavljen prag. U ovom slučaju, neodlučivost je vezana za nemogućnost dobijanja rešenja, iako ona postoje i konačna su.

Nije nužno postojanje aktualne beskonačnosti. Ako je beskonačnost potencijalna, neodlučivost je suštastveni problem, s obzirom na izračunljivost. U okviru ovakvih neodlučivosti centralno mesto zauzima problem: „Da li je svaka rekurzivna funkcija i objektivno izračunljiva i obrnuto?“ odn. Čurčova teza o rekurzivnim funkcijama [10].

i4) Algoritamska neodlučivost. Veoma opravdano pitanje je: „Da li je svaki problem algoritamski rešiv, i ako jeste, da li algoritam mora biti obavezno konačan?“ To je hipoteza koju današnja nauka uzima kao istinu po sebi. Ne postoji sigurnost da je zaista i tako. Sa druge strane, još uvek nije moguće utvrditi istinitost tog stava. Tu pretpostavku je koristio i Godel u dokazima postojanja neodlučivih stavova u aritmetici [11]. Ako postoje algoritmi koji po svojoj prirodi nisu konačni, onda su oni objektivno isključeni iz delokruga mašine, koja će po svojoj prirodi zauvek biti konačna. Sledeće važno pitanje je: „Da li su konačnost i beskonačnost kontinualni pojmovi?“ Ako nisu, onda je besmislena pretpostavka da je neki problem algoritamski rešiv, ako se on može rešiti algoritmom u beskonačno mnogo koraka. Potencijalni diskontinuitet zauvek razdaje put od cilja. Koliko god se čovekova svest i znanje povećavali, uvek će ostati nepoznanica da li je sposobno obuhvatiti ceo univerzum, pod uslovom da je univerzum aktualno beskonačan.

ii) Neodlučivosti svojstvene pre svega mašini su:

ii1) Relaciona neodlučivost. U nekim rečenicama je

nemoguće pravilno odrediti subjekat i objekat. Na primer u rečenici: „Dete je ušlo u kuću“. Za ovakve rečenice se obično misli da su istrgnute iz konteksta, što nije nužno tačno. Sasvim je moguće i lako, zamisliti i tekst u kome je ova rečenica sadržana, ali i pored toga nije moguće sa sigurnošću odrediti ko je koga ušlo. Ovaj problem nije vezan samo za neke jezike, on je prisutan u svim prirodnim jezicima, čak i u onim koji imaju stroga pravila o redosledu reči u rečenici. Ovakve neodlučivosti su posledica činjenice da je jezik formalne prirode. Svaki formalizam obavezno indukuje neodlučivost [12].

ii2) Računska neodlučivost [10]. Računar, kao i čovek, je ograničen objekat, koji svoje resurse može povećavati, ali zauvek ostaju konačni. Iako, mašina već danas prevazilazi čoveka u svojim računskim mogućnostima, uvek će ostati ograničena nekom vrednošću. Ta brojna vrednost, ma koliko bila velika, predstavljaće prag izračunljivosti. Brojevi koji se pišu sa sto cifara predstavljaju veličine, koje nadilaze svaku poznatu veličinu u poznatom univerzumu, ali su tek neznatne brojne vrednosti s obzirom na brojeve od sto hiljada cifara itd. Sa ovog stanovišta, računski neodlučivost će verovatno potrajati i ostati kao takva [13], ma koliko se mogućnosti računara povećavale.

ii3) Nespecificirana neodlučivost. U mnogim problemima se podrazumevaju neki uslovi koji nisu eksplicitno dati. Oni su rezultat čovekovih navika, sklonosti ili stečenih predrasuda sa kojima se čovek sjedini u procesu svoje socijalizacije. Mnogo veći problem je taj, što takvi uslovi nisu jednaki u različitim društvenim zajednicama, što dodatno otežava ovakvu problematiku. Unificiranjem društvene zajednice može doći do sjedinjenja načina posmatranja i pretpostavki svih ljudskih bića, ali problem ostaje. Prilikom rešavanja naročito logičkih zadataka, pogotovo onih težih, autor zadatka obavezno računa na činjenicu da će rešavač pribеći korišćenju i nespecificiranih uslova, koji se kontekstom podrazumevaju. Na primer, ako se traži ubica među nekim osumnjičenim osobama, pa ako se prilikom rešavanja ne pretpostavi da je samo jedan čovek ubica, može se doći do višeznačnog rešenja, a time i velike nedoumice koga optužiti? Ne treba isključiti kao rešenje ni mogućnost postojanja više zaverenika, ali ne može se neko optužiti, samo zato što se ne može isključiti. Takvi uslovi nikada nisu dati, ali ako se ne upotrebe, zadatak ne dobija pravi smisao, jer rešenje postaje višesmisleno. Kako doći do takvih uslova u pisanju opšteg algoritma je problem, za koji još uvek nemamo pravo rešenje.

ii4) Rezultatska neodlučivost. Ova neodlučivost se najčešće javlja u problemima vezanim za kriptografiju. Kada se napiše program koji dešifruje neku poruku, pojavljuje se problem prepoznavanja dobijenog rešenja kao objektivno istinitog. Na koji način bi računar mogao utvrditi da je dobijeno rešenje upravo željeno jeste veliki problem. Teorijski je moguće da je i rešenje napisano kriptogramno, u smislu da je dato u nekom drugom jeziku, koji nije specificiran. Rešenje može biti i broj ali napisan u nekoj nepoznatoj osnovi, koju tek treba naći itd. Veoma je teško zamisliti da će se u neko dogledno vreme ovaj problem moći konačno i jasno razrešiti. Ovde je posebno prisutan problem odnosa lokalne i globalne inteligencije. Algoritam ima lokalnu inteligenciju. Da bi algoritam imao i globalnu inteligenciju, morao bi biti sposoban rešavati svaki rešiv problem. Ako bi za rešavanje različitih klasa problema postojali različiti specijalni algoritmi, nameće

se zaključak da bi za globalnu inteligenciju svi oni morali biti deo jednog jedinstvenog algoritma. To dovodi do zaključka da je problem veštačke inteligencije izrada jedinstvenog algoritma.

ii5) Komunikaciona neodlučivost. Poznata je i pod nazivom „šum“. Ova neodlučivost se može umanjiti redundacijom (ako je binarni signal sa greškom, ponavljanjem ili obnavljanjem signala, mada se u analognoj tehnici šum otklanja obično filtriranjem). Pored toga, po teoriji verovatnoće, uvek mogu postojati greške, koje se proizvoljan broj puta mogu ponavljati [14]. U ovom slučaju dolazimo u situaciju da se pored čoveka i računara uvodi i treća strana, a to je prostor ili komunikacioni medijum (obavezan deo komunikacionog sistema, pa i računarskih mreža). Problem neodlučivosti više nije vezan samo za nedostatke i ograničenja čoveka i računara, već uvodi i sve moguće probleme spoljne sredine kao potencijalne uzroke neodlučivosti.

iii) Neodlučivosti svojstvene čoveku, ali ne i mašini, su:

iii1) Kvantitativna neodlučivost. Ime sugerise da ova neodlučivost nije suštinska već samo prividna. Javlja se u problemima gde postoji veliki broj slučajeva koje treba proveriti, a barem vreme, koje je za to potrebno, nije čoveku na raspolaganju. Recimo, čoveku bi bilo potrebno 1000 godina da pretraži sve mogućnosti. Primer za to je da se odredi minimalna postavka sudokua na tabli 9x9. Za dokaz da ne postoji početna pozicija, koja jedinstveno određuje rešenje sa 16 početno datih cifara, superbrzom računaru je trebalo tačno godinu dana za proveru. Takvih primera danas ima prilično mnogo.

iii2) Senzorna neodlučivost. Računar može da prepozna i razlikuje tonski ili optički ono što čovek ne može. Čovek ima strogo ograničenu rezoluciju tačaka koje može videti, dok optički senzori mogu detektovati i slike sa neuporedivo većom gustinom i proslediti ih računaru. Otuda su slike koje se suštinski razlikuju, za čoveka identične (npr., prepoznaje da je isti objekat više puta slikan, samo iz raznih uglova), dok za mašinu nisu. Ponekad čovek, tokom detekcije, integriše signale, koje primaju različita čula. To u nekim situacijama pomaže i da čovek bolje reaguje, ali nekad i da brže pogreši, pa može, na primer, čulo vida da obmane čulo sluha.

Neke slike računari prepoznaju bolje od ljudi, ali postoje i obrnute situacije. Takve koristi *CAPCHA* test (akronim od eng. *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*), da se proveriti, da li čovek ili mašina pokušava da pristupi nekom sadržaju na Internetu. Tipični su primeri zašumljene slike ili nizovi izvitoperenih znakova, koje ljudi lako mogu da prepoznaju i pročitaju, a računari znatno sporije [15].

Čovek ne može razlikovati zvuke sa tačnošću sa kojom to može senzor zvuka ili tona, pa samim tim i računar. Računar opremljen adekvatnim senzorima zvuka neuporedivo bolje može razlikovati spoljašnje pojave i objekte od čoveka, i u tom smislu ima neuporedivo šire intervale odlučivosti od čoveka. Neodlučivost u ovom slučaju predstavlja nemogućnost razlikovanja međusobno različitih objekata [14]. Npr., za neka dva objekta čovek bi rekao da su ista, a oni se suštinski razlikuju, što mašine mogu da prepoznaju.

4. ZAKLJUČAK

Rad ima za cilj da sistematizovano izloži moguće izvore i uzroke neodlučivosti u odgovarajućim algoritmima u oblasti

veštačke inteligencije, i time da doprinos u oblasti filosofije veštačke inteligencije. Za sada, nije moguće dati jedinstven odgovor na sve moguće neodlučivosti. Osnovni problem vezan za neodlučivost je odgovor na pitanje: „Da li je determinizam osnovni uzrok neodlučivosti u okviru nekog posmatranog sistema?“. Mišljenje autora rada je da neodlučivost ima mnogo širi uzrok. Postoji otklonjiva i neotklonjiva neodlučivost, bez uvođenja komplementarnosti. Nekada postoji prag neodlučivosti, koji je moguće pomerati. Posebnu pažnju zaslužuju neodlučivosti, ovde svrstane u objektivne, a za koje se u budućnosti može pokazati da se i njihov karakter promenio. Budući radovi bili bi posvećeni nastavku istraživanja zašto nastaju pojedine neodlučivosti, kao i načinima njihovog eventualnog uklanjanja.

LITERATURA

- [1] A. Ralston, E. D. Reilly and D. Hemmendinger, *Encyclopedia of Computer Science*, 4th ed., Wiley, 2000.
- [2] M. Milosavljević, *Veštačka inteligencija*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2015.
- [3] T. Jech, *Set Theory*, New York: Academic Press, 1978.
- [4] M. Sipser, *Introduction to the theory of computation*, Third edition, Cengage Learning, USA, 2012.
- [5] F. Morić i I. Lalović, „Gedelova teorema o nepotpunosti i problem terminacije programa i igara“, *MAT-KOL* (Banja Luka) ISSN 0354-6969 (p), 1986-5228 (o), Vol. XX (3), str. 123-135, 2014.
- [6] R. Stefanović i A. Srdanov, „Nespecificirani uslovi u implementaciji algoritama pri rešavanju logičkih zadataka“, *Zbornik radova međunarodnog skupa Informacione tehnologije IT' 2015.*, Žabljak, pp. 76-79, 23. – 27. 02. 2015.
- [7] A. Srdanov, „Rešavanje logičkih zadataka upotrebom računara“, *Zbornik radova VTS Požarevac*, 1-2/2012, pp. ISSN 0354-835X.
- [8] R. Stefanović i A. Srdanov, „Upotreba računara za dešifrovanje poruka“, *Vojnotehnički glasnik*, Vol. 62, No. 2, 2-2014, ISSN 0042-8469, pp. 96-108, 2014.
- [9] IO. I. Manin, „Dokazuemoe i nedokazuemoe“, *Kibernetika*, Moskva, 1979.
- [10] IO. I. Manin, „Izračunljivo i neizračunljivo“, *Kibernetika*, Moskva, 1980.
- [11] K. Godel, *The Consistency of the Continuum Hypothesis*, Princeton University Press, NJ, 1940.
- [12] W. Thomas, *Languages, automata, and logic*, Vol. 3, Chap. 7, Springer, 1997.
- [13] A. M. Turing, „On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem“, *Proceedings of the London Mathematical Society*, Ser. 2., Vol. 42, pp. 230-265, 1936-1937, corrections, *Ibid.*, Vol. 43, pp. 544-546, 1937.
- [14] D. Jurafsky and J. Martin, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Speech Recognition, and Computational Linguistics*, 2nd ed., Upper Saddle River: Prentice Hall, NJ, 2008.
- [15] <http://www.captcha.net/> 14. 01. 2016.

POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI ALGORITMA BEZ IZMENE KODA IMPROVING EFFICIENCY ALGORITHM WITHOUT CHANGES CODE

Radiša Stefanović, Aleksa Srdanov, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Požarevac*

Sadržaj: *Analizom jednog programa pokušaćemo se kroz tri varijante sagledati problematika vezana za izgradnju algoritma, koji bi tokom vremena samog sebe činio sve efikasnijim u zadatku koji obavlja. Ovaj rad predstavlja pokušaj da se izgradi veštačka inteligencija kombinovanjem bazičnog algoritma sa memorisanjem i pseudoslučajnošću, u cilju poboljšanja efikasnosti algoritma, bez izmene njegovog koda..*

Abstrakt: *The analysis of a program will try to look through three versions issues related to the construction of the algorithm, which would over time itself seemed increasingly effective in carrying out the task. This paper is an attempt to build artificial intelligence by combining a basic algorithm store-and pseudoslučajnošću, in order to improve the efficiency of the algorithm, without any amendments.*

1. UVOD

Pretpostavimo da je za neku igricu moguće unapred sastaviti bazu svih mogućih partija. Tada je moguće sastaviti algoritam koji simulira takvu igricu, a potrebnu veštačku inteligenciju obezbeđuje upravo ta baza. Nešto slično je moguće uraditi i kada takva baza nije unapred poznata ali se može vremenom izgraditi. Dopuna prethodnom postupku se ogleda u činjenici da je ponekad moguće da jedan deo posla odradi i dopunski algoritam. Na početku stvaranja veštačke inteligencije ovakav pristup je bio prisutan u većini tadašnjih algoritama. Takvi algoritmi su sami po sebi modeli veštačke inteligencije koji sebe dopunjavaju pozadinskom bazom. Dalja dopuna ogleda se u činjenici da je moguće i sve strategije algoritma smestiti u bazu iz koje će glavni program tokom rada vršiti eliminaciju „slabijih strategija“ i time kroz neku vrstu iteracija zadržati samo strategije u kojima se bude pokazala veća efikasnost. Iz prethodno rečenog, može se zaključiti da kombinovanje inteligencije, memorisanja, složenosti i pseudoslučajnosti, po pravilu, pruža maksimum pri izgradnji skoro svake veštačke inteligencije.

U ovom radu pozabavićemo se izgradnjom veštačke inteligencije kada u posmatranom problemu nije poznat matematički model pobjedničke ili neke druge strategije.

2. DEFINICIJA PROBLEMA

Napisati algoritam koji će simulirati igru „iks-oks“ u tabli 10 puta 10, a pobjeđuje onaj ko sastavi 5 istih znakova vodoravno, uspravno ili po dijagonalni. Ako protivnici ne uspeju da formiraju pobjedničku petorku partija je nerešena.

Analiza problema.

Ova igra je primer igre, koja se obavezno završava u manje od 100 poteza. Teorijski je moguće napraviti efikasan algoritam, zasnovan isključivo na tehnici memorisanja i pseudoslučajnosti. Zbog konačnosti broja poteza, moguće je formirati datoteku koja sadrži sve realne partije koje se mogu odigrati u pomenutoj igri. Svako kombinaciji poteza, počevši od početka partije do bilo kog drugog završnog poteza, odgovara jedan fajl. Ime fajla bi mogao biti string, koji se sastoji od dvocifrenih brojeva, čije su cifre indeksi polja na tabli za igru svih do tada povučenih poteza oba igrača. Sadržaj

tih fajlova bi bio skup dvocifrenih brojeva čije su cifre redom indeksi pozicija polja na tabli za igru gde je moguće postaviti sledeći potez. Pored svakog dvocifrenog broja, kao šifre pozicije sledećeg poteza, bio bi dodat još jedan karakter, čije su moguće vrednosti: 'p', 'n' ili 'g', koji bi se formirao na sledeći način. Karakter 'p' se određuje prvi po prioritetu i označava da u sledećem potezu postoji neka pobjednička partija. Ako ni jedna partija u sledećem potezu nije pobjednička, karakter dobija vrednost 'n' pod uslovom da postoji barem jedna nerešena, među partijama sa sledećim potezom. Konačno, karakter dobija vrednost 'g' što označava da su sve kasnije pozicije gubitničke. Ovde se pobjednik ili gubitnik posmatra kroz ulogu računara koji postaje samostalan i ravnopravan protivnik čoveku. Kada se sa nekim povučenim potezom dosegne neki fajl, iz tog fajla se određuje naredni potez računara na sledeći način. Pregledaju se svi postojeći karakteri i prebroji broj karaktera koji označavaju pobjedničke partije. Potom se formira pseudoslučajan broj u tom intervalu i povlači potez pod tim brojem. Ako nema pobjedničkih partija, prebroje se sve nerešene i pokuša sa njima. Ako se ne nađu ni pobjedničke ni nerešene partije, onda se slučajno povlači bilo koji od mogućih poteza u tom fajlu.

Trenutni problem u ovakvom pristupu izrade algoritma je taj što je broj svih partija reda veličine 2^{100} . Još uvek nemamo na raspolaganju prostor i mogućnost da u prihvatljivom vremenu formiramo sve moguće partije, smestimo ih u odgovarajuće fajlove i u prihvatljivom vremenu pretražujemo. U postavljenom primeru bi za zapis svih partija bila potrebna najmanje dva sistema fajlova. Jedan, u kojem su sve partije u kojima računar povlači prvi potez, a drugi - u kome je računar drugi na potezu.

Svi fajlovi bi mogli biti smešteni u jedan jedini fajl kao niz dvodimenzionalnih nizova. Problem potrebnog prostora za skladištenje ni tada nije manji, jer se jedan ogroman broj, broj svih fajlova, u tom slučaju zamenjuje drugim velikim brojem koji se ogleda u veličini takvog fajla.

Na ovaj način računar ne mora da ima strategiju - dovoljno je samo da brzo pretražuje po odgovarajućoj biblioteci. Problem inteligentnog algoritma bi bio samo formiranje što bržeg pretraživača smeštajnog prostora.

2.1 Izbor određenog poteza

Prethodno opisani pristup još uvek nije moguće praktično realizovati, pa se može dobra igra računara zasnovati na određenom algoritmu, koji algoritamski predlaže neki potez. Najjednostavnije je sastaviti strategiju zasnovanu samo na inteligentno sastavljenom algoritmu. Tokom eksploatacije algoritma, pojavile bi se njegove slabosti i računar bi počeo da gubi partije. Tada bi se strategija algoritma mogla dopuniti na sledeći način. Ako se ispostavi da je računar izgubio neku partiju, onda se ceo niz poteza zapamtiti u neki fajl. Kada se ponovo dođe u istu poziciju, (računar prati povučeni niz poteza) neće se igrati potez koji predlaže algoritam već neki drugi. Opet su nam potrebna najmanje dva fajla, jedan za memorisanje partija u kojima je prvi na potezu računar i drugi za suprotan slučaj. U ovakvom pristupu treba posebno analizirati dva problema:

- Sastaviti inteligentan algoritam, koji će relativno dobro pronalaziti sledeće poteze u zadatoj igri.
- Osmisliti na koji način pamtiti i pretraživati fajlove, koji sadrže izgubljene partije, i kako birati drugi potez, umesto onog, koji vodi ka sigurnom gubitku partije.

Razmotrimo svaki od ovih problema detaljnije.

a) Pronalazak sledećeg poteza

Pretpostavimo da računar igra kao drugi na potezu, što u sledećoj analizi igre ništa bitno ne menja, osim što daje izvesnu prednost prvom igraču. Za osnovnu koncepciju programa, koji bi simulirao postavljenu igru, pri čemu bi se algoritam mogao automatizovano strategijski i logički poboljšavati, dovoljno je osmisliti sledeće funkcije:

- Funkcija, koja obezbeđuje prikaz table za igru i prikaz unosa poteza oba igrača pri čemu se poslednji potez naglašava drugačijim označavanjem;
- Funkcija, koja obezbeđuje strategiju odbrane. Analizira poziciju protivnikovih znakova i otkriva sve potencijalne pretnje protivnika;
- Funkcija, koja formira strategiju napada. Analizira poziciju svih svojih znakova i formira najbolji potez napada;
- Funkcija, koja vrši izbor poteza. Upoređuje jačine (rangira) poteze odbrane i napada i donosi jedinstven izbor poteza, kao najbolji odgovor i
- Funkcija, koja proverava završetak partije. Obaveštava o pobedi, porazu ili neodlučivom ishodu, i kada je moguće, naglašeno prikazuje položaj pobedničke petorke.

Ovih pet procedura, odnosno funkcija, potrebno je i kada se od programa traži mnogo više, nego što je ovde predloženo, pri čemu bi se one tada mogle lako dopuniti. Dakle, opšti izgled programa je sledeći:

```
#include <iostream>
int main() {
    bool Kraj = true;
    int Tabla[10][10], Odbrana[10][10],
        Napad[10][10], ZaKoga;
    ZaKoga = OdaberiPrvog();
    PrikaziTablu(Tabla);
    while (Kraj) {
        PovuciPotez(ZaKoga, Odbrana, Napad);
        StrategijaOdbrane(Odbrana);
        StrategijaNapada(Napad);
    }
    PovuciPotez(ZaKoga, Odbrana, Napad);
    ProveriStanje(Tabla);
}
```

```
PrikaziTabl (Tabla) ; }
return 0 ; }
```

Od svih potrebnih procedura najviše pažnje posvetićemo sledećim trima: strategiji odbrane, strategiji napada i izboru poteza, jer su preostale dve funkcije više formalnog karaktera. Strategije odbrane i napada su u suštini slične, jer se smenjavaju u svojim ulogama, kada računar postaje od prvog drugi igrač ili obrnuto. Međutim, upravo preciznim nijansiranjem razlika između ove dve strategije, postizemo da program postane bolji napadač, bolji odbrambeni igrač ili bolja kombinacija ta dva.

Predlog implementacije potrebnih strategija.

U okviru strategija odbrane i napada, program svakom slobodnom polju pridružuje neku brojnu vrednost. Veća brojna vrednost, odgovara većem prioritetu dodeljenom izabranom potezu, koji računar "bira" kao svoj odgovor upravo na tom polju. Za dobijanje vrednosti svakog slobodnog polja, treba običi sve vrste, kolone i obe dijagonale, po linijama koje sadrže barem pet susednih polja.

Pri tome, obilazak sprovodimo sa pet polja istovremeno i uvek iznova proveravamo njihov sadržaj. Ako u tekućem obilasku među tih pet susednih polja ne postoji ni jedno zauzeto polje nekim od znakova ma kog igrača, onda sva ta polja na već dobijene vrednosti dobijaju istu minimalnu vrednost 1, ali ako među pet dosegnutih postoje oba znaka, i X i O istovremeno, tada preostala prazna polja ne dobijaju dodatnu vrednost. To zato, što za tih pet polja ne postoji mogućnost pobeđe ni jednog od protivnika. Svi ostali slučajevi sadržaja polja moraju dobiti veće vrednosti. Postoji tačno 32 različita slučaja, kada različitim rasporedima praznih polja treba dodeliti brojne vrednosti. Pretpostavimo da treba izgraditi strategiju za pobeđu znaka X. Na slici 1. su date sve pozicije, a bročano se mogu predstaviti kao binarni brojevi od 0 do 31 posmatrano u odnosu na slobodna polja, gde X odgovara binarnoj 0, a prazno polje binarnoj 1.

```

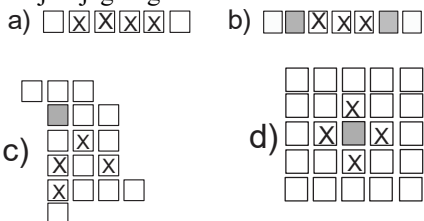
X X X X X  X X X X X  ...  O O O O X  O O O O X  O O O O X  O O O O X
0          1          ...  28          29          30          31
```

Slika 1. Pozicije koje su moguće sa pet binarnih brojeva

Svakom praznom polju treba dodeliti neki broj. Sa slike 1. može se videti da, ako je izgled polja takav, da sadrži sve znake X, onda je igrač koji je to postigao pobeđnik. Nadalje, ako ima četiri znaka X (to su slučajevi označeni sa 1, 2, 4, 8 i 16), a X igrač je na potezu, preostalim slobodnim poljima treba dodeliti maksimalne vrednosti, jer u sledećem potezu igrač X pobeđuje. Sve ostale vrednosti moraju biti između 1 i te maksimalne vrednosti. Tako razmišljajući treba nastaviti i vrednovati i sve ostale slučajeve.

Osim toga, jednom polju u okviru niza od pet susednih mesta se najviše 20 puta može promeniti vrednost u toku analize pre izbora sledećeg poteza. Na primer, ako se obilazak vrši vodoravno, kretanjem sleva u desno, onda peto polje u okviru početnog niza postaje četvrto u sledećem nizu itd. Svaki put to polje dodaje svojoj prethodnoj vrednosti onu koju algoritam predviđa u postojećem rasporedu. Kako postoje još i četiri pravca zaključuju se da je najveći broj promena 20. Odavde sledi da postoji tačno konačno mnogo različitih strategija, koje je moguće dodeliti svim mogućim petorkama. Niz od pet susednih polja nazivamo petorka. Rangom petorke nazivamo broj zauzetih polja sa istim znakom u okviru istog niza od pet susednih polja bez prisustva protivnikovih

znakova. Rangove je bitno razlikovati, jer veći rang zahteva manji broj poteza za dovođenje partije do kraja. Svim poljima ranga nula dodelili smo vrednost 1. Svim poljima ranga 1 nije logično dodeliti istu vrednost kao kod ranga nula. Polja koja su dalja od postavljenog znaka nisu od podjednako značaja kao i ona koja su bliža, zbog težeg kombinovanja i povezivanja sa postojećim. Za četiri prazna polja ranga jedan, možemo koristiti najviše 4 različite vrednosti. Polja ranga dva, vrednujemo 20 puta većim vrednostima nego polja ranga jedan, da polja ranga 1 kumulativno ne dobiju veću vrednost od polja ranga dva. Slično je i sa vrednostima slobodnih polja ranga tri u odnosu na rang dva. Rang četiri mora imati uvek maksimalnu vrednost, jer je gubitak ili dobitak partije u prvom sledećem potezu (Slika 2. a)). Važnost rangova mogu pokvariti postojanje kombinacija. Na Slici 2. b) prikazana je kombinacija ranga tri. Kombinacije ranga dva su na Slici 2. c), d) gde se vidi da dve pozicije sa samo dva znaka su pobednička kombinacija za igrača koji igra sa X pod uslovom da može svoj znak postaviti na markirano polje. Ovakvu zamku je nemoguće odbraniti, ako se do nje dođe. Pravilnim povlačenjem u ovoj poziciji igrač sa X obavezno pobeđuje u sledeća dva poteza. Zato je potrebno omogućiti razlikovanje jednostruko blokiranih rangova od obostrano slobodnih zbog kombinacija. Pravilna dodela vrednosti i njihovo kumuliranje treba da onemogući sve pobedničke kombinacije protivnika i omogućiti formiranje najboljeg odgovora računara.



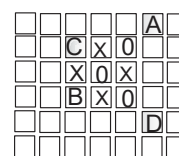
Slika 2. Kombinacije različitog ranga

Kada sprovedemo kompletnu analizu samo za znake X, dobijamo vrednosti polja za jednu strategiju. Razlike u strategijama se ogledaju u situacijama kada sve moguće petorke jednog od igrača imaju relativno male vrednosti - tada strategija protivničkog igrača treba da forsira svoje pozicije sa najvećim vrednostima, a ne da parira slabim pretnjama. Forsiranje pozicija napada je moguće samo ako pozicije protivnika ne prelaze rang tri, a pri tome su obavezno sa jedne strane blokirane. Ako bi se napad dozvolio i kada protivnik ima petorku ranga tri, koja nije barem sa jedne strane blokirana, to bi obavezno dovodilo do gubitka partije, jer taj igrač prvi neodbranljivo stiže do pet znakova u sledeća dva poteza (Slika 2. b)). Pravilnost vrednovanja se postiže iskustveno u toku testiranja programa. Kada se pravilno izvednuje svih 32 moguća slučaja posle primene bilo koje od dve moguće strategije po svim dozvoljnim pravcima neka polja povećavaju svoju vrednost jer se neprekidno vrši kumuliranje sa već prethodno određenim vrednostima. Posle svakog poteza, algoritam "obilazi" tablu za igru duž svih dozvoljenih pravaca i uvek nanovo formira dve matrice: Odbrane i Napada, kao skup svih mogućih potencijalnih poteza u cilju odbrane i u cilju napada. Kada su matrice

Odbrane i Napada formirane treba izabrati najbolji potez. Za najbolji odgovor po nekoj strategiji treba izabrati polje sa najvećom vrednošću. Novi problem je što takvih polja može da bude više od jednog. Zato u svakoj matrici biramo sve najveće jednake vrednosti. Tada, zbog različitosti nastavka toka igre, primenjujemo pseudoslučajni izbor samo među najvećim jednakim odgovorima. Isti princip treba primeniti i za odabir poteza po onoj drugoj strategiji. Uvođenje pseudoslučajnosti značajno popravlja polazni algoritam, čineći ga znatno nepredvidljivijim. Kao konačan potez treba uporediti izabrane vrednosti u obe matrice i izabrati veću.

Ako su obe vrednosti jednake, prednost se daje strategiji napada. Povećanje efikasnosti algoritma može se postići ako se još dodatno povežu strategije Odbrane i Napada.

Posmatrajmo primer na slici 3.



Slika 3. Međusobni uticaj strategije odbrane i napada

Na potezu je igrač Oks i po prethodno opisanom izboru poteza u najuži izbor ulaze četiri sa najvećim vrednostima na poljima označenima sa: A, B, C i D. Sa stanovišta strategije Napada bilo koji od ovih poteza je jednako dobar. Sa stanovišta strategije Odbrane već opisani postupak bi upozorio da su polja B i C mnogo većih vrednosti od polja A i D. Ako bi igrač Oks odigrao svoj potez na poljima A ili D onda sigurno gubi partiju kada protivnik odigra svoj potez respektivno na polja B ili C. Zato strategija napada mora proveriti da li je neki od njenih mogućih poteza ujedno i mogući potez kojim protivnik pretili i u tom slučaju mora dati prednost takvom potezu. Ovakvim preplitanjem strategija Napada i Odbrane izbor poteza postaje značajno kvalitetniji nego samo upoređivanjem predloga koje bi te dve strategije dale nezavisno.

b) Pamćenje izgubljenih partija i promena poteza.

Za program je pogodno svaku partiju pamtitu u posebnom fajlu. Svaki potez je broj od 00, 01, ..., 99, što odgovara pretvaranju koordinata izabranog polja $\{(i, j), i = 0, 1, \dots, 9, j = 0, 1, \dots, 9\}$, [2, 3], po formuli $10 \cdot i + j$. Pretpostavimo da su svi memorisani podaci smešteni u koreni folder sa imenom A. Tada sve partije čiji je prvi potez (4,4) se nalaze u fajlu A\44. Ako je odgovor bio potez (4,5), onda se dalje partije nalaze u fajlu A\4445. Veoma lako je formirati i dodavati nastavke i brzo pristupati svim željenim fajlovima, bez bilo kakvog prethodnog pretraživanja. Pitanje ograničenja su uvek samo trenutna i nisu bitna sa stanovišta izlaganja ovog postupka. Svakim potezom trenutno eliminišemo sve prethodne različite partije i time eliminišemo bilo kakvo dodatno vreme za pretraživanje posmatrane baze. Ime fajla je string, koji se veoma lako produžava i skraćuje. Sadržaj fajla se formira iz strategija Odbrane i Napada definisanih u programu na sledeći način. Svaki fajl ima poseban karakter vezan za njegov krajnji ishod. Brojevi koji predstavljaju

sledeći potez nisu svi mogući, već su to samo najači potezi koje daje strategija odbrane i koji se dobijaju kao najveće vrednosti u okviru istog ranga iz matrice Odbrana. U ovom slučaju karakter svakog poteza, osim već opisana tri, ima još jednu vrednost “– null koja je podrazumevana, a menja se od trenutka kada se partija nekim potezom okonča. Tada se u dosegnutom fajlu popunjava karakter uz broj poteza da zabeleži način kako je partija završena.

Računar pamti sve izgubljene partije i pri povlačenju poteza prvo proverava da li je već igrao takvu partiju, i ako jeste, prema stanju karaktera ispituje da li je to gubitnička varijanta. Ako jeste, onda umesto poteza koji predlažu strategije, bira neki drugi potez iz postojeće liste unutar tog fajla. Taj potez bira tako što u listi fajla povlači prvi potez koji nije prethodno izabran. Pri ponovljenoj istoj poziciji računar će pokušavati sa prvim sledećim potezom sa kojim partija još nije izgubljena. Ako ponovo izgubi, taj potez se karakterom označava kao loš i ne uzima se potom u razmatranje. Kada se iscrpe svi potezi (brojevi) i oni svi oni dobiju svoje karaktere, formira se karakter celog fajla. U tom slučaju se u karakter fajla postavlja da je to gubitnička varijanta. Program proverava karakter fajla sa izabranim potezom i ako je to gubitnička varijanta izbor poteza se pomera svakoj partiji unazad iz koje se može doći u taj fajl, sve do fajla sa prvim potezom [4,5]. Ako se desi, da se partija pomeri do prvog poteza, onda mora programer da menja postavljene strategije, jer one ne daju dobre odgovore, ili je igra bez šansi za protivnika.

Time bi problematika osnovnog algoritma bila zaokružena.

2.2 Poboljšanje početnog algoritma

Poboljšanje osnovnog algoritma se ogleda u izmenama strategija odbrane i napada, tako da se izgradi algoritam, koji se zasniva samo na formiranju i memorisanju strategija i to na sledeći način. U osnovnom algoritmu smo izabrali vrednosti za slobodna polja koristeći logiku i intuiciju za 32 moguća slučaja i fiksirali ih unutar programa. Program je na taj način opremljen samo jednom strategijom odbrane i samo jednom strategijom napada. Konstatovali smo da je broj različitih strategija brojčano ograničen. Upravo zbog ograničenja moguće je napraviti algoritam, koji bi formirao sve potencijalne strategije (izbore brojeva za slobodna polja) i smestio ih u neki fajl ili fajlove. Sada računar iz skupa svih strategija treba da polako uklanja slabije strategije i neprekidno dalje testira preostale, sve dok ne dođe do toga da ostanu samo pobedničke. Ništa ne smeta ako preostane relativno mnogo jednako uspešnih strategija jer je time program nepredvidljiviji u igri i bolje simulira inteligenciju [3].

Program na početku svaku partiju igra sa svakom od memorisanih strategija tačno po jedanput. Kada ih sve izmenja, vraća se i briše sve strategije u kojima je izgubio.

Partije koje je odigrao pobednički i neodlučeno posmatra ravnopravno. Potom sve ponavlja ispočetka. Kada završi krug, briše (ili flegom označava kao loše) strategije u kojima ima izgubljene partije. Ako igra nije takva da se unapred zna pobednik, na kraju preostane barem jedna strategija. Ovakav pristup je veoma dobar, jer korisnik ne može predvideti kako će računar odigrati u nekoj njemu poznatoj situaciji. Time ovakav algoritam veoma dobro simulira prirodnu inteligenciju. Osnovni nedostatak ovakvog pristupa je u potrebi da se algoritam završi i konačno uobliči u realnom vremenu i da postane dostojan protivnik. Na početku bi računar imao veoma veliki broj gubitničkih strategija. Smanjenje broja loših strategija se, na žalost, još uvek veoma teško može postići, jer je broj svih mogućih strategija prilično veliki. Nije veliki problem formirati sve moguće strategije, jer postoje ograničenja na koja je već ukazano u ovom radu. Mnogo veći problem je taj, što je poželjno, da se među svim formiranim strategijama unapred eliminišu sve one strategije za koje bi se nekako moglo utvrditi da su slabe.

3. ZAKLJUČAK.

Pokazano je da je izrada efikasnog algoritma veštačke inteligencije povezana sa kombinovanjem memorisanja, pseudoslučajnosti i strategija. Osim toga, pokazano je da je moguće izgraditi inteligentni algoritam i u slučajevima kada se unapred ne poznaje matematički model dobitničke strategije. Veštačka inteligencija se najbolje može simulirati kombinacijom jednostavnog inteligentnog algoritma i obavezno još nečega što, po pravlu, nije jednostavno. Ovakav algoritam veoma dobro simulira prirodnu inteligenciju. Osnovni nedostatak ovakvog pristupa je u potrebi da se algoritam završi i konačno uobliči u realnom vremenu. Formiranje svih mogućih strategija, zahteva veliki broj pokušaja, koji se moraju prilagoditi ograničenjima na koja je već ukazano u ovom radu. Poželjno, je da se među svim formiranim strategijama pronađu i eliminišu sve one strategije za koje bi se utvrdilo da su slabe.

LITERATURA

- [1] Jain, Sanjay, Daniel Osherson, James S. Royer, and Arun Sharma. *Systems That Learn: An Introduction to Learning Theory (Learning, Development and Conceptual Change)*. 2nd ed. The MIT Press. 1999.
- [2] Heinz, Jeffrey. String extension learning. In *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Uppsala, Sweden. 2010.
- [3] Gallistel, C.R., and Adam Philip King. *Memory and the Computational Brain*. Wiley-Blackwell. 2009.

JEDAN PRISTUP OPTIMIZACIJI GRADSKOG SAOBRAĆAJA ONE APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF PUBLIC TRANSPORT

Petar Sekulić, Milija Bajčeta, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, Andrej Mihailović *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu je predstavljen sistem za efikasnije i jednostavnije korišćenje gradskog saobraćaja. Cilj predloženog sistema je da postakne ljude da više koriste gradski saobraćaj, na način što će im se gradski prevoz učiniti pristupačnijim. Naime, funkcija sistema je da omogući korisniku automatsko računanje i prikaz rute od željene polazne tačke do određene tačke. Pri računanju rute se uzimaju u obzir željene performanse u smislu brzine dolaska na određite, broja presijedanja i slično. Optimalna ruta sa željenim karakteristikama se računa primjenom Dijkstra algoritma sa tri različite funkcije cijene. Algoritam je testiran na javnoj saobraćajnoj mreži u Podgorici.

Abstract: This paper presents a system for more efficient and easier use of public transport. The aim of the system is to encourage people to use public transport more frequently by making it more accessible to them. The function of the system is to provide users with a display of the route, with or without stopovers from one place to another. The desired performances are taken into account when calculating the route, in terms of the speed of arrival at destination, the number of stopover, etc. Dijkstra's algorithm, with three different cost functions, is used to calculate the optimal routes of desired characteristics. The algorithm was tested on the public transport network in Podgorica.

1. INTRODUCTION

To increase popularity of public transport among citizens, it would be desirable to be simple. This simplicity is reflected in the availability of information. One of the most important information that system offers to users is the optimal bus route that will take the user from the starting point to the final destination. Each user may have different preferences while looking for desired destination. To that aim, there are different conditions for the optimal route selection, given as follows:

- a) fastest route (arriving to desirable destination within the shortest time interval).
- b) smallest number of stopovers,
- c) shortest walking route,

Three different versions of Dijkstra's algorithm are implemented, with the following criteria to find the optimal route:

- a) earliest time of arrival,
- b) minimum walking time,
- c) minimum total distance.

To solve the problem of finding the optimal route between two locations [3], [6], [7], it is necessary to represent the city network via a graph. Nodes in the graph represent the bus stations and edges (links) connecting the nodes represent bus lines and walking routes characterized by the corresponding prices. The total price of route is determined according to the above mentioned criteria.

Dijkstra's algorithm is chosen because of small time and space complexity compared to existing algorithms that are applied to optimization of public traffic transport [8]. Dijkstra's algorithm [1], [2], [4], [5] is one of the best known

algorithms for finding the shortest path between the nodes in a graph based on the price of the edges. This algorithm belongs to a group of greedy algorithms that remembers the current lowest route price starting from the initial node. Since it can be used to find the shortest route between one city and all other cities, it is widely used in network routing protocols, most notably Intermediate System to Intermediate System (IS-IS) and Open Shortest Path First (OSPF).

The entire system is developed as a web application. The algorithm is implemented in the PHP programming language. When a user sends a request via a browser, the data is transferred to a PHP script which returns the result of the algorithm and displays the result in the user's browser. Upon accepting a request, preprocessing the received data and fetching necessary information from a database, the PHP script sends them to the algorithm to determine the optimal route.

In Section 2, the details of Dijkstra's algorithm are given. Section 3 describes the application of the algorithm to the problem of optimization of public transport, whereas in Section 4, the proposed Web application will be presented.

2. DIJKSTRA'S ALGORITHM

Dijkstra's algorithm is used for determination the optimal route between two nodes. Dijkstra's algorithm is a greedy algorithm that is mostly used to find a path through a graph. This is the reason why this algorithm is applied to solve the underlying problem. The way of moving through the graph is determined by the price of links. Dijkstra's algorithm opens

the node whose total price from the starting node is currently the lowest.

Let us consider a weighted directed graph G and K_1 and K_2 as the initial and the target nodes, respectively. Let S denote the set of all nodes and L the set of all links (edges) of the graph G . Then each link between two directly connected nodes is determined by this couple of nodes. W denotes the price of the connection between two nodes. Price of the links between the initial and the target node is equal to the sum of the prices between directly connected nodes on this path.

$$W(K_1, K_2) = \sum_i W(n_{i-1}, n_i). \quad (1)$$

Where n and $n-1$ are the neighboring nodes in the route. As already mentioned, Dijkstra's algorithm, as every greedy algorithm, makes local decisions and remembers the minimum distance from the starting node to the current node. If we denote by $D(V)$ the shortest distance from the starting node to the node V , we can write:

$$D(V) = D(K_1) + W(K_1, V). \quad (2)$$

Pseudo code for Dijkstra's shortest path algorithm is:

- a) Establish a list of nodes that initially contains only the start node.
- b) While the list of nodes is not empty check whether the first element of the list is the goal node.
 - i. If the first element is the goal node, return the successfully found solution and stop further search.
 - ii. If the first element is not the goal node, remove it from the list and add its successors from the tree search (if any) at list. Sort the list of nodes in ascending order, by using cost function as criteria. The first node of the list should be the one with the smallest cost function.
- c) If the goal node is found, the search has been successfully completed; otherwise, the search has been unsuccessful.

In this way, we have solved the problem of finding the most optimal path, i.e. we have found the path with the lowest price. Now we have to determine all nodes through which we have moved to reach the optimal path. $p(V)$ denotes a node through which we come to the observed node V . When we look at the table 1, for example column three, $D(V)$ represent price from initial node to node V and $p(V)$ is equal to W , which represent node through which we come to the node V . The same way we determine for node W and others nodes.

Dijkstra's algorithm is commonly used algorithm in computer networks [1]. Figure 1 shows a simple network in which the node U with the help of Dijkstra algorithm has the access to the entire network. Table 1 represents the steps of Dijkstra's algorithm for the network shown in Figure 1. N represents the nodes to which the smallest distance has been found.

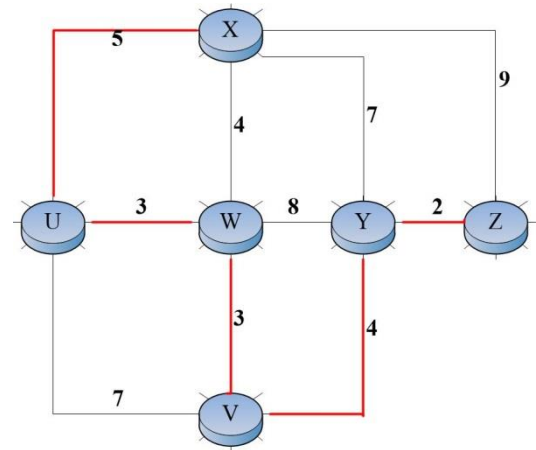


Figure 1: Example of Dijkstra's algorithm on a network of 6 computers.

Steps	N	D(V), p(V)	D(W), p(W)	D(X), p(X)	D(Y), p(Y)	D(Z), p(Z)
0	U	7,U	3,U	5,U	∞	∞
1	UW	6,W		5,U	11,W	∞
2	UWX	6,W			11,W	14,X
3	UWXV				10,V	14,X
4	UWXVY					12,Y
5	UWXVYZ					

Table 1: Steps of Dijkstra's algorithm for the network shown in Figure 1.

3. MODIFICATION OF ALGORITHM

To apply the above mentioned algorithm in order to find the optimal path, it is necessary to determine the function that optimally calculates the price of links between two nodes. In our case, the nodes are bus stations, whereas bus lines and walking lines represent connections between nodes, i.e. the edges of the graph. Connections that represent bus lines are one-directional, they reflect the bus direction, whereas connections that represent walking lines are bi-directional.

Figure 2 represents a part of the public urban network in Podgorica, obtained by applying the above mentioned rules for connecting nodes. All nodes (stations) have information about timetables that provide find the nearest routes.

After obtaining the network, it is necessary to determine the price of the connections. To obtain the price, it is necessary to take into account several criteria. The first criterion is the fastest arrival at the destination, when the most important priority is the earliest arrival time of buses at the starting station. This means that the first bus that arrives at the station is taken into account. In this case, we also have two options:

- a) without stopovers,
- b) with stopovers.

Without stopovers, we get the information from a database that contains the timetables and the arrival time on the desirable station. When we consider the second case, i.e. the

case with stopovers, it is necessary to apply the earliest time of arrival algorithm to find an optimal transfer in order to come to the destination as soon as possible.

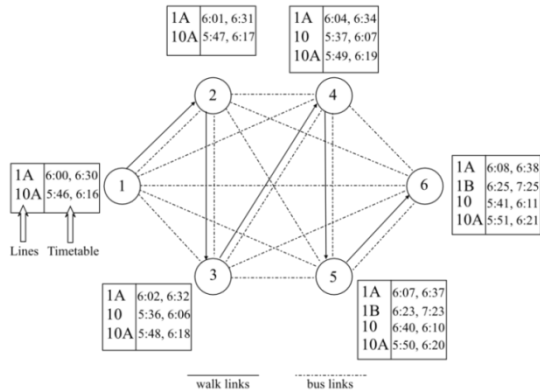


Figure 2. Part of public transport network in Podgorica

In the case when a passenger is forced to walk between the stations, we have to consider the required time that passenger spends in walking from one station to another. If the user needs to make a transfer from station A to station B, i.e. if user has to leave the bus at station A, and enter another bus at station B, it is necessary to take into account the time passenger spends walking from station A to station B. We add the walking time to the time when the user has left the bus at station A and if the total time is less then the time when the bus passes through station B, this line is taken into account. The time of stopovers is calculated in the following way:

$$T = \frac{d}{V}, \quad (3)$$

where d represents the distance between the stations, and V is the speed of walking, in our case 5 km/h.

The second and third criteria, i.e. the criterion of minimum total distance and criterion of minimum walking time are opposite to one another. The algorithm is based on the information about the distance between stations. If the starting and final stations are connected by direct bus line, then the price of route is equal to the sum of the distances between stations (nodes) in that path. In the case when there are stopovers, we must include the criterion of minimum walking time. When we consider these two criteria, the distance between the start and end stations is calculated according to the following equation:

$$\text{cost} = D + kd, \quad (4)$$

where D represents the sum of distances between directly connected nodes, and d represents the total walking distance. From (4) we can conclude that, depending on the choice of the value of factor k , we define which criterion is of higher priority. If we take a large value of k , the algorithm will use the criterion of minimum walking time, whereas with a small value of k , the algorithm gives a solution according to the criterion of the minimum total distance.

4. WEB APPLICATION

The system is developed as a Web application. The algorithm is developed as a PHP script that runs on a remote server. The database for this system is located on the same server. The application provides three services, namely

- a) Destination service,
- b) Start-End service,
- c) Lines service.

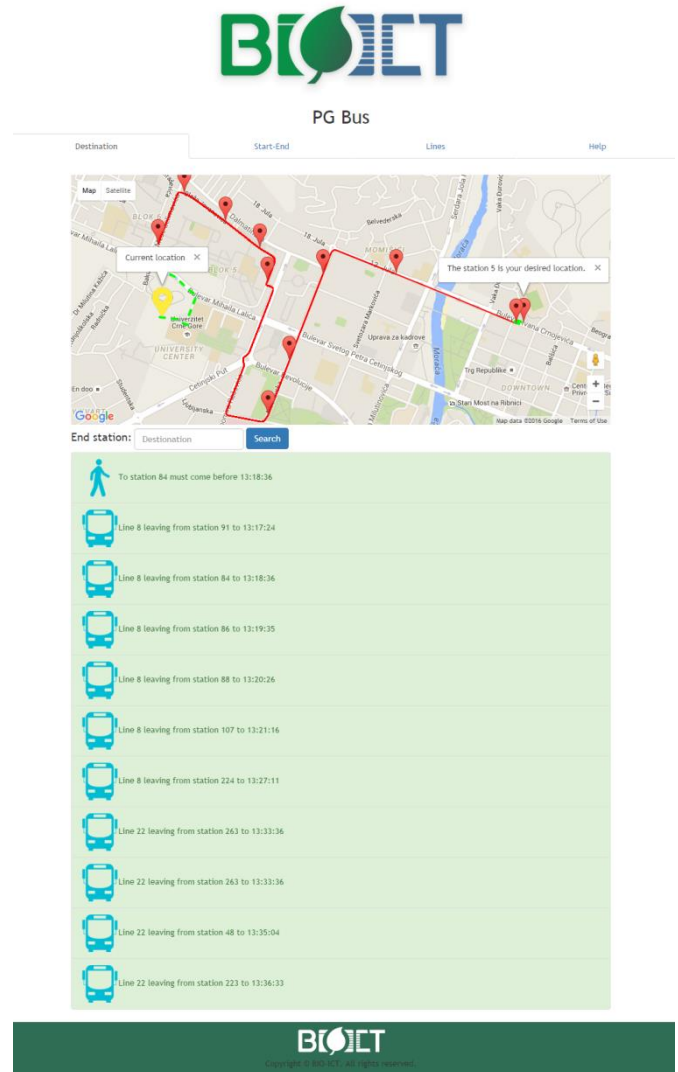


Figure 3. Destination service.

The first service, Destination, is presented in Figure 3. It is the fastest way to find the desirable destination starting from the user's location. The user enters the destination, and the application takes the current location of user and the destination, and sends these data to the server. On the server, a script receives the sent data, and by using a database, which contains the timetables and the arrival time on the desirable station, and the implemented algorithm, it searches for a station nearest to the desired destination in the shortest possible time. After such a station is obtained, as well as the optimal path to that station, the application shows a Google map in the user's browser window with the calculated route shown in red. All the bus stations in the obtained route are depicted by markers. Below the map, the route details are

presented in form of a list with bus and walking directions, to simplify the interpretation of results.

line on google map which drawing out from start to end station.

5. CONCLUSION

This paper presented one solution to the optimization of public transport, with a case study of Podgorica. Dijkstra's algorithm is used for obtaining optimizes. It is implemented on a server side via a PHP script. The proposed system currently offers three standard services covered in applications of this kind.

As a further work on this system, installation of GPS devices on buses is planned, in order to get absolutely accurate information about the position of buses. In the presented system, this information is obtained as approximation of bus timetables that are taken from the database.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by the FP7 Fore-Mont project (Grant Agreement No. 315970 FP7-REGPOT-CT-2013) and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] J. F. Kurose and K.W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach*, Pearson; 6th edition, 2012.
- [2] E. W. Dijkstra, "A note on two problems in connection with graphs," in *Numerische Math*, vol. 1, pp. 269-271, 1959.
- [3] Q. Wu and J. Hartley, "Using K-Shortest Paths Algorithms to Accommodate User Preferences in the Optimization of Public Transport Travel", *Applications of Advanced Technologies in Transportation Engineering* (2004): pp. 181-186
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm
- [5] M. Sniedovich, "Dijkstra's algorithm revisited: the dynamic programming connexion", *Control and Cybernetics* vol. 35 (2006) No. 3
- [6] A. Schöbel, "Optimization In Public Transportation", Georg-August University, Göttingen, Germany, 2006.
- [7] J. Wang, "The Public Transportation Optimum Route Algorithm Based On The Least Transfer", Zhejiang, China, 2006
- [8] K. Gutenschwager, A. Radtke, S. Volker, G. Zeller, "The Shortest Path: Comparison Of Different Approaches And Implementations For The Automatic Routing Of Vehicles", *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*.



Figure 4. Start-End service.

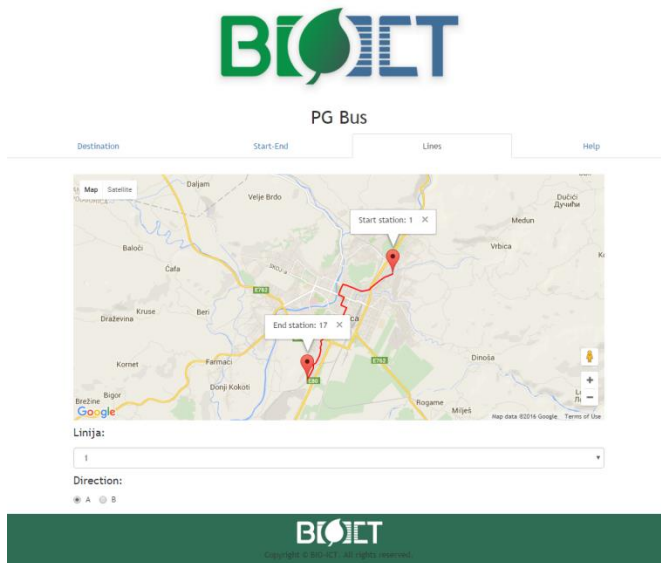


Figure 5. Lines service.

The Start-End service, presented in Figure 4, enables the user to enter the start and the end station, and as a result to receive a route that connects, with or without stopovers, the defined stations. As with the Destination service, after calculating the optimal route, the application shows a Google map with the calculated route shown in red. Below the map, a list with bus and walking directions are given.

The third service, namely Lines, Figure 5, that application offers is presentation of the existing lines on the map. Choosing desired line from dropdown menu and her direction from checkbox buttons we get trajectory for this

PRIMJENA METODE VEKTORA NOSAČA U DETEKCIJI PLAMENJAČE VINOVE LOZE DETECTION OF DOWNY MILDEW IN GRAPEVINE LEAVES USING SUPPORT VECTOR MACHINE

Petar Sekulić, Slobodan Đukanović, Igor Đurović, *Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro*

Sadržaj: U radu je opisana primjena metode vektora nosača u detekciji plamenjače vinove loze. Istreniran je sistem koji prepoznaje plamenjaču na osnovu karakteristika koje se dobijaju digitalnom obradom slike lista vinove loze. Na osnovu velikog broja karakteristika vršene su simulacije da bi se dobila zadovoljavajuća tačnost prilikom detekcije.

Abstract: The paper describes detection of downy mildew in grapevine leaves using support vector machine. A system that recognizes the downy mildew on the basis of characteristics that are obtained by digital image processing of the grapevine leaves is trained. Based on a large number of characteristics, simulations were performed in order to obtain a satisfactory accuracy in detection.

1. INTRODUCTION

Pattern recognition [1], [2], [6] is the branch of machine learning that focuses on identifying data and regularities in them. In some cases, pattern recognition is considered almost as a synonym for machine learning. Pattern recognition systems are in many cases trained by data and this form of learning is a "supervised learning". When there is no data available for training, algorithms are used to detect previously unknown patterns, known as "unsupervised learning".

Pattern recognition has been increasingly used in agriculture [5], [7] with the aim to significantly reduce chemical processing of plants and to timely detect various anomalies in crop plants. Support vector machine (SVM) is one of the best "off-the-shelf" algorithms with supervision in the field of machine learning, which is the reason why it is used for detection of downy mildew of grapevines. Classification is done by using the features obtained by digital image processing of grapevine leaves [4]. Detailed analysis of support vector machine and its application in detection of downy mildew is addressed in the paper.

The paper is organized as follows. A description of the SVM algorithm is given in Section 2. Section 3 describes how to extract features from an image. Simulation results and conclusions are given in Section 4 and 5, respectively.

2. SUPPORT VECTOR MACHINE

Basic version of support vector machine collects a dataset from the input and determines to which of two possible classes each data belongs to, which means it is a non-probabilistic binary linear classifier. For a given set of training samples, all of which belong to one of two possible classes, support vector machine represents patterns as points in space, mapped in that way to make samples of various classes separated with as much as possible bigger gap (margin) between them. Then, new samples are mapped to the same space and depending on the position of samples with

respect to the margin, they are assigned to one or the other class.

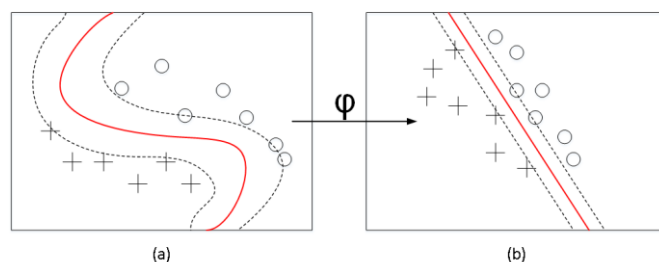


Figure 1: An example of classification by support vector machine a) Linearly inseparable case, b) Linearly separable case (using kernel methods).

Besides linear classification, support vectors can successfully perform a nonlinear classification using kernel methods (Figure 1), implicitly mapping their inputs into multidimensional spaces.

The above-mentioned term, margin, is defined as the minimum distance between training examples and decision boundary. The role of support vector machine is to optimize the margins for the classification of input data, creating a gap as wide as possible between different classes, as shown in Figure 1. Input data, used for the training of support vector machine, are denoted as $(\mathbf{x}^{(i)}, y^{(i)})$, $i \in \{1, 2, \dots, m\}$, where $\mathbf{x}^{(i)}$ are vectors of features, whereas $y^{(i)}$ is a scalar that provides information about the input data class and $y^{(i)} \in \{+1, -1\}$. There are two types of margins, namely

a) functional

$$\hat{\gamma}^{(i)} = y^{(i)} (\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b) \quad (1)$$

b) geometric

$$\gamma^{(i)} = y^{(i)} \left(\frac{\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b}{\|\mathbf{w}\|} \right). \quad (2)$$

The geometric margin is the distance between the decision boundary and the specific training data. Provided that $\|\mathbf{w}\|=1$, the geometric margin equals the functional one.

The support vector machine decision boundary satisfies the equation $\mathbf{w}^T \mathbf{x} + b = 0$, which leads to a conclusion: with an increase of the element $\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b$, the distance of that input data from the decision boundary also increases. If $y^{(i)} = 1$ it follows that $\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b$ must be positive, while for $y^{(i)} = -1$ must be negative. Therefore, the geometric margin must be a real positive number.

The task of support vector machine is to maximize the geometric margins so that the value of functional margins for each training example is greater than or equal to γ , i.e. the goal is to

$$\max_{w,b} \gamma \quad (3)$$

so that

$$y^{(i)} (\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b) \geq \gamma, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$\|\mathbf{w}\| = 1. \quad (5)$$

The condition $\|\mathbf{w}\|=1$ is rather cumbersome to handle and it cannot be resolved by using standard optimization algorithms. To avoid this condition, the previous maximization can be rewritten as:

$$\min_{\gamma,w,b} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 \quad (6)$$

so that

$$y^{(i)} (\mathbf{w}^T \mathbf{x}^{(i)} + b) \geq 1, i = 1, \dots, m. \quad (7)$$

In this paper only sequential minimal optimization (SMO) [3] algorithm is implemented in MATLAB. This algorithm uses the Lagrangian dual problem during the optimization. When the Karush–Kuhn–Tucker (KKT) conditions are fulfilled [1], the primary optimization problem defined by relations (6) and (7) is identical to the dual one:

$$\max_{\alpha} W(\alpha) = \max_{\alpha} \left[\sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m y^{(i)} y^{(j)} \alpha_i \alpha_j \langle \mathbf{x}^{(i)} \mathbf{x}^{(j)} \rangle \right] \quad (8)$$

so that

$$\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, m \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i y^{(i)} = 0. \quad (10)$$

The SMO algorithm offers an efficient way for solving the dual problem. If in every iteration of the algorithm only one Lagrangian multiplier can be varied, while the other ones are fixed, the algorithm would not converge. That is why in every algorithm iteration two Lagrange multipliers change until the algorithm yields the optimal decision boundary.

3. FEATURE EXTRACTION

To make the system more efficient for preventing further expansion of the downy mildew, it is necessary to detect its presence on grapevine leaves as soon as possible. A set of images for training enables the system to recognize downy

mildew in the earliest stage. The system is trained with the help of features which are obtained by digital image processing [4]. In this paper, 200 images were used, of which 160 images of infected leaves (Figure 3) and 40 of healthy leaves (Figure 2). All images have resolution 400×400 and each image represent one leaf without the background. Images without the background cannot be obtained without additional image processing which is not addressed in this paper.

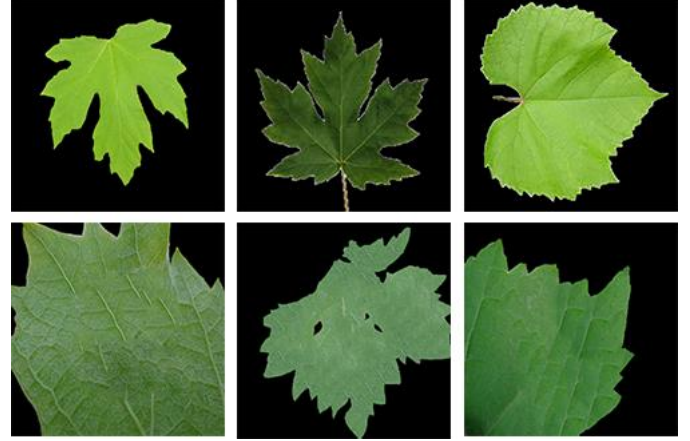


Figure 2: Images of healthy leaves.

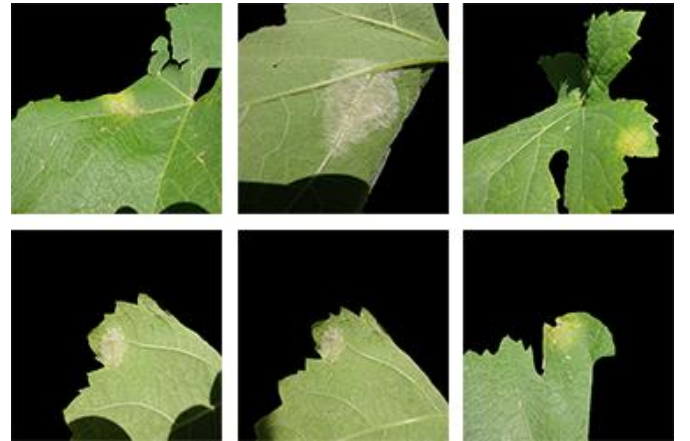


Figure 3: Images of infected leaves.

All leaves images with the black background can be transformed from the RGB (Red, Green, Blue) to the HSI (Hue, Saturation, Intensity) color model (Figure 4). This transformation is performed since the HSI model corresponds to human perception; just the intensity is adopted instead of subjective feeling of lightness which is immeasurable.

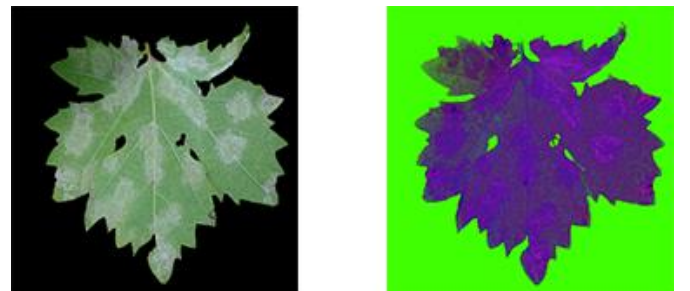


Figure 4: Left: RGB color model of an infected leaf; Right: HSI color model of the same infected leaf.

After calculating each channel of the HSI color model, it is necessary to calculate the co-occurrence matrix for each of them. To describe the texture of the images, the co-occurrence matrices play very important role. They are usually rather sparse (have a small number of non-zero values) and various statistical parameters of these matrices are often used as features in many algorithms for pattern recognition. A co-occurrence matrix represents the probability that the certain pixel's intensity is located at a certain distance and in a certain direction compared to all other intensities. It is obvious that it is a square matrix with the same number of rows and columns equal to the number of different pixel intensities in the image. The elements of this matrix can be denoted as $P(i,j,d,\mu)$, where P represents the number of pixels with an intensity j , and they are at a distance d from the observed intensity pixel, whereas μ represents the angle of the direction that is under consideration. Figure 5 shows possible directions for counting the co-occurrence matrix in relation to the dark pixel at a distance 1.

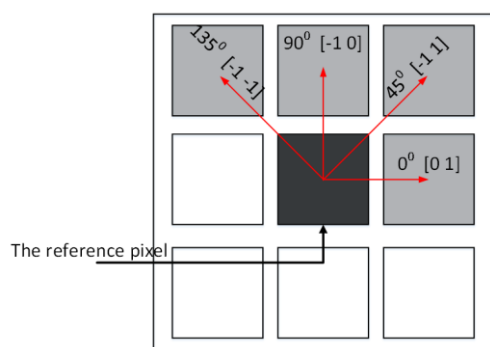


Figure 5: Display of the directions that are under consideration during the calculation of the co-occurrences matrix.

A simple example is shown in Figure 6. An image, for which the co-occurrence matrix is calculated, is given on the left, whereas the co-occurrence matrix, calculated for $d = 1$ and $\mu = 0^\circ$, is shown on the right. All pixels in the image have four possible values, which means that the co-occurrence matrix will have dimensions 4×4 .

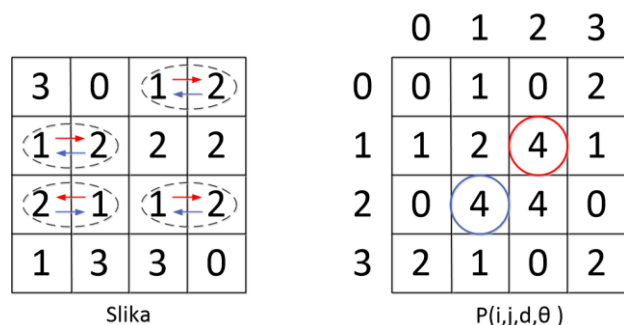


Figure 6: Example of calculating the co-occurrence matrix.

Element at position (1,2) in the co-occurrence matrix is calculated as the number of pixels which have intensity 2 that are located on the left or on the right ($\mu = 0^\circ$ and $d = 1$) in relation to some of the pixels have intensity 1. There are four same elements (shown in dashed ellipses in the Figure 6) and

the value of co-occurrence matrix at position $P(1,2,1,0^\circ)$. Each element of co-occurrence matrix is calculated in the same way.

In this paper, the HSI channels are represented with 6 bits (64 possible values), so it is clear that the co-occurrence matrix, for every channel, will have the dimensions of 64×64 . In the experiments, the co-occurrence matrix is also calculated for $d = 1$ and $\theta = [0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ]$.

After calculating the co-occurrence matrix for every channel, it remains to calculate the features. Table 1 shows how to calculate the features by using the co-occurrence matrix for the H channel.

Table 1: Feature calculation for channel H.

Feature	Description	Equation
H_{11}	Energy	$H_{11} = \sum_{i,j} P(i,j)^2$
H_{12}	Contrast	$H_{12} = \sum_{i,j} i-j ^2 P(i,j)$
H_{13}	Corelation	$H_{13} = \sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma_i\sigma_j}$
H_{14}	Homogeneity	$H_{14} = \sum_{i,j} \frac{P(i,j)}{1+ i-j }$

The identical procedure is performed for each channel. In this way, 48 features are obtained (4 co-occurrence matrices for each channel, and 4 features for each matrix). All features together make a feature vector that describes one leaf. The co-occurrence matrix of the H channel with the angle $\mu = 0^\circ$ is denoted as H_1 , whereas for angles $45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ the corresponding matrices are denoted as H_2, H_3 and H_4 . Analogue notations are used for channels S and I.

After describing each leaf with its feature vector, it is necessary to train support vector machine to recognize whether the grapevine is infected by downy mildew or not. The important issue in this stage is the separation of leaves infected by downy mildew from the healthy ones, and for such clasification type, the most convenient tool is binary classifier, as original form of support vector machine. The SMO algorithm is used for the implementation of SVM [3] which is implemented in MATLAB.

4. RESULTS

In order to test the system, several different experiments were carried out. Each sample was represented with 48 features, that together make a feature vector of the considered sample. Training data, besides the feature vector is consisted of information which class they belong to (-1 for infected leaves, +1 for health leaves). Based on these information, SVM constructs the decision boundary. Once decision boundary is determined, the system is capable to come to a solution whether new leaf is infected or not. From Table 2 it

is clear that the system performance depends on the choice of features. The system has the lowest performance when only the S channel is chosen for its feature matrix. This, in turn, leads to a conclusion that this channel carries minimum information about the infection with the downy mildew. The best features can be obtained by combining H and I channels, when we get the accuracy of 83% for healthy leaves and 71% for the infected ones. By using greater number of features during the training of the system, better performance is achieved (system with greater accuracy determines whether the leaf is infected). There are features that do not contribute to the improvement of the system, but deteriorate its performance. Such features should be experimentally determined and removed during the training of the system.

Table 2: Clasiffication results for various combinations of features.

Features	Accuracy	
	Healthy	Downy mildew
$H_{[1-4][1-4]}$	61%	68%
$S_{[1-4][1-4]}$	74%	54%
$I_{[1-4][1-4]}$	83%	61%
$H_{14}H_{24}H_{32}H_{33}H_{34}H_{43}$	69%	70%
$H_{13}H_{14}H_{32}H_{34}H_{42}H_{44}$	82%	62%
$H_{[1-3][1-4]}H_{4[1-3]}, I_{[1-3][1-4]}, I_{4[2-4]}$	83%	71%

5. CONCLUSIONS

In this paper, a system for detection of downy mildew of grapevine is trained with the help of features obtained by digital image processing and support vector machine. The HSI color model has been used and it has been shown that the S channel carries minimum information about the infection with the downy mildew. On the other hand, the best features and therefore the best performance of the system can be obtained by combining H and I channels. Future research will address finding new features which will enable better

differentiation between the infected and healthy leaves and extending the system to enable detection of other grapevine diseases.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] Theodoridis Sergios, Koutroumbas Konstantinos, "Pattern Recognition" University of Athens, Greece, 2003.
- [2] Vladimir Crnojević, "Prepoznavanje oblika za inženjere", FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2014.
- [3] John Carlton Platt, "Fast Training of Support Vector Machines using Sequential Minimal Optimization", MIT Press, 1998.
- [4] Igor Đurović, "Digitalna obrada slike", Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet Podgorica, Podgorica, 2005.
- [5] Yuan Tian, Chunjiang Zhao, Shenglian Lu, Xinyu Guo, "SVM-based Multiple Classifier System for Recognition of Wheat Leaf Diseases", Conference on Dependable Computing, Yichang, China, 2010.
- [6] Richard Duda, Peter Hart, David Stork, "Pattern Classification", Wiley Interscience, 2000.
- [7] Jie TIAN, Qiuxia HU, Xiaoyi MA, Mingyu HAN, "An Improved KPCA/GA-SVM Classification Model for Plant Leaf Disease Recognition", Journal of Computational Information Systems, 2012.

ANALIZA FUZZY K-MEANS KLASTERIZACIJE KORISTEĆI PEDOLOŠKU BAZU PODATAKA CRNE GORE

ANALYSIS OF FUZZY K-MEANS CLUSTERING METHOD USING DATABASE OF SOIL SAMPLES SAMPLED IN MONTENEGRO

Elma Hot, Vesna Popović-Bugarin, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: *Data mining je skup tehnika koji imaju za cilj otkrivanje korisnih informacija iz velikih baza podataka. Klasterizacija je tehnika data mininga koja ima za cilj dijeljenje grupe podataka u podskupove, koji se nazivaju klasteri, na osnovu zadatih osobina. K-means i fuzzy K-means tehnike klasterizacije su primijenjene na pedološku bazu podataka. Za podatke gdje se ne može povući jasna granica između klastera, fuzzy K-means metod je idealan. Analizirani su rezultati obje tehnike. Zaključak je da fuzzy K-means daje bolje rezultate u slučaju neprecizno odabranog broja klastera da se rezultati istog mogu dodatno podesiti parametrom fuzzifier. Data je procedura podešavanja ovog parametra za konkretnu bazu podataka.*

Abstract: *Data mining is a set of techniques that aims to discover implicit useful information from big data. Clustering is a data mining technique that aims to share data sets into subsets, called clusters, on the basis of specified characteristics. K-means and fuzzy K-means clustering techniques have been applied to a soil database. Fuzzy method is ideal for data that do not have a clear border between clusters. Results of both techniques were analyzed. The conclusion is that fuzzy K-means gives better results in case of imprecisely selected number of clusters and that the results can further adjust using the parameters fuzzifier. The procedure of adjustment of this parameter for a specific database is given.*

1. UVOD

Data mining je skup tehnika koje se koriste za izvlačenje implicitnog korisnog znanja iz velike skupine podataka. Klasterizacija je jedna od oblasti data mininga, koja ima za cilj grupisanje podataka sa sličnim karakteristikama u klasterne. Najčešće korišćeni algoritmi klasterizacije su K-means, i njegova modifikacija fuzzy K-means algoritam.

K-means (KM) klasterizacija vrši grupisanje podataka tako da se u jednom klasteru nalaze podaci koji su međusobno najbliži. Osobine kojima se utvrđuje sličnost podataka se koriste za definisanje središnje tačke klastera, koja se naziva centroidom, pa se često kaže da se klasterizacija vrši na osnovu "udaljenosti" podataka od centroida. Nove centroide za sve klastera narednu iteraciju se računaju na osnovu vrijednosti analiziranih parametara članova odgovarajućeg klastera u tekućoj iteraciji [1]. Postupak pregrupisanja podataka se vrši sve dok se ne postigne konvergencija (ne mijenjaju se centroide klastera). Nedostaci ove metode klasterizacije neprecizna podjela podataka kada se klasteri preklapaju i pojava oscilacija centroida u slučaju kada je jedan ili više uzoraka jednako udaljen od dvije centroide.

Fuzzy K-means (FKM) klasterizacija je modifikacija standardne KM metode. Podjelu, takođe, vrši na osnovu udaljenosti podataka od centroida. Međutim, klasteri nijesu međusobno isključivi; uzorci ne pripadaju samo jednom klasteru [1], već svim klasterima sa određenim stepenom pripadnosti.

Baza podataka koja je korišćena za klasterizaciju je nastala kao rezultat uzorkovanja zemljišta u Crnoj Gori u

periodu od 1958. do 1988. godine. 7000 hiljada uzoraka je korišćeno. Svaki uzorak je opisan sa šest parametara (numeričke hemijske karakteristike), $d=6$. U ovom radu je izvršena klasterizacija tipova zemljišta KM i FKM metodama i analizirani rezultati oba metoda, te data procedura određivanja potrebnih parametara na konkretnom primjeru.

2. FUZZY K-MEANS KLASTERIZACIJA

FKM klasterizacija predstavlja modifikaciju standardne KM klasterizacije. Ima široku primjenu u velikom broju oblasti: hemiji, geologiji, obradi slike, medicinskim dijagnozama...

Generalno, fuzzy metode tačnost neke tvrdnje mjere u procentima i time dopuštaju određeni stepen nepreciznosti. Kod FKM metode, nije tačno definisana pripadnost podatka nekom klasteru, pripadnost je izražena u procentima. Uvođenjem navedenog stepena pripadnosti, omogućena je bolja klasterizacija podataka, koji se ne mogu jasno i definitivno podijeliti u zasebne grupe. Primjenom ove metode se otklanjanju neki od navedenih nedostataka KM metoda, kao što je neprecizna klasterizacija podataka kada se klasteri preklapaju i pojava oscilacije centroida.

Osnovna prednost FKM u odnosu na KM proizilazi iz činjenice da u FKM klasterizaciji na unapređivanje centroida klastera utiču svi uzorci, sa različitim stepenom, u zavisnosti od stepena pripadnosti konkretnom klasteru. S tim u vezi, uvodi se parametar *fuzzifier*, kojim se određuje u kojoj su mjeri klasteri "mutni". Precizno određivanje parametra *fuzzifier*-a predstavlja vrlo bitan zadatak za ostvarivanje tačne FKM klasterizacije. Drugi zadatak, kada je u pitanju praktična realizacije, se povlači iz KM algoritma, a to je

precizno utvrđivanje broja klastera. Precizno određivanje oba parametara podrazumijeva prilagođavanje istih konkretnoj bazi podataka koja se obrađuje. Dakle, u početku se za dobru klasterizaciju očekuje poznavanje baze podataka koji se obrađuju. Pogrešnim odabirom navedenih parametara može doći do zanemarivanja važnih podataka i pogrešne klasterizacije. U ovom radu ćemo predložiti i ilustrovati proceduru za određivanje navedenih parametara na primjeru baze podataka sa karakteristikama zemljišta.

Ulazni podaci za ovaj algoritam su: broj klastera i baza podataka nad kojima se vrši klasterizacija. Inicijalne centroide klastera, osobine podataka oko kojih se vrši grupisanje, se biraju slučajno. Za razliku od KM klasterizacije, kod koje jednom klasteru pripadaju samo međusobno najbliži podaci, u FKM klasterizaciji svi uzorci postaju članovi svih klastera, ali sa različitim stepenom pripadnosti. Stepenn pripadnosti zavisi od osobina na osnovu kojih se vrši grupisanje podataka i obrnuto je proporcionalan „udaljenosti“ samog uzorka od centroide koja definiše klaster. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$w_{ij}^m = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{|x_i - c_j|}{|x_i - c_k|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, m \in R, m > 1 \quad (1.1)$$

gdje je w_{ij} stepenn pripadnosti podatka x_i klasteru c_j , $0 < w_{ij} < 1$. $m \in R$ je *fuzzifier*, definiše nivo „mutnoće“ klastera. Uvijek mora da bude ispunjen uslov $m > 1$. Ako želimo da klasteri budu mutniji i stepeni pripadnosti manji m se bira tako ima veću vrijednost. Važi i obrnuto. Novi klasteri, odnosno nove centroide, koji definišu nove klastere, se na početku svake iteracije računaju prema sljedećoj formuli:

$$c_k = \frac{\sum_x w_k(x)^m x}{\sum_x w_k(x)^m} \quad (1.2)$$

Dakle, druga važna razlika u odnosu na KM je upravo način na koji se računaju nove centroide. Na računanje novih centroida utiču svi uzorci, uticaj nekog uzorka na nove centroide je srazmjeran njegovom stepenu pripadnosti klasteru koji će određivati ta centroide. Postupak se ponavlja dok se ne postigne konvergencija ili do već definisanog maksimalnog broja iteracija. Konvergencij se postiže kada je ispunjen uslov:

$$|c_k^t - c_k^{t+1}| < \delta |c_k^t| \quad (1.3)$$

gdje je t broj iteracije, δ je prag osjetljivosti. U analiziranim eksperimentima, ovaj prag je 0.01.

Jedan od nedostaka algoritma KM klasterizacije je mogućnost oscilacija uzoraka između klastera. Do oscilacije može doći kada je uzorak jednako udaljen od dvije ili više centroide. Oscilacija zapravo znači da će takav uzorak u više uzastopnih iteracija naizmjenično pripadati jednom od dva klastera od čijih centroida je jednako udaljen. FKM algoritam u ovom slučaju ne ulazi u oscilaciju, već dolazi do zaključka da je pomenuti uzorak jednako član oba ili više klastera (stepenn pripadnosti je jednak za više klastera) [2].

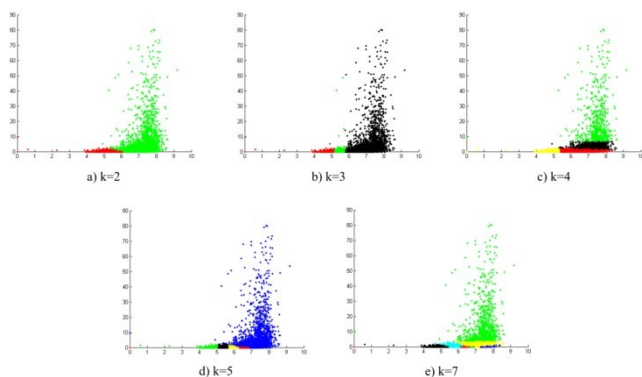
3. ANALIZA REZULTATA

Baza podataka koja je korišćena za klasterizaciju je detaljno ispitana i pripremljena za obradu. Ispitano je koliko podataka nedostaje, računate su srednje vrijednosti parametara koji su korišćeni za klasterizaciju. Greške prilikom unosa su pronalazene ispitujući ima li velikih odstupanja vrijednosti parametara od njihove srednje vrijednosti. Početna baza podataka je nastala prenosom podataka koji su godinama sakupljeni i bili dostupni samo na papiru. Ova baza je imala 192 kolone i 16151 unosa. Za osnovnu klasterizaciju, odnosno definisanje centroida, korišćeno je šest parametara. Prve provjere algoritama su rađene na adaptiranoj bazi podataka od 5466 uzoraka [3]. Na osnovu znanja o tipovima zemljišta u Crnoj Gori, kao rezultat osnove klasterizacije ovih podataka očekujemo četiri klastera. Poznato je da 10% uzoraka nema potpune podatke. Dakle, značajan broj uzoraka nema jedan ili više, od šest parametara koji ih opisuju. Nedostajući podaci su predstavljeni nulama [4].

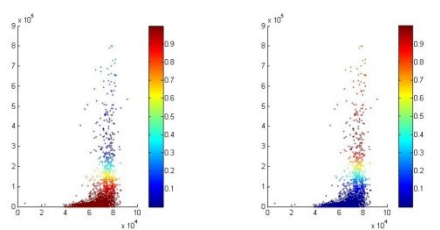
3.1 ODREĐIVANJE BROJA KLASTERA

Rezultati KM klasterizacije izvršene na osnovu dva parametara za različit broj klastera su prikazani na slici 1. Odabrana su samo dva parametra da bi se ilustrovala navedena klasterizacija. Među podacima koji su prosljeđeni za obradu ima mnogo podataka koji nemaju jedan od parametra, stoga je na graficima uočljiva povećana koncentracija na x-osi. Kako podaci nijesu dovoljno pripremljeni za klasterizaciju i kako broj klastera nije uvijek pravilno odabran, vidimo da klasterizacija nije uvijek uspješna. U prva dva primjera, na slici 1a sa dva i na slici 1b sa tri klastera, kada je uzeti broj klastera manji od tačnog, vidi se da preovladava jedan klaster, iako vrši grupisanje podataka koji se nalaze na velikoj međusobnoj udaljenosti.

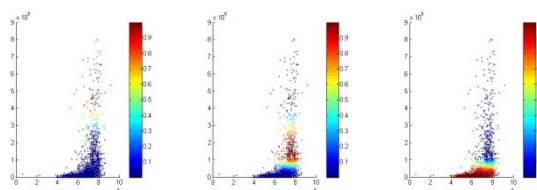
U primjerima sa pet (slika 1d) i sedam klastera (slika 1e), takođe se dešava isti problem da je jedan klaster značajno veći od ostalih, kao i preklapanje manjih klastera. Zaključak je da klasterizacija nije uspješna. Na slici 1c gdje je prikazano četiri klastera za razliku od ostalih primjera na slici 1 ne dominira jedna klaster i nema preklapanja klastera, ova klasterizacija je uspješna. Grafički prikaz rezultata FKM klasterizacije pri istim uslovima istih podataka kao u primjeru iznad predstavljaju slike 2-6. Svaki grafik na slikama predstavlja jedan klaster, boja je u funkciji od stepena pripadnosti uzorka tom klasteru. Boja se mijenja od tamno plave koja označava stepenn pripadnosti 0 do tamno crvene gdje je stepenn pripadnosti 1. Ne dolazi do preklapanja klastera čak ni u slučaju sa pet (slika 5) i sedam klastera (slika 6). Dakle, broj klastera definišemo na osnovu znanja o podacima nad kojim vršimo klasterizaciju. Zaključak je da FKM mnogo bolje izvršio klasterizaciju u ovom slučaju. U situacijama kada podaci nad kojima se vrši klasterizacija nijesu poznati analizirajući rezultate za različit broj klastera dolazi se do tačnog broja klastera. Uspješnom klasterizacijom sa tačno odabranim brojem klastera smatramo onu čiji su klasteri jasno definisani, lako uočljivi i ne dolazi do preklapanja klastera.



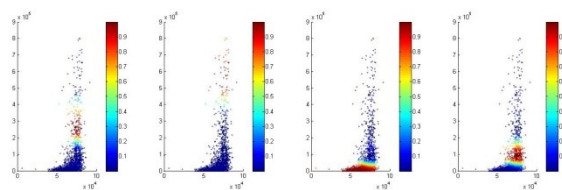
Slika 1 – Klasteri nastali KM klasterizacijom, različite klaster predstavljaju različite boje



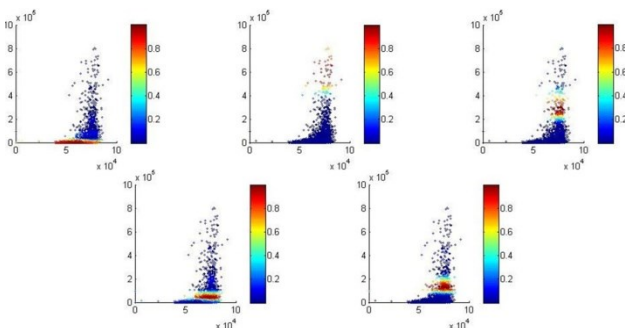
Slika 2 – Dva FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti



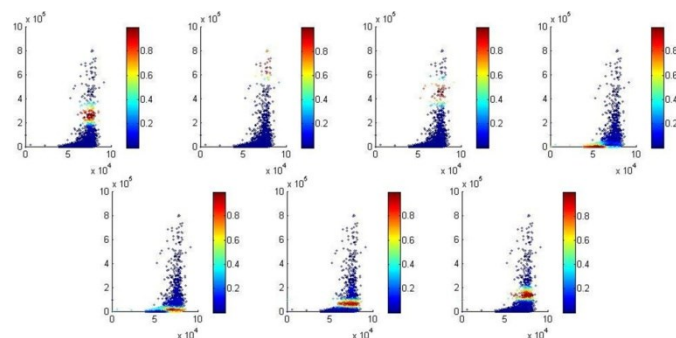
Slika 3 – Tri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti



Slika 4 – Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti



Slika 5 – Pet FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti



Slika 6 – Sedam FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti

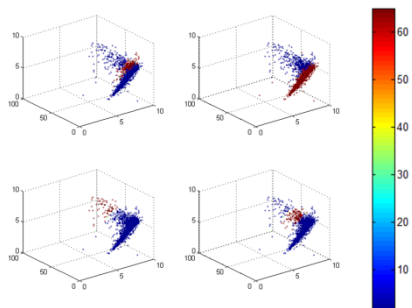
3.2 FUZZIFIER m

Osnovna razlika između KM i FKM klasterizacije je to što klasteri FKM klasterizacije nijesu međusobno isključivi. Kao što i samo ime FKM klasterizacije kaže *fuzzy* ili nejasan, tj. klasteri su “nejasni”, “mutni”. Za neke podatke gdje se ne može povući jasna granica između klastera, FKM metod je idealan. Upravo zbog ovih osobina se naziva *soft clustering* ili meka klasterizacija. U jednačinama (1.1) i (1.2) se pojavljuje parametar m , fuzzifier. Prije klasterizacije potrebno je definisati vrijednost ovog parametra. Fuzzifier m omogućava da se podesi u kojoj će mjeri klasteri biti “nejasni”, “mutni”.

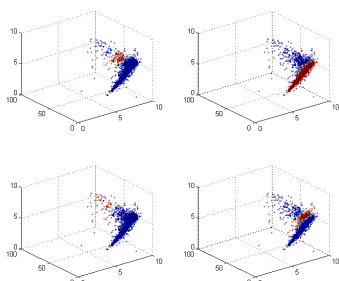
Utvrđivanje vrijednosti fuzzifier-a za konkretnu bazu podataka je od suštinskog značaja za potpuno iskorišćavanje prednosti koja se dobija uvođenjem pripadnosti svih podataka svim klasterima. U ovoj sekciji su ilustrovani rezultati FKM klasterizacije za različite vrijednosti pomenutog parametra i date smjernice za njegovo određivanje. Rezultati za različite vrijednosti fuzzifier-a su grafički predstavljeni na slikama 7-11. Slika 7 prikazuje primjer gdje je $m=1.1$ i klasteri su jasno definisani. Preovladava tamno crvena boja, dakle stepeni pripadnosti su bliski vrijednosti jedan, odnosno 100%. Može se reći da su rezultati u ovom slučaju slični rezultatima KM klasterizacije. Slični rezultati su i u slučaju $m=1.5$ (slika 8), gdje su klasteri jasno definisani, međutim boja nije toliko intenzivno crvena kao u prvom primjeru; stepeni pripadnosti su nešto manji od jedan. Slučaj kada je fuzzifier dva je prikazan na slici 9. U ovom slučaju su prisutne sve boje u jednom klasteru, dakle klasteri su srednje “mutni”. Za $m=3$ rezultati klasterizacije su dati na slici 10. “Mutnoća” klastera je izraženija nego u prethodnim slučajevima, ali i dalje su klasteri definisani. Zaključak na osnovu jačine boje je da je stepen pripadnosti samo u neposrednoj blizini centroida vrijednosti blizu jedan. U slučajevima kada m ima veću vrijednost povećava se broj uzoraka koji ne pripadaju ni jednom klasteru u znajnoj mjeri, važi i obrnuto. Kada m teži beskonačnosti svi stepeni pripadnosti postaju jednaki. Dakle, svaki uzorak jednako pripada svim klasterima. Smisao klasterizacije se u tom slučaju se gubi. Primjeri gdje je $m=5$ i $m=10$ su prikazani na slici 11. Zaključak je da u ovim primjerima i nema rezultata klasterizacije, klasteri nijesu ni definisani, nezavisno od broja klastera. Upoređujući rezultate svih primjera, dolazi se do zaključka da je optimalna vrijednost za fuzzifier dva. U ovom slučaju FKM klasterizacija ne gubi smisao, postoji “mutnoća” klastera, ali su klasteri i dalje sačuvani i uočljivi. Uzorci koji su na većoj

udaljenosti od centroida, nego od nekih uzoraka iz susjednog klastera bivaju raspoređeni u oba klastera.

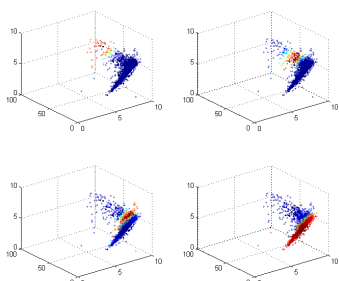
Zaključci koji su doneseni na bazi rezultata klasterizacije na osnovu dva ili tri parametra važe i za klasterizaciju na osnovu svih šest parametara. Ovaj broj klastera je korišćen zbog bolje ilustracije pripadnosti.



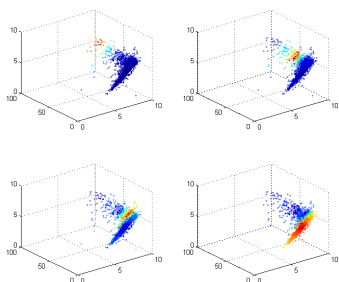
Slika 7 - Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti, $m=1.1$



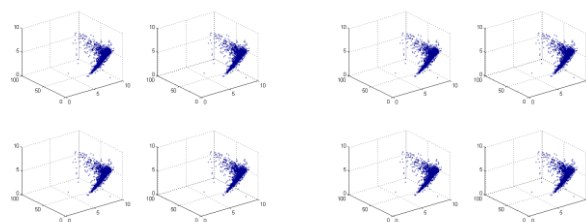
Slika 8 - Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti, $m=1.5$



Slika 9 - Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti, $m=2$



Slika 10 - Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti, $m=3$



(a) (b)

Slika 11 - Četiri FKM klastera, svaki grafik predstavlja jedan klaster, boja je u zavisnosti od stepena pripadnosti (a) $m=5$ (b) $m=10$

4. ZAKLJUČAK

KM i FKM algoritmi za klasterizaciju su implementirani u Javi i primijenjeni na bazu podataka o fizičko hemijskim karakteristikama zemljišta. Korišćena baza podataka je nastala prije skoro 30 godina u Crnoj Gori. Analizirana su rezultati oba algoritma za različiti broj klastera, kao i rezultati FKM klasterizacije u zavisnosti od parametra fuzzifier m . Zaključak je da je FKM klasterizacija značajno bolja kada baza podataka nije adekvatno pripremljena i kada broj klastera nije dobro odabran u odnosu na KM klasterizaciju. Vrijednost fuzzifier-a je pogodno odabrati u odnosu na bazu podataka koja se koristi i spram rezultata koji se očekuju. U situaciji kada nijesu dovoljno poznati podaci koji se obrađuju i kada su potrebni srednje “mutni” klasteri m dobija vrijednost dva.

ZAHVALNICA

Ovaj rad su podržali Ministarstvo Nauke Crne Gore i INVO projekat kroz BIO-ICT Centar Izvrsnosti (Ugovor Br. 01-1001).

LITERATURA

- [1] S. Ghosh, S. K. Dubey, “Comparative Analysis of K-Means and Fuzzy C-Means Algorithms”, ((IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 4, no.4, 2013.
- [2] J. Balković, Z. Rampasekova, V. Hutar, J. Sobocka and R. Skalsky, “Digital Soil Mapping from Conventional Field Soil Observations”, Soil & Water Res., 8, 2013 (1): 13–25
- [3] E. Hot, V. Popović-Bugarin, “Soil data clustering by using K-means and fuzzy K-means algorithm,” 23. telekomunikacioni forum TELFOR 2015, Novembar 2015. godine
- [4] W. Keong Ng, M. Kitsuregawa, L. Jianzhong “Advances in Knowledge Discovery and Data Mining”, 10th Pacific-Asia Conference, PAKDD 2006, Singapore, April 9-12, 2006.
- [5] R. Suganya, R. Shanthi, “Fuzzy C- Means Algorithm- A Review”, International Journal of Scientific and Research Publications, vol. 2, Issue 11, November 2012 1 ISSN 2250-3153
- [6] S. Har-Peled, B. Sadri, “How Fast is the k-means Method?*”, January 2, 2010

MONITORING OF SEA WATER PARAMETERS – “SMART BUOY” SYSTEM DEVELOPMENT

MONITORING PARAMETARA MORSKE VODE – RAZVOJ SISTEMA "PAMETNA BOVA"

Nikola Bulatović, Trifun Savić, Nikola Žarić, *Faculty of Electrical Engineering, University of Montenegro*
Ana Pešić, Aleksandar Joksimović, Marko Nikolić, *Institute of marine biology, University of Montenegro*

Sadržaj: *Zdravija životna sredina, kvalitet i bezbjednost hrane, kao i zdravlje ljudi uopšte, su standardi kojima svako moderno društvo teži. Da bi se to postiglo, veoma je važan stalan ekološki monitoring. U ovom radu razmotran je ekološki monitoring morske vode. Predloženo je uvođenje modernih ICT tehnologija u razvijanju sistema pametne bove, integrisanim sa cloud platformom. Predloženi sistem omogućava stalno praćenje temperature, saliniteta, pH i nivoa kiseonika u morskoj vodi.*

Abstract: *Healthier environment, food quality and safety, and health of people in general are goals that each modern society tends to achieve. In order to achieve that, constant ecological monitoring is very important. In this paper we will consider ecological monitoring of sea water. Modern ICT technologies have been employed for that purpose and a smart buoy system, integrated with cloud platform, has been developed. The proposed system enables permanent monitoring of temperature, salinity, pH and oxygen level of sea water.*

1. INTRODUCTION

Every modern society tends to improve its ecological conscience and to provide as much as possible healthier environment in order to increase food quality and safety, and health of people, in general. Therefore, a significant attention of researchers and community have been recently devoted to the analysis and permanent monitoring of physical and chemical parameters, related to agriculture and mariculture production. However, it was very difficult to perform permanent monitoring in the past, especially of sea water parameters, mainly due to lack of the appropriate equipment and very high cost. Nowadays, monitoring of temperature, salinity, pH and oxygen level of sea water in the mussels and on fish farms, beaches and open fishing sea in Montenegro are performed every 15 days [1]-[3]. In order to get better insight in the sanitary quality of water and quality and safety of sea food production it should be performed more frequently. New ICT platforms that include sensor nodes, cloud based data storage and processing and web applications can be the solution [4]-[6]. Such a platform is established within BIO-ICT Centre of Excellence in Montenegro. It is a multipurpose platform that enables integration of diverse sensor nodes for measuring numerous environmental physical and chemical parameters. The measured data are stored in the cloud containing databases for further analysis, processing and visualizing tools and applications. The goal is to connect the sensor nodes through internet connection in the global network which includes processing of unprecedented amount of data on a daily basis that makes the concept of Internet of Things really possible.

Smart Buoy system, presented in this paper, is the representative example how the new ICT solutions, using the technological concepts of Internet of Things, can improve ecological monitoring of sea water parameters. The aim of the system is to enable automated and online ecological

monitoring of sea water parameters avoiding direct human involvement in water sampling and later manual processing of measured parameters. The solution that we propose is based on modularity, integration of different sensors, low production cost and low energy consumption. It consists of three important structural parts: microcontroller, sensors and cloud web application. Microcontroller unit is the central part of the system and it is used to process the data measured by the waterproof sensors. After the data are collected, they are transmitted using GPRS connection to the BIO-ICT cloud and stored in the database. Specialized IoT cloud platform was employed to analyze and visualize the stored data so it can be used for further processing and in decision making systems.

2. SEA ECOSYSTEM MONITORING

Physical and chemical parameters of sea water represents base for both hydrographical and biological investigation of marine environment. Parameters such as temperature and salinity influence horizontal and vertical distribution of water masses, density of water, distribution of dissolved particles, etc. while together with pH and oxygen influences and determines distribution and biology of all living beings in the seas and oceans.

Institute of marine biology, Kotor (University of Montenegro), UoM-IBMK, conducts monitoring of marine environment and biota (living organisms) since its foundation in 1961. Data on temperature, salinity, pH and oxygen are collected, in every monitoring, as most important parameters for all other marine investigations.

In the past decade UoM-IBMK conducts continuous monitoring of public beaches in Montenegro (more than 100 beaches [1]-[3]) in order to establish sanitary quality of water and to prevent negative impacts on human health, as it is

prescribed in a Law on water (Official Gazette of Montenegro 27/07) and a Law on environmental protection (Official Gazette of Montenegro 48/08, 40/10, 40/11). According to monitoring scheme samples from all beaches are taken every 15 days, temperature, salinity and pH are determined at the sampling site, while oxygen determination is performed at the IBMK premises. According to Law on marine fisheries and mariculture (Official Gazette of Montenegro 56/09, 47/15), UoM-IBMK is conducted water quality monitoring and biomonitoring in fishing sea of Montenegro, where is investigated is the sanitary status of water for mariculture in the limits prescribed by national and European legislative and standards for food produced in sea. Aim of this monitoring is health control of mussels and fish that are used for human consumption. Data on temperature, salinity, pH and oxygen are collected from mussels and fish farms in the area of Bokakotorska Bay, 18 of them in total.

In 2008. European Commission established Marine Strategy Framework Directive [7] which aims to achieve Good Environmental Status (GES) of the EU's marine waters by 2020 and to protect the resource base upon which marine-related economic and social activities depend. Montenegro, as a country who started negotiation process for EU accession, established national strategy for monitoring of marine ecosystem, which is in accordance with EU Marine Strategy Framework Directive [8]. Through National strategy monitoring is defined as collection of abiotic and biotic parameters of marine ecosystem, with defined spatial and temporal schedule, in order to create a database with all relevant parameters necessary for assessment of ecological state of marine environment. Temperature, salinity, pH and oxygen are collected from all stations established by this monitoring.

Additionally, in the frame of many projects, data on mentioned parameters, are collected with different frequencies at different locations along Montenegrin coastline (BIO-ICT Centre of Excellence 2014-2017, FAO AdriaMed - Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea, 2002-ongoing, IPA Balmas 2013-2016 - Ballast Water Management System For Adriatic Sea Protection Is: 1° Str/0005, etc).

Considering number of sampling sites and frequency of sampling, at the end there is a high amount of samples to be processed. This activity is not just expensive, considering chemicals necessary for oxygen determination, purchase and maintenance of portable probes for temperature, salinity and pH, and travel expenses for reaching sampling sites, but also very time consuming for traveling to sampling sites and for laboratory work for determination of oxygen concentration.

Those reasons led to idea of optimizing collection of data on temperature, salinity, pH and oxygen through introduction of ICT technology into the conducted monitoring's. Through BIO-ICT platform system for automatic collection of those parameters were designed and presented in this paper.

3. ICT AND ECOLOGICAL MONITORING

In this section we will first discuss some existing solutions for ecological monitoring. In the next part, we will shortly describe BIO-ICT platform, which our proposed system relays on. At the end we will describe our smart buoy proposal.

3.1 RELATED WORKS

There are numerous solutions for water quality and real-time monitoring. Usually, these are smart buoys that collect information from various sensors and transfer them to remote databases for research. These commercial solutions often use satellite or GSM/GPRS communication for data transfer. Also, some smart buoys are using Global Positioning System (GPS) in order to move to the desired coordinate [9]. Buoy platforms are usually used for measuring marine parameters such as temperature and illuminance, as very indicative parameters of red tide phenomenon [10], for oil spill early detection in order to avoid water pollution [11], or for wave height measurement based on accelerometer data [12]. They are also used for coastal marine monitoring as a resource for tourism sector [13]. In order to process huge amount of measured data, new buoy communication algorithms are constantly emerging [14]. Within the framework of our BIO-ICT Centre of Excellence, there is a need for collecting different kinds of environmental data and monitoring of the sea ecosystems. In the initial phase we purchased Libelium plug & sense platforms [15]. Libelium Smart Water plug & sense device is equipped with sensors for pH, dissolved oxygen (DO), oxidation-reduction potential (ORP), conductivity (salinity), turbidity, temperature. This device is also equipped with GPRS communication module and is sealed in the waterproof case.

3.2 BIO-ICT PLATFORM

The BIO-ICT platform is designed as service oriented architecture that intends to implement Internet of Things (IoT) sensing environment for agriculture, marine biology and environmental monitoring. The structure of the BIO-ICT platform is shown in Fig. 1. The IoT sensor nodes with different sensing capabilities and purposes will be deployed on at least three types of pilot sites. The data obtained from IoT nodes have to be transferred by the new network that will serve as a testbed for Future Internet research. Collected and transferred data will be stored in databases and analyzed by the state-of-the-art data mining and processing techniques. BIO-ICT cloud system will be established in order to support not only areas of agriculture and mariculture, but it is intended to be used for future research and development. Collected data will be used for providing intelligent services, for example: alarms, opinion (rating of the system), recommendation (personalized suggestions to the users), and social network (link with different users with same service).

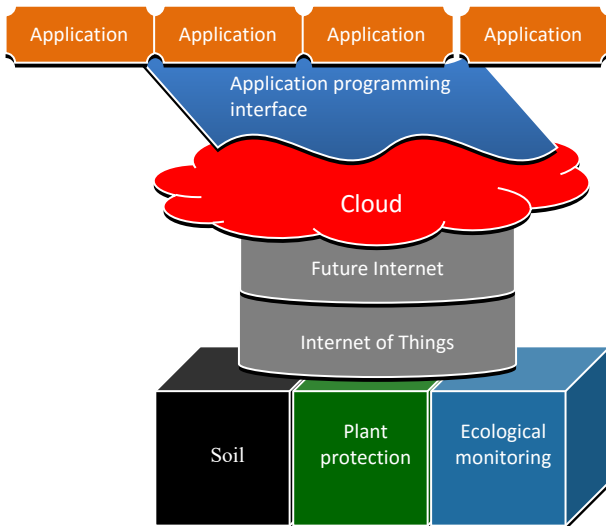


Figure 1. BIO-ICT platform

3.3 PROPOSAL OF A SMART BUOY SOLUTION

The approaches that were mentioned in Section 3.1 have some disadvantages that should be carefully considered. Very important disadvantage can be the high cost of sensor nodes and the whole platform. Some platforms are sealed in the box and cannot be used for any kind of software or hardware adjustment. The integration of sensors, developed by different electronic companies, with the appropriate processing and microcontroller platform can also be an important problem.

The main idea of our approach is to design the system that would outperform the existing solutions in terms of cost, ease of use and integration of diverse sensor nodes. The main structure of the system is based on three parts. The most important one is the microcontroller unit which controls the data flow and data acquisition part of the system. It serves as a link between the sensors, on one side, and cloud web applications on the other side. The microcontroller unit is designed with the aim to handle multiple sensors' measurements and is equipped with GPRS module so it can communicate and send the processed data to the web application. Having in mind that the system is intended to be placed on the water, the whole data processing unit is sealed in waterproof case. The favorable light energy conditions on the sea level were important in choosing the right power supply for the system so it is generated from the installed solar panel. The solar panel's battery level is also sent, through GPRS connection, with other sensors' measured data so it can be tracked if there is a power shortage. Low energy consumption sensor nodes are used to measure water parameters. The system is designed in a modular way so it can manage diverse sensors without important software and hardware structural changes. After the data is measured, processed and transferred into the cloud database, the cloud web application is in charge of analyzing and visualizing it so it can be furtherly processed and used as an input for decision-making system. The illustrative example of our approach is described on Figure 2.

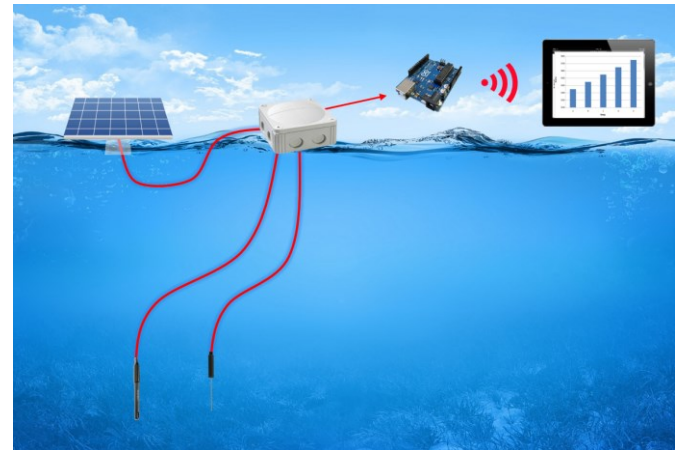


Figure 2. The illustrative example of the Smart Buoy system

4. PILOT SMART BUOY SOLUTION

In order to prove the concept, in this section we will present a design and results of the simplified pilot smart buoy solution that contains only water and environmental temperature sensors.

Taking into consideration different open source platforms, we decided to develop our solution based on Arduino platform, especially due to its price and flexibility. Our smart buoy solution consists of the following components (Fig 3):

- Arduino Uno
- GPRS shield
- DHT11 air temperature sensor
- Waterproof DS18B20 temperature sensor
- Solar module for Arduino
- IP67 waterproof case

The choice of communication platform depended on smart buoy location. GPRS communication module (GPRS shield) was the optimal solution because of the satisfactory signal strength in the sea areas where the buoy is intended to be used. For temperature measurements we used DHT11 air temperature and humidity sensor and DS18B20 sensor for water temperature. DHT11 sensor is used for temperature measurements inside of the waterproof box. Therefore, it measures the inside temperature of the buoy. DS18B20 is used for measuring sea water temperature at certain depth.

Collected and processed data from the temperature sensors are transferred every 20 seconds, in average, to the BIO-ICT cloud and presented in the web application. The information about solar panel battery level is also transferred. This was of great importance for monitoring battery lifetime and intensity of solar power. The fact that smart buoy has to be located on the sea, it is obvious why we decided to use solar radiation as a power supply. Due to extreme weather conditions and salt water, all electronic components had to be well insulated. To solve this problem, IP67 waterproof case is used.

The web application is based on open source, Internet of Things platform, ThingSpeak, which is installed on our

servers for the purpose of storing, analyzing and visualizing the data measured by the buoy system in real time [16]. As soon as the data is transferred by GPRS connection, through HTTP, from the buoy system, it is stored and presented on user defined ThingSpeak's channels. The visualized sample results of our experiment, with water temperature can be seen on Fig. 4.

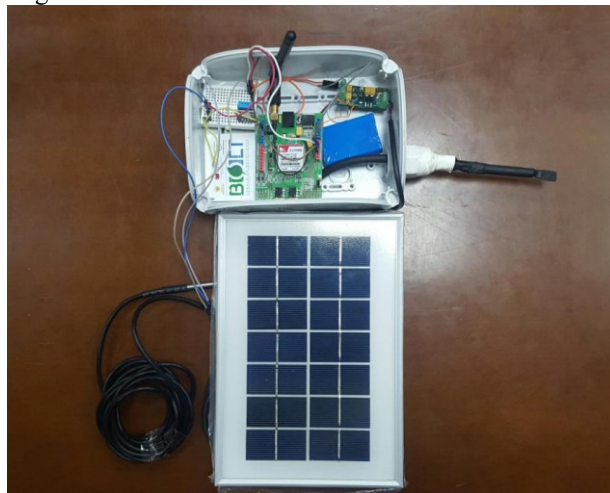


Figure 3. Pilot realization of the proposed solution.

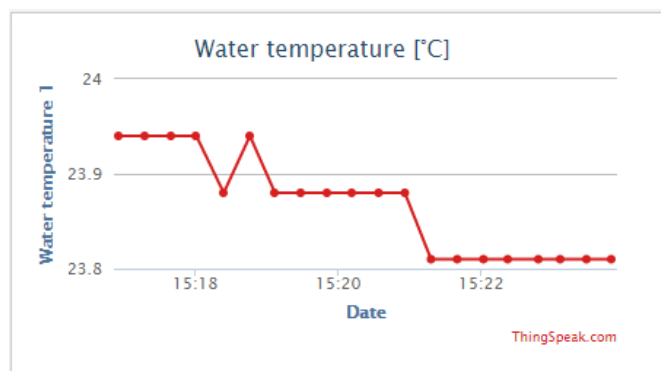


Figure 4. Visualization of water temperature samples measurements.

5. CONCLUSION

The proposed smart buoy system presented in this paper represents an efficient solution for permanent ecological monitoring of sea water parameters. It can significantly contribute to the efforts to provide healthier environment, better food quality and safety, and healthier life of people in Montenegro. It is important to emphasize modularity of our smart buoy solution that allows attaching of other sensors without major changes to the hardware and software. That will enable researches from the UoM-IBMK to have real-time access to data related water quality on Montenegrin sea water. Proposed integration of the smart buoy with cloud infrastructure can enable its wider use and worldwide installation without any further system adjustment.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] D. Regner, N. Vuksanović, M. Dutina, D. Joksimović, and B. Stjepčević, "Monitoring of the sea water quality in the coastal Montenegrin area", *Proceedings 28th Conference "WATER POLLUTION CONTROL 1999"*, Soko Banja, Serbia, pp: 319-325, 1999.
- [2] D. Regner, N. Vuksanović, B. Stjepčević, and D. Joksimović, "Sea water quality of the Montenegrin Coastal sea throughout bathing season" *In 33th Conference "WATER 2004"*, Serbia, pp: 409-414, 2004.
- [3] S. Krivokapić, B. Pestorić, S. Bosak, G. Kušpilić, and C. Wexels Riser, "Trophic state of Bokakotorska Bay - south-eastern adriatic sea," *Fresenius Environmental Bulletin*, vol 20, no 8, pp:1960-1969, 2011.
- [4] D. Uckelmann, M. Harrison, and F. Michahelles, "An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things", Springer Berlin Heidelberg, March 2011.
- [5] L. Yan, Y. Zhang, L. T. Yang, and H. Ning, "The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems", CRC Press, March 2008.
- [6] B.B.P. Rao, P. Saluia, N. Sharma, A. Mittal, S.V. Sharma, "Cloud computing for Internet of Things & sensing based applications," *6th International Conference on Sensing Technology (ICST)*, pp.374-380, 2012.
- [7] Directive 2008/56/ec Establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (marine strategy framework directive), 2008.
- [8] Z. Kljajić, S. Marković, J. Žmukić, M. Mitrić, A. Kasteli, B. Pestorić, and D. Drakulović, "Montenegrin coastal sea monitoring", *Proceedings of 41st Conference WATER 2012*, Divčibare, Serbia, pp:207-214, 2012.
- [9] A.H.Mohd Akmal Helmi, M.M. Hafiz, M.S.B. Shah Rizam, "Mobile buoy for real time monitoring and assessment of water quality," *IEEE Conference on In Systems, Process and Control (ICSPC), 2014*, pp.19-23.
- [10] S. Hiroshi, H. Miyake, H. Tokimune, A. Hamasaki, and Y. Matsuyama. "A study of the Red-tide Monitoring System Using Drifting Buoy and Wireless Networks." *In the 25th International Offshore and Polar Engineering Conference*, 2015.
- [11] M. Davide, G. Pieri, O. Salvetti, M. Tampucci, C. Domenici, and A. Tonacci. "Sensorized buoy for oil spill early detection." *In proc of IEEE OCEANS 2015*, Genova, Italy, pp. 1-5., 2015.
- [12] D.-K. Chung, M.-J. Lim, Y.-M. Kwon, and J.-S. Park. "A Study on an Improved Wave Height Measurement Algorithm using Accelerometer in the Buoy." *Information*, vol. 18, no. 4, 2015. pp: 1331-1336.
- [13] C. Albaladejo Pérez, H. Navarro Hellín, F. Soto Valles, A. Iborra García, and R. Torres. "Low cost buoy for monitoring recreational areas." *Instrumentation Viewpoint 18*, 2015, pp: 61-61.
- [14] G. Gediminas, D. Drungilas, A. Andziulis, D. Dzemydiene, M. Voznak, M. Kurmis, and S. Jakovlev, "Advanced approach of multiagent based buoy communication." *The Scientific World Journal*, 2015.
- [15] Libelium plug & sense platforms: <http://www.libelium.com/products/plug-sense/>
- [16] ThingSpeak: <https://thingspeak.com/>

PREDLOG RJEŠENJA ZA DALJINSKU KONTROLU PUTEM INTERNET APLIKACIJE ONE SOLUTION FOR REMOTE CONTROL THROUGH INTERNET APPLICATION

Trifun Savić, Milutin Radonjić, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu predstavljen je predlog rješenja za daljinsku kontrolu više različitih uređaja putem Internet aplikacije. Ovim rješenjem korisniku je omogućena bežična kontrola različitih uređaja, a takođe i prijem informacije o temperaturi jednog od uređaja. Sistem je baziran na Arduino platformi uz koju se koristi razvijena Internet aplikacija i odgovarajući server. Ovo rješenje omogućava automatizaciju kao neka mnogo skuplja komercijalna rješenja. Cilj je bio da se razvije sistem koji može imati različite primjene u aktuelnim oblastima istraživanja i aplikacijama vezanim za koncept Internet of Things.

Abstract: This paper presents a system for remote control of devices via the Internet application. Proposed solution enables wireless control of various devices as well as gathering information about the temperature of one of the devices. The system is based on the Arduino platform together with Internet application and appropriate server. This solution enables the automation like a much more expensive commercial products. The main goal was to develop a system for various applications in the areas of current research and applications related to the concept of Internet of Things.

1. UVOD

U cilju pojednostavljivanja različitih industrijskih procesa kao i smanjenja ljudskih resursa, koriste se različiti sistemi automatskog upravljanja i uređaji za automatizaciju. Pod automatizacijom možemo smatrati korišćenje različitih sistema koji vrše kontrolu i upravljaju različitim uređajima i procesima. Automatizacija je veoma značajna jer štedi ljudske resurse, povećava energetska efikasnost i efikasnost obavljanja različitih djelatnosti, kao i preciznost. Automatizacija se može ostvariti na različite načine koristeći mehaničke, hidraulične, pneumatske, električne, elektronske i računarske sisteme. Kod složenih sistema (npr. moderne fabrike), koristi se kombinacija navedenih resursa [1].

Danas postoji mnoštvo različitih rješenja za automatizaciju kod kojih se koriste elektronski uređaji i računari u kombinaciji. U zavisnosti od namjene i od tipa aplikacije koriste se programabilni logički kontroleri (PLC-ovi) [2], mikrokontroleri i mikroprocesori [3], različiti sistemi za nadzor procesa (SCADA) [4] i sl. Programabilni kontroleri i mikrokontrolerski uređaji prikupljaju informacije o različitim parametrima preko senzora i omogućavaju efikasniju automatizaciju.

Komunikacija različitih vrsta elektronskih uređaja posredstvom Interneta, bez uticaja čovjeka, je jedna od najaktuelnijih oblasti istraživanja danas, poznata pod konceptom *Internet of Things* (IoT) [5]-[6]. Rješenje prikazano u ovom radu se može takođe svrstati u IoT koncept. Ideja je bila da se napravi sistem za kontrolu udaljenih uređaja korišćenjem Interneta, pri čemu bi se mogao vršiti i monitoring različitih parametara. Visoke cijene gotovih sistema za automatizaciju i daljinsku kontrolu, kao i imperativ da sistem bude prilagodljiv našim budućim

potrebama, motivisala nas je da predložimo jedno moguće rješenje za kontrolu i monitoring uređaja putem Internet aplikacije. Predloženo rješenje se sastoji od Arduino platforme za kontrolu i Internet aplikacije specijalno razvijene za ovu namjenu. Testni sistem ima mogućnost kontrole 4 različita uređaja kao i monitoring temperature jednog od njih. Ovakav sistem može naći široku primjenu u različitim oblastima kao što su: *Smart Grid*, *Smart City*, *Smart Home*, *Intelligent Buildings*, i slično.

Predloženo rješenje se, na primjer, može iskoristiti i u kombinaciji sa algoritmima za automatsko upravljanje opterećenjem u elektrodistributivnim mrežama. Algoritmi za automatsko upravljanje opterećenjem u pametnim elektrodistributivnim mrežama imaju za cilj smanjenje iznosa koji potrošači plaćaju za utrošenu električnu energiju, ali i povećanje stabilnosti elektrodistributivne mreže u smislu smanjenja odnosa maksimalnog i srednjeg nivoa opterećenja mreže u toku 24h. Smisao algoritama za optimizaciju jeste utvrđivanje rasporeda aktivacije uređaja uz prethodno zadata ograničenja koja se odnose na: dozvoljeno vrijeme aktivacije uređaja, potrebno vrijeme funkcionisanja, kao i količinu potrebne električne energije. Ideja je da se raspored uključivanja pojedinih uređaja u domaćinstvima šalje u prepoznatljivom obliku, te da se na osnovu tog rasporeda vrši automatsko uključivanje uređaja, po zadatom rasporedu. Ovo istraživanje dobija puni smisao, kada se ima na umu sve veći trend korišćenja alternativnih izvora električne energije, a koji Crna Gora mora pratiti.

Rad je organizovan na sledeći način. U poglavlju 2 dat je opis predloženog rješenja. U poglavlju 3 opisana je Arduino platforma za kontrolu, dok je u poglavlju 4 predstavljena Internet aplikacija. Na kraju su dati zaključni komentari.

2. OPIS PREDLOŽENOG RJEŠENJA

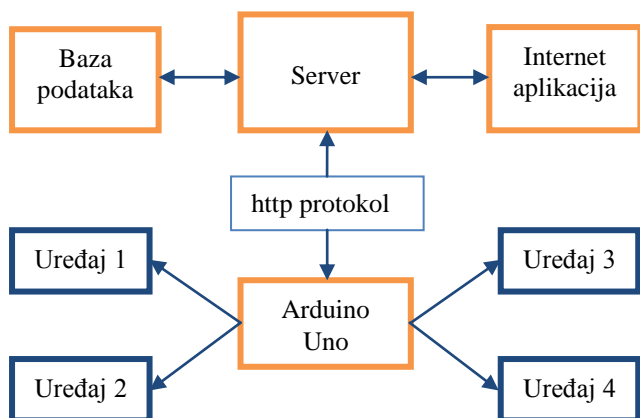
Uzimajući u obzir sva *open source* rješenja dostupna na tržištu, donešena je odluka da se realizacija ovog sistema izvrši na Arduino mikrokontrolerskoj platformi. Arduino je *open source* platforma bazirana na hardveru i softveru koji se lako koristi [7]. Arduino platforme mogu očitavati vrijednosti različitih ulaznih parametara i na osnovu njih mogu kontrolisati različite izlazne uređaje: aktivirati motore, uključivati LED diode, itd. Dakle, sistem se može kontrolisati zadavanjem niza instrukcija mikrokontroleru koji se nalazi na Arduino platformi. Mikrokontroler se programira korišćenjem Arduinovog razvojnog okruženja (IDE) dok je programski jezik u suštini jedna varijanta programskog jezika C.

Arduino razvojne platforme se koriste već godinama za različite namjene i projekte, od veoma jednostavnih edukativnih primjena do kompleksnih naučnih instrumenata. Širom svijeta stručnjaci različitih profila doprinose neprestanom razvoju novih projekata i dijele svoja znanja i iskustva, čime se omogućava dostupnost informacijama i olakšava rad sa ovom platformom.

Sistem za kontrolu uređaja putem Interneta, prikazan u ovom radu, je realizovan korišćenjem relativno jeftinih komponenti. Ideja je bila da se razvije sistem gdje će korisnici putem internet aplikacije moći da upravljaju uređajima različite namjene. Arduino Uno predstavlja osnovu hardverskog dijela sistema i on upravlja izlaznim uređajima, dok je kao korisnički interfejs razvijena Internet aplikacija specijalno za ovu namjenu. Na slici 1 prikazan je blok dijagram realizovanog sistema.

Za realizaciju ovog sistema korišćene su sljedeće komponente:

- Arduino Uno
- Arduino WiFi shield
- Senzor temperature DHT11



Slika 1. Blok dijagram predloženog sistema

Ovaj sistem ima mogućnost kontrole 4 različita uređaja putem Internet aplikacije. Za demonstraciju rada sistema korišćene su LED. U realnim aplikacijama umjesto LED bi se nalazili releji koji služe za uključivanje i isključivanje uređaja. Sistem takođe može imati više različitih senzora tj.

ulaznih parametara, čije se izmjerene vrijednosti prikazuju i/ili koriste unutar aplikacije. U datom primjeru je korišćen senzor temperature vazduha DHT11 [8], preko koga dobijamo informaciju o izmjerenoj temperaturi okoline jednog od uređaja.

Ključna komponenta za realizaciju ovog projekta je Arduino Uno mikrokontrolerska platforma [9]. Ona služi kao *link* između uređaja koji se kontrolišu i Internet aplikacije. Dakle, u zavisnosti od toga koji uređaj korisnik želi da uključi ili isključi, aplikacija putem Interneta šalje instrukcije Arduino koji dalje obrađuje primljene podatke i na osnovu njih kontroliše izlazne uređaje. Bitno je napomenuti da se komunikacija između Internet aplikacije i Arduino uređaja vrši posredstvom servera, na kome se izvršava PHP skripta. Ova skripta služi za obrađivanje podataka dobijenih od strane Internet aplikacije i Arduina. Kada se jedan od 4 uređaja želi uključiti tj. isključiti, klikom na ON ili OFF dugme na aplikaciji, skripti se prosljeđuje informacija koji se uređaj želi kontrolisati i da li se želi uključiti ili isključiti. Skripta ovu informaciju upisuje u bazu podataka, da bi kasnije iste podatke prosljedila Arduino za dalju obradu. Dakle, PHP skripta, koja se izvršava na serveru, igra ključnu ulogu u ispravnom funkcionisanju predloženog rješenja.

Za uspostavljanje Internet konekcije i za komunikaciju Arduino platforme sa serverom korišćen je Arduino WiFi *shield* [10]. Komunikacija između Arduino platforme i WiFi *shield*-a vrši se preko SPI magistrale korišćenjem digitalnih pinova 11, 12, 13. Takođe, digitalni pin 7 na Arduino pločici služi kao pin takozvanog "rukovanja" između WiFi *shield*-a i Arduina pa se kao takav ne smije koristiti kao ulazno/izlazni pin opšte namjene. Ostali ulazno/izlazni pinovi Arduino platforme se mogu nesmetano koristiti.

Komunikacija između Arduina i servera ostvaruje se *http* protokolom. Realizovana je tako što Arduino u jednakim vremenskim intervalima šalje *http request* serveru. U ovom slučaju kao *http request* korišćen je GET metod. U svakom *http request*-u šalje se i izmjerena temperatura u okolini jednog od uređaja. U istoj sesiji, čeka se odgovor serverske strane. Taj odgovor sadrži informaciju o tome koji se uređaj želi uključiti ili isključiti.

Internet aplikacija koja predstavlja korisnički interfejs predloženog sistema je realizovana korišćenjem programskih jezika: PHP, Java Script, Jquery. Na ekranu aplikacije se nalazi grafički prikaz trenutnog stanje svakog od uređaja, tj. da li su uređaji uključeni ili isključeni, kao i vrijednost temperature okoline jednog od njih.

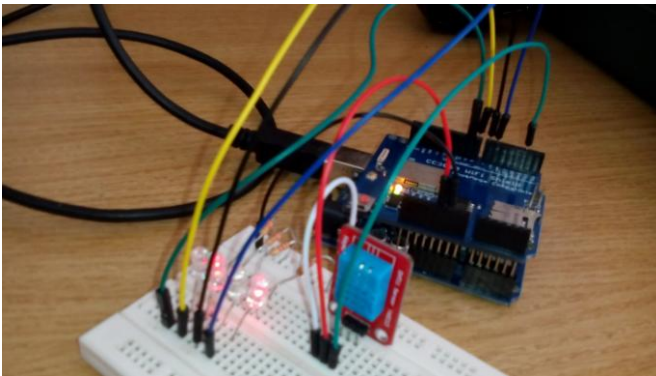
Na serveru se nalazi PHP skripta koja služi za povezivanje sa bazom podataka, a takođe povezuje Internet aplikaciju i Arduino platformu. Kada korisnik želi da uključi ili isključi neki uređaj, Internet aplikacija šalje serveru informaciju da je došlo do promjene, nakon čega se ova promjena upisuje u bazu podataka. Kada Arduino pošalje *http request* serveru, PHP skripta preuzima podatak o temperaturi, upisuje ga u bazu podataka, a kao povratnu informaciju, iz

baze šalje informaciju koji uređaj treba uključiti a koji isključiti.

3. PRAKTIČNA REALIZACIJA PREDLOŽENOG RJEŠENJA

Kao što je prethodno pomenuto, komunikacija između Arduina i servera na kome se izvršava PHP skripte vrši se *http* protokolom. Kada Arduino pošalje *http request* skripta šalje upit u bazu i čita trenutne informacije o uređajima iz baze podataka. Svaki od uređaja ima po dva stanja, stanje kada je zatraženo da se uređaj uključi i stanje kada je zatraženo da se uređaj isključi. Svaka promjena stanja nekog od uređaja na Internet aplikaciji registruje se i upisuje u bazu podataka. Kada pročita stanja, skripta šalje Arduinu string od 4 karaktera, od kojih svaki karakter predstavlja jedno od dva moguća stanja svakog od uređaja, ON ili OFF (uključen ili isključen).

Na Arduino pločici je osim izlaznih uređaja priključen i DHT11 senzor za mjerenje temperature. Arduino šalje informaciju o temperaturi svaki put kada se obrati PHP skripti, a skripta podatak o temperaturi upisuje u bazu. Kada se startuje Internet aplikacija na ekranu se ispisuje ona temperatura koja je trenutno upisana u bazu podataka tj. koju je Arduino posljednju poslao. Takođe, svakom promjenom stanja uređaja na aplikaciji provjerava se da li je stigla nova informacija o izmjerenoj temperaturi i ista se ispisuje na ekranu aplikacije. Na slici 2 je prikazan prototip predloženog rješenja.



Slika 2. Prototip predloženog rješenja

Arduino komunicira sa serverom svakih 10 sekundi i provjerava stanja uređaja. Svaki put kada se Arduino obrati serveru, osim trenutne temperature koja se šalje, ažurira se takođe i kolona u bazi vezana za trenutno vrijeme kada je došlo do *http request*-a od strane Arduina. Ovim se provjerava da li je došlo do prekida komunikacije između Arduina i servera. Naime, kada se na aplikaciji promijeni stanje, klikom na neko dugme, u lokalnu promjenjivu se upisuje i vrijeme kada je došlo do promjene stanja nekog od uređaja na aplikaciji. Ovo se vrijeme upoređuje sa vremenom kada je došlo do komunikacije PHP skripte i Arduina. Ukoliko je razlika ova dva vremena veća od 30 sekundi, korisnik na ekranu aplikacije dobija obavještenje da je došlo do problema u komunikaciji između servera i Arduina. Na

ovaj način se može utvrditi da li je Arduino dobio potrebne informacije o stanju uređaja sa aplikacije.

Server šalje Arduinu informaciju o tome koje uređaje korisnik želi da uključi a koje da isključi. Ovi zahtjevi korisnika, prethodno dobijeni od strane Internet aplikacije, čitaju se iz baze podataka i šalju, redom, kao 4 karaktera u stringu. Npr. "1357", gdje 1, 3, 5, 7 označavaju da sva 4 uređaja treba da budu uključena, respektivno. Svaki od 4 karaktera predstavlja stanje uređaja, odnosno zatraženo stanje uređaja od strane korisnika tj. aplikacije. Prilikom dobijanja informacija o stanju uređaja od strane servera, Arduino takođe dobija i opšte informacije o serveru (koji je tip servera u pitanju itd.). Te informacije bi mogle da budu poteškoća prilikom pronalaženja 4 željena karaktera. Ovo je izbjegnuto tako što se u stringu koji se šalje Arduinu, prije 4 karaktera stanja uređaja, na prvoj poziciji unosi jedan karakter koji predstavlja početak sekvence od značaja. Izabrano je da to bude karakter '?'. U Arduino programu čeka se pojavljivanje ovog karaktera. Nakon njegovog pojavljivanja, sljedeća 4 karaktera se smještaju u novi string. Kasnije se ispituje svaki od karaktera stringa i u zavisnosti od vrijednosti karaktera, na četiri izlazna digitalna pina prosljeđuju se vrijednosti visokih ili niskih logičkih nivoa. Naredni Arduino kod ilustruje način pronalaska sekvence stanja uređaja.

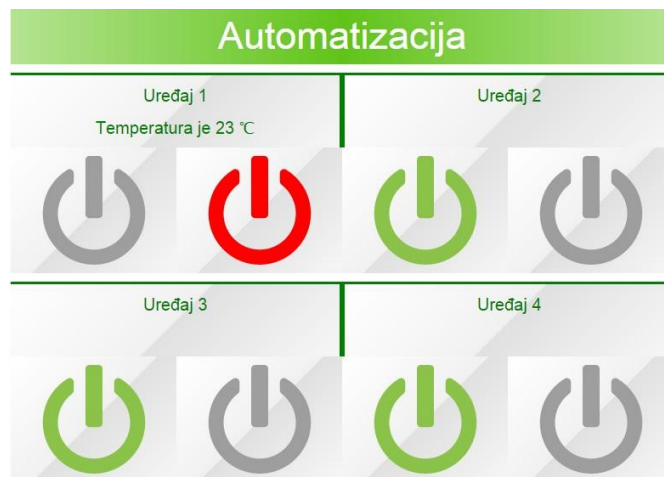
```
int br=0, i=0; // promjenjiva br je indikator
// koji označava pojavu karaktera ?, a
//promjenjiva i je brojač vrijednosti stanja
char stanje[4];
while (client.available()) {
    char c = client.read();
    if(br==1){
        stanje[i]=c;
        i++;
    }
    if(i==4){
        br=0;
    }
    if (c=='?'){
        br=1;
    }
}
```

4. INTERNET APLIKACIJA

Internet aplikacija je dizajnirana tako što za svaki od četiri uređaja imamo po 2 dugmeta. Korisniku je intuitivno jasno da se klikom na zeleno dugme može uključiti dati uređaj, a klikom na crveno isključiti. Kada se klikne neko dugme, ono zadržava svoje stanje (boju) i tako korisnik ima uvid u to koji je od uređaja uključen, a koji isključen. Tada se *http request*-om šalje indikator PHP skripti koja se nalazi na serveru. Indikator predstavlja stanje ON ili OFF za taj uređaj. Proizvoljno je izabrano da indikator može imati vrijednosti od 1 do 8, u zavisnosti od toga koji se uređaj želi kontrolisati. Ukoliko se želi uključiti prvi uređaj, klikom na ON dugme, serveru se prosljeđuje vrijednost indikatora jednaka 1, a ukoliko se prvi uređaj želi isključiti prosljeđuje se vrijednost 2. Za drugi uređaj, ukoliko je stanje ON indikator ima vrijednost 3, a za stanje OFF ima vrijednost 4, i tako redom za preostala dva uređaja. Treba naglasiti da se i Internet aplikacija i PHP skripta za komunikaciju sa bazom podataka i

Arduinom nalaze na istom serveru, što ne mora da bude slučaj. Na slici 3 prikazan je izgled korisničkog interfejsa Internet aplikacije.

Kada se aplikacija prvi put startuje, PHP skripti se prosljeđuje indikator koji joj govori da treba da pročita posljednje stanje uređaja iz baze i da tu informaciju vrati aplikaciji. Time se aplikacija automatski ažurira prilikom startovanja. Takođe se i prosljeđuje posljednja upisana vrijednost temperature jednog od uređaja i ispisuje na ekranu aplikacije.



Slika 3. Izgled korisničkog interfejsa Internet aplikacije

U PHP skripti na serveru, provjeravaju se 8 mogućih stanja. Ukoliko je stanje koje je poslato sa aplikacije 1 ili 2, u bazi se ažurira stanje prvog uređaja. Ukoliko je poslato 3 ili 4, u bazi se ažurira stanje drugog uređaja. Slično je i za preostala dva uređaja.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeno je jedno moguće rješenje sistema za automatizaciju kontrole različitih uređaja putem Interneta. Sistem se sastoji od Arduino mikrokontrolerske platforme, servera sa bazom podataka i odgovarajuće Internet aplikacije. U predloženom rješenju su korišćene LED koje simuliraju uključivanje i isključivanje uređaja. Ovim sistemom moguće je kontrolisati 4 različita uređaja uz mogućnost praćenja temperature okoline jednog od njih.

Dalji rad biće usmjeren ka povećanju broja uređaja koji se kontrolišu, a takođe i povećanju broja ulaznih parametara dobijenih sa različitih senzora. Povećanjem broja senzora biće omogućeno praćenje različitih parametara od značaja. Izbor vrste i broja senzora zavisiće od oblasti primjene u kojoj će se koristiti predloženo rješenje. Oblasti u kojima planiramo da implementiramo predloženo rješenje su prevashodno *Smart Grid* i *Smart City* sistemi.

6. ZAHVALNICA

Izradu ovog rada je podržalo Ministarstvo nauke Crne Gore i HERIC projekat, posredstvom BIO-ICT Centra izvrsnosti (Br. ugovora 01-1001).

LITERATURA

- [1] Mikell P. Groover, "Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing", 3rd, Prentice Hall Press Upper Saddle River, NJ, USA ©2007
- [2] John W. Webb, Ronald A. Reis, "Programmable Logic Controllers: Principles and Applications", 4th, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA ©1998
- [3] N. Senthil Kumar, M. Saravanan, S. Jeevananthan, "Microprocessors and Microcontrollers", Oxford University Press, Inc. New York, NY, USA ©2011
- [4] Stuart A. Boyer "Scada: Supervisory Control And Data Acquisition", 4th, International Society of Automation , USA ©2009
- [5] Dieter Uckelmann, Mark Harrison, Florian Michahelles, "An Architectural Approach Towards the Future Internet of Things", Springer Berlin Heidelberg, March 2011
- [6] Lu Yan, Yan Zhang, Laurence T. Yang, Huansheng Ning, "The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems", CRC Press, Mar 5, 2008
- [7] Arduino: <https://www.arduino.cc/> (URL)
- [8] DHT11 datasheet: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf> (URL)
- [9] Aruino Uno: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> (URL)
- [10] Arduino WiFi shield: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoWiFiShield> (URL)

VEB SERVIS ZA MONITORING VINOGRADA I PREDVIĐANJE OBOLJENJA VINOVE LOZE

A WEB SERVICE FOR GRAPEVINE MONITORING AND FORECASTING A DISEASE

Stefan Vujović, Miloš Brajović, Vesna Popović-Bugarin, *Elektrotehnički fakultet*
Nedeljko Latinović, Jelena Latinović, *Biotehnički fakultet*
Milija Bajčeta, *BIO-ICT*

Sadržaj: *U radu je predstavljen ekspertni sistem za prognozu pojave plamenjače, važnog oboljenja vinove loze na području Crne Gore. Sistem je baziran na pravilu 3 10, prilagođenom regionu južne Crne Gore. Predloženi sistem, koji je veb-orjentisan, dizajniran je tako da zahtijeva unos minimalne količine podataka od strane korisnika. Sistem koristi nekoliko već postojećih meteo stanica, dok je implementirana i mogućnost dodavanja novih stanica, pri čemu na jednoj lokaciji može biti više meteo stanica. Dva nivoa korisnika su podržana: administrator i farmer, pri čemu ponuđene opcije i dostupne privilegije zavise od tipa korisnika. Cilj sistema je da predvidi pojavu plamenjače vinove loze na osnovu podataka koji su automatski prikupljeni sa meteo stanica, a koristeći ekspertsko znanje implementirano u sistemu. Predloženi sistem omogućava real-time monitoring nekoliko relevantnih parametara, i upozorava korisnika u slučaju kada je detektovan rizik od infekcije.*

Abstract: *A web-based expert system for the grapevine monitoring and forecasting the appearance of downy mildew, which is a common disease of grapevine in Montenegro, is presented in the paper. The system is based on the 3 10 rule, customized for the south Montenegro region. The proposed web-based expert system is user friendly, requiring minimal user-input data. In addition to several locations and weather stations which are initially embedded into the system, new locations can be easily added, and each location may use an arbitrary weather station. Moreover, the system is implemented with a multi-user structure, providing two types of predefined users: the administrator and the farmer. The priority levels and privileges depend on the active type of user. The purpose of the system is to predict the grapevine disease appearance based on the live data collected from weather stations in the field, combined with the expert knowledge implemented into the system. The proposed system provides the live monitoring of several relevant parameters, and alerts the user when a risk of infection is detected.*

1. INTRODUCTION

Many scientific areas have been affected by rapid development of information and communication technologies (ICT) [1]-[8]. Biosciences, including the agriculture, are also in the line with this trend [4]-[7]. During the agricultural history, the monitoring of fields primarily depended on the knowledge of the farmers. Nowadays, the farmers are much more aware of the importance of science, which results in the growth of their interest in the expert opinion about the needed actions in their fields. However, the communication between a large number of farmers on the one side and a relatively small number of experts on the other side can be a problem. ICT has been recognized as a powerful tool to overcome this problem [4], [5], [7]. A number of expert system that can improve productivity has been developed [4]-[7]. All developed systems share the common goals: to maximize productivity, minimize investment, and to produce better and healthier products.

Grape is a widely grown fruit and a raw material for many different products. This is the reason why it attracts interest of many researchers. Like all other plants and grapes is very susceptible to a number of diseases. Prevention and

anticipation of this disease has always attracted a significant research interest. Downy mildew is one of the most widespread vine diseases that affects the yield each year, both in quantity and quality.

The smart spraying expert system aims to automatically predict the appearance and development of this disease and to alert producers using a highly intuitive user interface. The intensity and the timing of the attack of downy mildew depend on several factors, among which the most important are meteorological factors and growth stages of the plant. The main objective of the smart spraying expert system is to reduce human involvement in the process of prediction and detection of downy mildew. To this end, a web-oriented expert system for the detection of disease, that uses information about temperature, precipitation, relative humidity, duration of leaf wetness and growth stage of grapevine is developed. The used data are obtained through a direct communication with a database in which data from weather stations are stored on hourly basis. The only data that should be entered by user is the growth stage in vineyard. When all conditions for the occurrence of infections are met, the user is alerted through a very intuitive graphical interface. The development of the software solutions for forecasting the

occurrence of downy mildew will contribute to reducing the number of treatments against this disease, and will thus reduce the cost of protecting vines in the production process. In addition, it is of a particular importance for reducing the potential risk in the use of plant protection products on humans and the environment. The advantage of this system compared to the existing ones [6] is the ability to monitor a sophisticated influence of microclimate on the appearance of the infection, and a rapid implementation of the countermeasures. Moreover, it is important to emphasize that the anticipation mechanism embedded in the proposed solution is the result of an extensive and innovative research of our coauthors from the Biotechnical Faculty.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 contains brief background remarks concerning the expert systems in general along with their applications in the agriculture, as well as some background details about the proposed expert system. Herein, the 3 10 rule which is implemented in the proposed solution is also described. Section 3 contains the description of the main modules of the developed system, including the respective illustrative screenshots. Section 4 concludes the paper and outlines the direction of the further development of the presented system.

2. BACKGROUND

2.1. A global outline of the system

Expert systems, which arise in the area of Artificial intelligence, are representative examples of knowledge-based computer systems which emulate the human expert ability to make decisions [1]-[3]. This kind of software uses sophisticated methods and algorithms for the analysis and interpretation of the data provided by users and/or other systems.

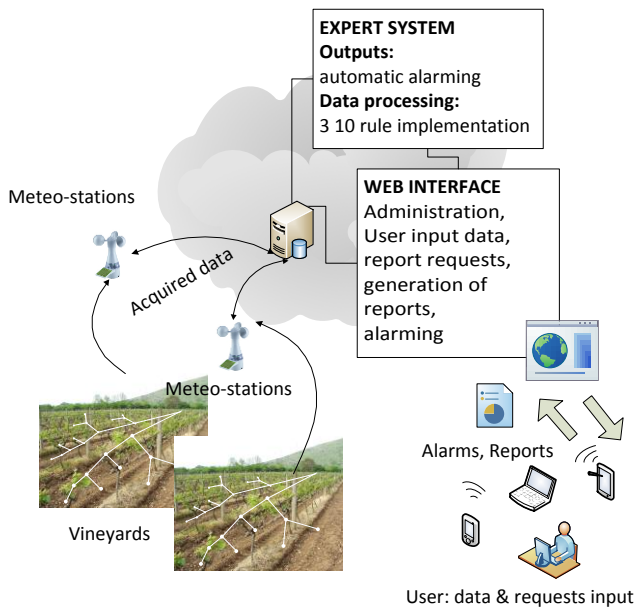


Figure 1. A global outline of the developed system

Expert systems have been extensively used in agriculture. Examples are numerous, and include: smart fertilization, smart irrigation, decision making/supporting systems adapted for the specific plants etc. A more detailed overview

including examples of applications based on the expert systems can be found in [4] and [5].

Two crucial segments of expert systems can be identified: the knowledge base and the inference engine. The knowledge base is consisted of the facts, and the rules. The inference engine applies the rules to the known facts, and enables the deduction of new facts.

The position of the proposed expert system in the global grapevine monitoring system is shown in Figure 1. The knowledge base of the proposed system contains the rules for predicting the infections of *Plasmopara viticola* based on 3 10 model, and will be explained in details in the following subsection. As it is shown on Figure 1, besides this internal knowledge base, our expert system uses the data obtained from the meteo-stations, as well as important data provided by users. To make successful decisions, the inference engine combines all the data with the implemented rules, and provides the prediction/alarming of the infection.

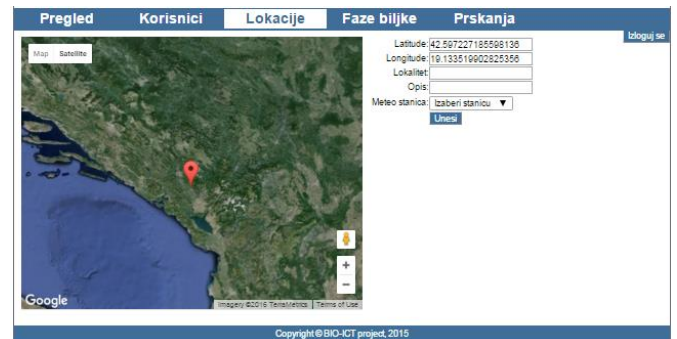


Figure 2. Interface for adding new vineyards to the system



Figure 3. Interface for linking users and vineyards

2.2. The 3 10 model

The 3 10 model is one of the simplest and most commonly used models for predicting infections of *Plasmopara viticola*. There are many variations based on this model which vary from region to region. These variations are caused by micro climate characteristic of certain region. Also, there are some other models which are used for this purpose [8].

Plasmopara viticola causes primary and secondary infections. Secondary infections can be developed only after primary infection has been achieved. There are several conditions for realization of primary infection:

- 1) The sum of mean daily temperatures from January 1st should be greater or equal to 160°C. This sum of temperatures is obtained by summing mean daily temperatures strictly greater than 8°C, where part above 8°C is summed.
- 2) After the sum of 160°C is achieved, the mean daily temperature in two consecutive days must be greater or equal to 11°C.

3) Total volume of rainfall in two consecutive days in which condition 2) is satisfied must be greater or equal to 8mm.

These three conditions reveal the reason why this model is called 3 10. Besides these three conditions, one more condition must be met. It reads that growth stage of grapevine must be on sufficient level. When all these conditions are met, we consider that primary infection has been developed.

There is an incubation period after primary infection before the symptoms of disease become visible, which can be calculated according to Müller curve [12]. After this period, two more special conditions which depend on temperature and humidity must be met in order to achieve secondary infections. After each secondary infection, the process is the same as in the case of primary infection.

3. SYSTEM DESCRIPTION

The web based interface for grapevine monitoring and the disease forecasting is designed as multi-user, where two levels of credentials are available, an administrator and a farmer level. Before any page is opened, a user must log in by providing its username and password. Based on its username, the system recognizes its priority level (administrator or farmer), and the corresponding options are available to the logged user. All system options can be categorized in five groups:

- Users
- Locations
- Monitoring of the disease
- Growth stages of grapevine
- Records of spraying

All these options are available to administrator, while Users and Locations are disabled for the farmer.

Data needed to apply 3 10 rule are stored in a MYSQL database, where the measurements from the vineyard are collected on hourly basis. Also, information about users, vineyards, and credentials are stored in the same database.

3.1. Users and locations

The one of the main functionality enabled only for administrator is adding of a new user. Before a new user is added, there is some elementary information that needs to be provided, like first and last name, username, password, etc. Also, there is a very important option where type of user is selected. In this way the administrator can add new user with administrator credentials or add a farmer.

Administrator has an option to add new field (vineyard) to the system. To do this, some basic information must be provided, like name, description, position on map, etc. When adding a new vineyard, one of three weather stations for collecting data must be selected. In this way, each vineyard is connected with certain weather station. The outlook of this interface is shown in Figure 2.

In order to link user and vineyard, there is special interface enabled to administrator shown in Figure 3. On the left side, all existing farmers are listed. By clicking on one of them, all vineyards he is responsible for are shown left. It is very easy to add new vineyard to selected user, or to restrict

his responsibility for vineyards he is responsible for. In this way, more than one user can be responsible for one vineyard, and one user can be responsible for more vineyards.

3.2. Monitoring of the disease

The part of this expert system by which users can monitor grapevine condition is presented in Figure 4. This page displays all fields which are assigned to the logged user as the markers on the map. Each marker is positioned on the map at the true location of the vineyard it is representing. Two colors of markers are possible, red and green. Green color indicates that there is no recently occurred infection in vineyard. In other words, there is no need to treat vineyard, while the red color indicates that infections is occurred in vineyard, and grapevine must be adequately treated. Color of marker is automatically determined based on expert knowledge of the system. Beside this map preview, there is also table preview shown in Figure 5.

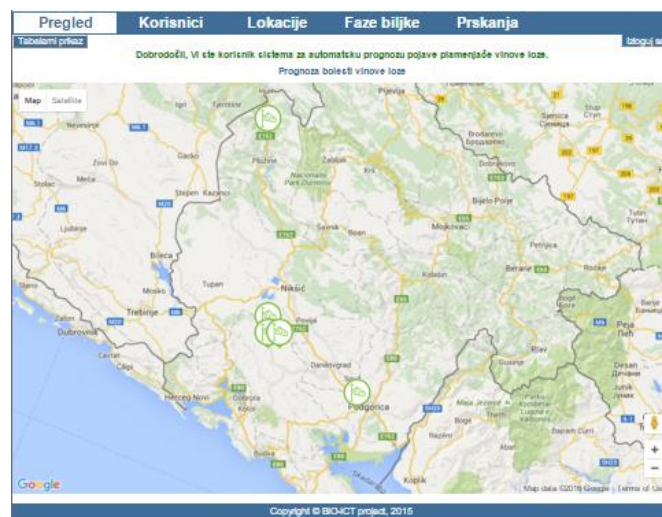


Figure 4. Map preview for monitoring vineyards

Pregled			Korisnici	Lokacije	Faze biljke	Prskanja
Mapa						
Podgorica1	Podgorica2	Podgorica3				
Faza biljke je: Kapice odvojene od drške	Molimo Vas unesite fazu biljke Dajte	Faza biljke je: Prvi list				
Sekundarna infekcija se desila: 2015-10-20 FRCSIAATI		Sekundarna infekcija se desila: 2015-10-20 FRCSIAATI				
Centar	Gorica					
Molimo Vas unesite fazu biljke Dajte	Molimo Vas unesite fazu biljke Dajte					

Figure 5. Table preview for monitoring vineyards

From both previews, a page with detailed information providing dates of infections can be reached.

3.3. Growth stage of grapevine

Very important parameter which affects the disease in vineyards is growth stage of grapevine. This parameter is important for predicting disease since the downy mildew cannot achieve primary infection if leaf is not sufficiently developed. This stage of leaf development is directly related to the growth stages. There are predefined growth stages

which are widely used in literature [10]. All of them are implemented in the system and each farmer is responsible to provide information about stages in his vineyards. This is necessary, since this information is used in expert system for predicting disease. There is specially designed interface where user can easily select one of predefined options, also select one of vineyards he is responsible for, and for specified date provide information about vineyard growth stage. This interface is shown in Figure 6.



Figure 6. Interface for adding growth stage of grapevine

3.4. Records of spraying

The part of system where user can record spraying of vineyards is presented in Figure 7. There are a lot of entry fields which are required to be filled, in order to make a valid record. Also, all entered records are displayed above, and a special option to make report about all record is provided. For this purpose open source software for creating Portable Document Format (PDF) threw PHP is used [11]. This part of system is not directly related to the expert knowledge, but is very important for each farmer since the laws of Montenegro prescribes that record about spraying is made for each vineyard.

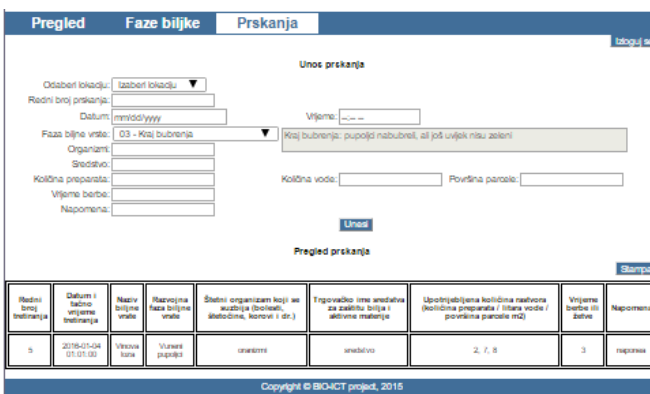


Figure 7. Spraying record interface

4. CONCLUSION

A web based interface for predicting appearance of downy mildew on grapevine is presented in the paper. The aim is to forecast appearance of this disease in order to treat grapevine optimally. The multi-user system is implemented and two possible priority levels are provided. Each of them includes certain specific options which are offered after the

user log in. An administrator, as a higher level user, can add new users, both administrators and farmers. New locations can be also embedded, and the farmers which exist in the system can be connected with their locations. Growth stage of grapevine is also a possible input of the system, where each farmer can add a stage for every vineyard. The main part of the system is the automatized interface where vineyards are monitored.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] S. J. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd Edition, Pearson Education, 2003.
- [2] P. Jackson, *Introduction To Expert Systems*, 3rd Edition, Addison Wesley, 1998.
- [3] C. T. Leondes (Editor), *Expert systems: the technology of knowledge management and decision making for the 21st century*, Elsevier, 2002
- [4] S. Vujović, M. Brajović, and S. Djukanović, "Web and mobile applications in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2015*, Februar 2015
- [5] M. Brajović, S. Vujović, and S. Djukanović, "An Overview of Smart Irrigation Software," *Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2015*, Budva, Montenegro, June 2015.
- [6] VIPS, url: <http://vipsweb.vips3test.bioforsk.no/information/>
- [7] Brugger, Fritz, "Mobile Applications in Agriculture", *Syngenta Foundation*, 2011.
- [8] T. Caffi, V. Rossi, R. Bugiani, F. Spanna, L. Flamini, A. Cossu, and C. Nigro, "A model predicting primary infections of *Plasmopara viticola* in different grapevine-growing areas of Italy," *Journal of Plant Pathology*, 535-548, 2009
- [9] MySQL, url: <https://www.mysql.com/>
- [10] D. H. Lorenz, K.W. Eichhorn, H. Bleiholder, R. Klose, U. Meier, and E. Weber, "Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) – Codes and descriptions according to the extended BBCH scale," *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1(2), 100-103, 1995.
- [11] TCPDF, url: <http://www.tcpdf.org/>
- [12] K. Müller, H. Sleumer, "Biologische Untersuchungen über die Rebenperonospora in den südwestdeutschen Weinbaubezirken". *Z. Pfl. Krankh. Pfl.schutz* 57, 635-683, 1934.

BAZA PODATAKA ZA ANALIZU ZEMLJIŠTA I EKSPERTNI SISTEM ZA DAVANJE PREPORUKA ZA ĐUBRENJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA SOIL ANALYSIS DATABASE AND THE EXPERT SYSTEM FOR RECOMMENDATIONS OF FERTILIZATION IN AGRICULTURE

Miloš Brajović, Stefan Vujović, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, *Faculty of Electrical Engineering*
Mirko Knežević, Ana Topalović, *Biotechnical Faculty*

Sadržaj: *U radu je predstavljen ekspertni sistem koji, u zavisnosti od biljne kulture koja se gaji, daje preporuke za odgovarajuću primjenu đubriva. Pored agronomске ekspertize koja je implementirana u bazi ekspertnog sistema, pri donošenju preporuka o dozama i formulaciji đubriva koje je potrebno primijeniti na posmatranu kulturu i u posmatranom okruženju, ekspertni sistem koristi i eksternu bazu podataka za analizu zemljišta. Razvijen je moderni interfejs za unos, ažuriranje i ekstrakciju informacija iz baze podataka za analizu zemljišta, koji se može koristiti za hemijsku analizu i generisanje preporuka. U ovom radu je opisana dizajnirana baza i ekspertni sistem, njihova struktura, uzajamne veze i tokovi podataka. Posebna pažnja je posvećena opisivanju procedure za povezivanje podataka iz baze za analizu zemljišta, internog znanja o specifičnoj biljnoj kulturi i njihovih hemijskih i fizioloških karakteristika, sa podacima koje unosi korisnik sistema.*

Abstract: *An expert system for providing recommendations of appliance of a fertilizer for specific plant cultures is presented in the paper. In addition to an agronomic knowledge implemented in its knowledge base, the expert system uses a soil analysis database for recommendations of fertilization, in order to generate decisions about doses and formulation of the fertilizer which should be applied on the observed plant culture, in the observed environment. A modern interface has been developed for inserting, updating and extracting information from the soil analysis database, and can be used for chemical analysis and report generation. This paper presents the developed database and expert system, their structure, data flows and connections. Special attention is dedicated to the description of the procedure of connecting information from the soil analysis database, internal knowledge about specific plant cultures and their chemical and physiological characteristics, as well as user-provided inputs.*

1. INTRODUCTION

During the recent years, ICT technologies have been extensively applied in the modern agriculture [1]-[6]. The applications numerous: decision support for farm management and cultivation of specific crops, provision of soil, meteorological and other relevant data along with useful agronomic recommendations [1], smart irrigation services [2], smart nutrient management for plants [3], recommendations for chemical treatments of plants [4]-[6] etc. A common trait for all these applications is the inevitable and extensive involvement of databases and expert systems as primal technologies in their development [7]-[10].

Arbitrary fertilization of crops, ignoring the content of macro- and micronutrients in the soil, mineralization capacity of soil and crops demands for certain nutrients causes specific physiological, morphological and anatomical disorders of the crops, reflected in the quantity and quality of yield. Proper determination of dose, formulation, method and time of application of organic, mineral fertilizers and liming materials is essential to provide a stable, high, healthy and safe yield with optimal content and harmonious relationship between the chemical elements. Automation of this process would allow farmers to obtain proper recommendations quickly. Consequently, specialized software for providing advice and

recommendations, i.e. expert systems for soil fertilization are widely used in the smart agriculture [1]-[3], [5], [9], [10].

The soil analysis database, originally developed at the Biotechnical Faculty, has been redesigned and normalized, in order to provide the optimal structure and connections of tables, with minimal storage demands and maximal extendibility. An information system, developed as a web service, is proposed for the management of the database, including an easy and intuitive framework for the insertion, update, deletion and presentation of data records. The service provides the possibility to generate reports. Moreover, along with the soil fertility database as its internal knowledge base, an expert system which generates the recommendations for fertilization, also connected with the soil analysis database, is proposed. The system contains the rules for data combining, thus representing the expert knowledge of our colleagues from the Biotechnical Faculty.

Control of the soil fertility implemented at the Biotechnical Faculty, in the Centre for Soil Research and Amelioration [11], enables creating the conditions for optimum crop nutrition by rational application of fertilizer so that the genetic potential of crops can be fully expressed, and the protection of the environment is achieved at the same time [12]. For that purpose, the soil fertility database is developed. The records of this database are used together with the

knowledge of our agronomic experts, modeled as the rules for their combining, by taking into account the interaction factors related to soil parameters given by the soil analysis database and the information about the culture that wants to be grown. All these facts have been taken into account in the development of the expert system for giving advices of what type of fertilizer and when to apply to enhance the growth and yield of plants and crops.

The rest of the paper is organized as follows. The details on the soil analysis database and the developed web-oriented management system for the manipulation of its data records are provided in Section 2. The proposed expert system for the recommendations of the soil fertilization is described in Section 3. The concluding remarks are given in the end of the paper.

2. THE SOIL ANALYSIS DATABASE AND THE SYSTEM FOR THE DATA MANAGEMENT

The information contained within the soil analysis database is crucial for the development and implementation of modern agricultural techniques, and it is the basic step forwards the synergy between agricultural sciences and ICT technologies. The basic aim is to provide efficient capacity assessment and optimal utilization of soil, as well as monitoring and comparison of the surface that is currently covered by crops, or it will be covered in the future. The soil analysis database represents a unified record of information on the utilization of agricultural and land resources in general, and it will be a very important indicator in the creation of agricultural policy and agribusiness, both on the local and national level.

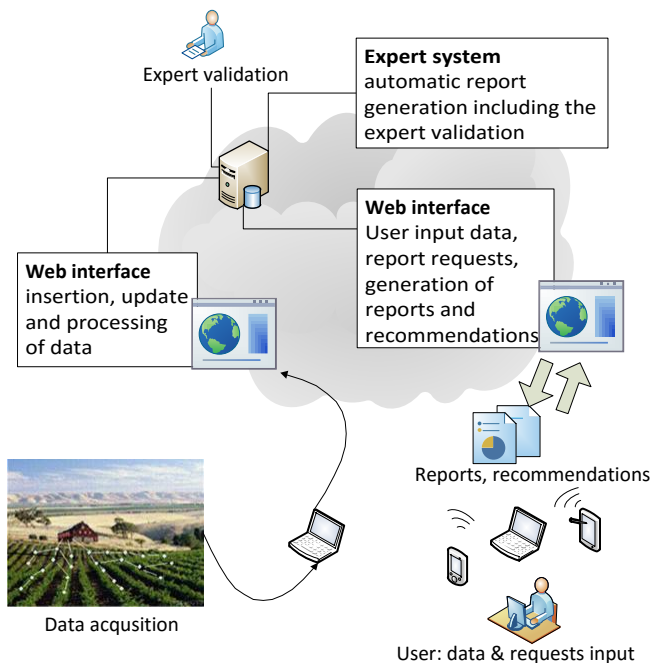


Figure 1: The information system developed around the soil analysis database.

Besides creating detailed reports about farmers and their parcels; mechanical, morphological, chemical and structural and other information about the soil in particular areas/coordinates, the soil analysis database provides

supporting information for the expert system which automatically generates the recommendations for the fertilization of the analyzed soil. The database is supported by the information system developed for the data management.

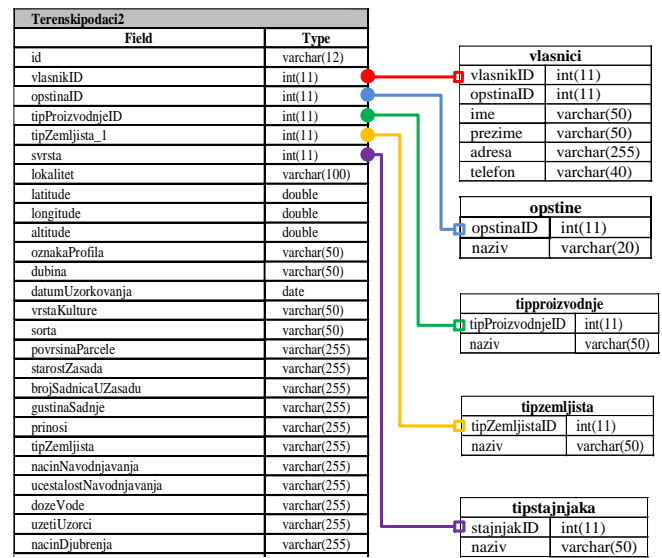


Figure 2: The soil analysis database structure. The connections between tables represent primary/foreign keys.

A global outline of the proposed information system with all supporting parts is shown in Figure 1. As it can be noticed, two web interfaces operate in the communication with the database: one designed for the management of the database records and the whole system (e.g. user accounts managements, part for the technicians etc.), and the other – providing different reports generated based on the database records and fertilization recommendations provided by the expert system, particularly intended for the end users.

The database structure along with the table connections is shown in Figure 2. As it can be seen, five separated tables are connected with the table **Terenskipodaci2**, which contain all information about the taken measurements, including technical data (measurement date, location, coordinates, sampling altitude, number of taken samples etc.) as well as the information obtained by the laboratory analysis (chemical, physical and other characteristics of the taken samples). This table also contains some specific supporting information regarding the particular crops, cultivation methods, applied irrigation techniques etc. All other data are placed into separated tables (**vlasnici**, **opstine**, **tipproizvodnje**, **tipzemljista**, **tipstajnjaka**) such that the normalized structure of the database is preserved. User of the application does not have to repeatedly enter the same information on the owner of various parcels. It enables better statistical monitoring and reporting related to information about farms and their owners. This is the initial step for the creation of a comprehensive database on farms.

Overview of the input data can be accomplished in several ways, of which the most useful ones are the software processing of pre-designed reports. These predefined reports are generated via the implemented system and are delivered to farmers. The interfaces for the management of the data records are web-oriented. The application can add new users to the system, which is a large improvement compared to

previous application used at the Biotechnical Faculty. An outlook of the interface for inserting, updating, deleting and viewing general data is shown in Figure 3, while the part for entering laboratory analysis is shown in Figure 4. Note that the map can be used for the automatic insertion of the coordinates, which significantly simplifies the data insertion process, and it is additionally utilized in the process of viewing the particular data (Figure 3).

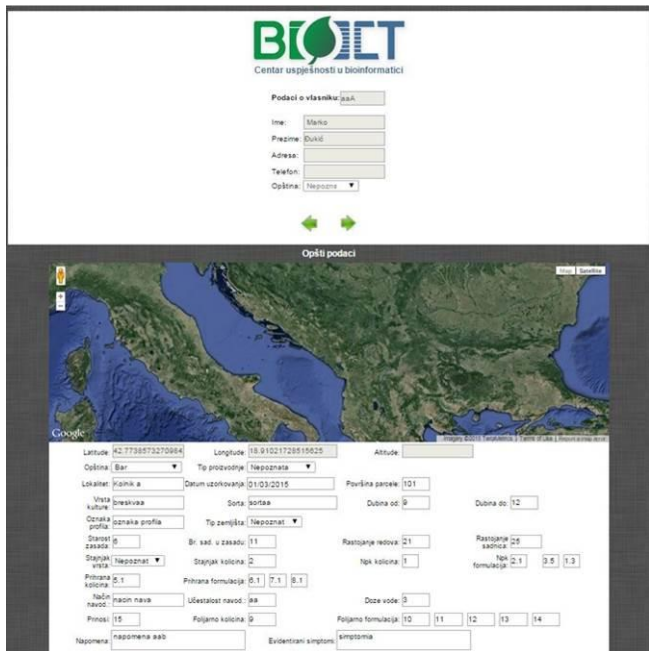


Figure 3: Interface for entering data obtained from laboratory experiments.

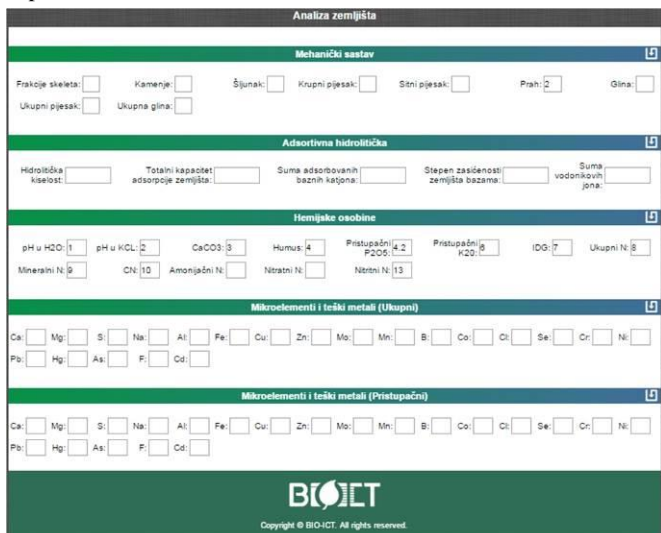


Figure 4: Interface for entering and changing data from laboratory experiments.

3. THE PROPOSED EXPERT SYSTEM

The expert system [8]-[10], as a general concept, is a complex application with embedded expert knowledge, and it enables the usage of this knowledge in decision making, producing recommendations, etc. The knowledge may include stochastic components, non-trivial priority orders of rules etc.

Expert system provides many advantages and benefits to users: significantly lower prices of consultations, time savings

in the process of decision making, permanent availability, possibilities for upgrades and learning. It is very important to emphasize that the expert system is an autonomous system, which generates the recommendations automatically. The recommendations can be later, if needed, validated by the experts. After proper period of testing and knowledge embedding, these validations will become just formal procedures, or could be completely avoided.

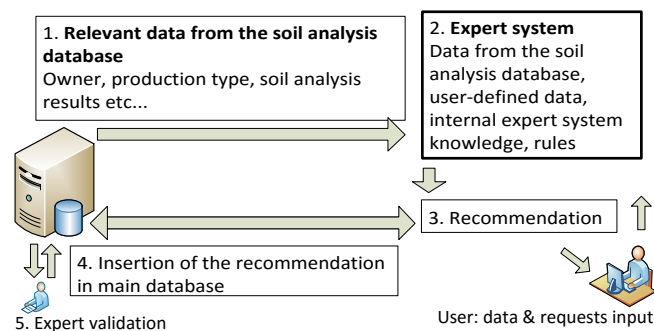


Figure 5: Data flow in the functioning of the expert system

Expert system for fertilization works on the basis of rules built into the system (which represent modeled agronomic experts knowledge), and uses the data on the soil composition and any additional information that can ask the user for, to automatically generate a recommendation. It has to be intuitive and easy for using, and requires a minimum of specialized knowledge from the user. At a time of increasing application of ICT in all spheres of life an expert system should be web-oriented. We have designed one such expert system.

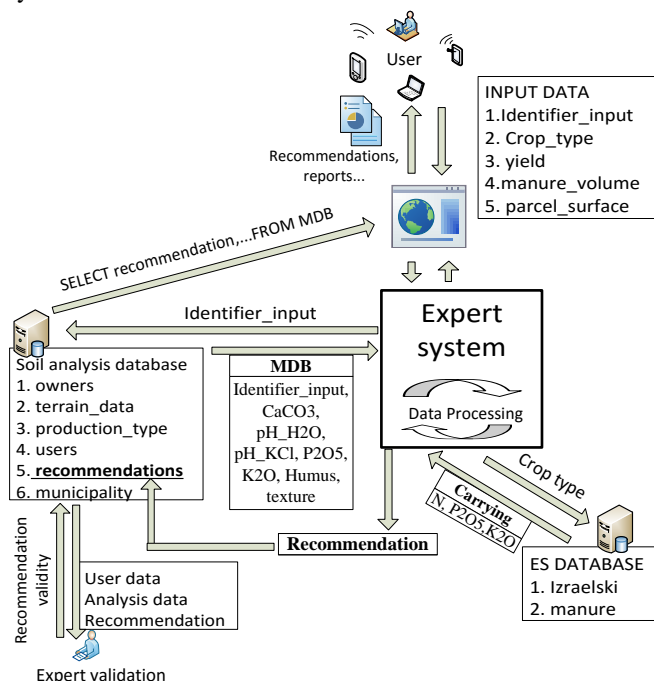


Figure 6: Detailed description of the data used in the generation of recommendations.

The Figure 5 shows the expert system communication with the soil analysis database and its position in the information system for soil analysis is shown in Figure 1. The expert system uses the specific data from the soil analysis database concerning the user, then some information about

the parcels and crop types, some other specific data provided by the user, as well as its internal data.

Figure 6 imposes the fact that the expert system needs an internal database for storage of specific information about chemical needs for all plants for which the recommendations are generated. After providing recommendation, it can be stored in the main database for soil analysis, and used in generation of detailed reports and other documents. The availability of these recommendations in the main database can be very useful for tracking the history of the applied fertilizers and for providing detailed documentation which user can use for different purposes (for example, when selling his products).

Ekspertni sistem za davanje preporuka za đubrenje

Unesite potrebne parametre i kliknite na dugme "Pošalji", kako bi ekspertni sistem automatski generisao preporuku.

Odaberite biljnu kulturu:

Odaberite tip proizvođača:

Šifra korisnika: 0901-002 Prinos [kg/ha]: 1000 Površina parcele [ha]: 200

Količina stajnjaka [t] unešenog u zemljište: 0.2

Procentualni sadržaj pojedinih hraniva u stajnjaku:
 N: 0.4 P₂O₅: 0.3 K₂O: 0.6

Ekspertni sistem za davanje preporuka za đubrenje

Na osnovu podataka unijetih od strane korisnika, podataka iz baze znanja i podataka iz baze za analizu zemljišta, ekspertni sistem je donio preporuku

Preporuka

Potrebne aktivne materije za parcelu [kg a.m./po parceli]:
 N: 164 P₂O₅: 18 K₂O: 387

Figure 7: The pilot version of the data input interface of the expert system (up) and an example of generated recommendation (down).

As shown in Figure 6, the expert system has an internal database, consisted of two tables (the second table will be used in later stages of development). The first table contains the information about macronutrient uptake by crops (expressed as content of N, P₂O₅ and K₂O). These properties are used intensively in the rules. At the beginning, the application expects the user to provide the following information: his identifier of the parcel for which the soil analysis database (MDB) contains results of the previously provided soil analysis, the information about the crop type, expected yield, the information about previously applied fertilizers and the information about the parcel surface. Then, the expert system reads from the soil analysis database relevant information about the soil chemical and mechanical properties. Based on the crop type information, the expert system also reads the relevant information from its internal database about the chemical behavior of plants. Then, based on all these information, following the embedded rules, the expert system generates the recommendation. The recommendation is then inserted in the main database, and eventually validated by the expert. The beta version of the input interface and a generated recommendation is shown in Figure 7.

4. CONCLUSION

The appliance of ICT technologies in the modern agriculture is inevitable, and the evidences of the benefits are discussed. A soil analysis database developed within the framework of the BIO-ICT project is presented. A supporting web-based information system for the data management is designed and implemented, in order to simplify the manipulation with the database records, and to enable their suitable presentation. Moreover, an expert system which automatically generates the recommendations for the soil fertilization for crops, based on the soil analysis database records, implemented agronomic knowledge, user input data and its internal database is also presented. So far, its beta-version is implemented, and its further development and extensions are the part of our current research efforts.

ACKNOWLEDGEMENT

This work has been supported by the Ministry of Science of Montenegro and the HERIC project through the BIO-ICT Centre of Excellence (Contract No. 01-1001).

REFERENCES

- [1] S. Vujović, M. Brajović, and S. Djukanović, "Web and mobile applications in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2015*, Februar 2015
- [2] M. Brajović, S. Vujović, and S. Djukanović, "An Overview of Smart Irrigation Software," *Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2015*, Montenegro, June 2015.
- [3] J. A. Silva and R. Uchida, eds, *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, 2000.
- [4] A. Pellegrini, D. Prodorutti, A. Frizzi, C. Gessler, I. Pertot, "Development and evaluation of a warning model for the optimal use of copper in organic viticulture," *Journal of Plant Pathology*, vol. 92, pp. 43-55, 2010.
- [5] N. Katkamwar, B. Kumar, K. Kalaskar, "An expert system approach for improvement of agricultural decision," *Singaporean Journal of Scientific research*, vol. 5, 2013.
- [6] T. Kuflika, D. Prodorutti, A. Frizzi, Y. Gafnia, S. Simona, I. Pertot: "Optimization of copper treatments in organic viticulture by using a web-based decision support system," *Computers and Electr. in Agriculture*, vol. 68, pp. 36-43, 2009
- [7] A. J. Opper, *Databases Demystified*, New York, McGraw-Hill, 2011.
- [8] S. J. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd Edition, Pearson Education, 2003.
- [9] P. Jackson, *Introduction To Expert Systems*, 3rd Edition, Addison Wesley, 1998.
- [10] C. T. Leondes (ed.), *Expert systems: the technology of knowledge management and decision making for the 21st century*, Elsevier, 2002
- [11] M. Knežević, N. Perović, M. Radulović, A. Topalović, "Monitoring of Soil Fertility in Montenegro," *12th Congress of Society of Soil Science of Serbia – Status and Prospectives of Soil Protection Management and Use*, Novi Sad, pp. 148, 2009
- [12] A. Topalović, A. Slatnar, F. Štampar, M. Knežević, R. Veberič, "Influence of foliar fertilization with P and K on chemical constituents of grapes cv. 'Cardinal'," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 18, 10303-10310, 2011

INTEGRIRANE SOLARNE TERMoeLEKTRANE: SLUCAJ TE BITOLJ INTEGRATED SOLAR-THERMAL POWER PLANTS: TPP BITOLA CASE STUDY

Vlatko Cingoski, Saso Gelev, Goce Stefanov, Vasilija Sarac, *Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delcev" University - Štip, Republic of Macedonia*

Sadržaj: *Potencijali za korišćenje solarne energije kao obnovljivog izvora energije, bilo njegovim pretvaranja samo u toplotu, indirektnom konverzijom u električnu energiju pomoću prethodno generisanu toplotnu energiju, ili direktno pretvaranjem solarne energije u električnu energiju fotoelektričnim efektom, su ogromni. U ovom radu pretstavljeni su rezultati Studije za razvoj integrisane solarno-termalne elektrane kao novi, dopunjski gorivni sustav postojeće termalne elektrane na uglj TE Bitolj. U predloženoj studiji, solarna energija se najpre koncentrira i pretvara u toplotnu energiju. Zatim, za korišćenje dobivene toplotne energije istraživani su dva potencijalna scenarija: (1) direktno zagrevanje radnog fluida i proizvodnju električne energije u novoj termoelektrni, i (2) kao parcijalni izvor toplotne energije za proizvodnju pare i električnu energiju u postojećim jedinicama TE Bitola koji bi mogao djelimično da zameni postojeću toplotnu energiju dobivenu sagorevanjem uglja.*

Abstract: *The potentials for usage of the solar energy as a renewable energy source, whether by its conversion only into heat, indirect conversion into electricity using a prior generated thermal energy, or direct conversion of solar energy into electric energy using the photoelectric effect, are enormous. This paper presents a study for the development of an integrated solar-thermal power plant (ISTPP) for repowering the existing goal-fired TPP Bitola. In the proposed plant, firstly solar energy is concentrated and converted into thermal energy. Then, two potential scenarios for utilization of the obtained thermal energy are investigated: (1) for direct heating of a working fluid and electricity production in new thermal power plant, or (2) as a partial heat energy source which could replace existing thermal energy generated by burning coal for steam and electricity generation in the existing units of the TPP Bitola.*

1. INTRODUCTION

The main energy topic of debate and disagreement today is providing an adequate solution to the main question: How to achieve sustainable energy development? [1] In this context, sustainable energy development means how to meet consumers' energy requirements taking into account:

- i. steady increase in energy consumption needs,
- ii. steady increase of prices of primary and secondary energy resource,
- iii. reduction of fossil fuel energy resources worldwide,
- iv. emission reduction of greenhouse gases, and
- v. protecting the environment and our planet as a whole.

Today it is mainly considered that the solution of this energy problem leads in two directions: (1) increasing energy efficiency, or generally reduce energy consumption, and (2) increasing and constantly include renewable energy sources, primarily the energy of the Sun and its derivatives such as wind energy, tidal energy and water waves in a suitable package of economic acceptable energy sources. Because the last two types of energy are strictly location limited, the wind energy and the solar energy really represent a significant energy potential which unfortunately today is either totally neglected or only modestly appears on the energy market.

In this paper a brief analysis of new and potential technology for utilization of solar energy as a natural and theoretically inexhaustible renewable energy source is

presented. The recently developed study for repowering of the TPP Bitola [2] by means of a new so-called integrated solar-thermal power plant (ISTPP) technology is based on hybrid utilization of solar power and any other mostly desirable fossil fuel, in our case coal. Firstly, harvesting of the solar energy is done by means of a concentrated solar power plant. Later, using adequate heat exchangers the harvested solar energy could be used for water heating, either directly for production of steam and generation of electricity in the whole new, however TPP with smaller installed capacity, or as a partial heat source that would be reheated burning coal (or other fossil fuels), to produce steam and to generate electricity using the existing unit of the TPP Bitola.

Evaluations of major technical and economical benefits are presented in this paper. The cost of investment is also given and compared against achieved environmental benefits and fossil fuel savings. Finally, the influence on the prices of electricity which the increased investment and O&M cost of such integrated power plant is presented, showing that this new and emerging technology deserves further investigations in the future as a potential model for the development of contemporary and more environmentally friendly upgrades of the existing fossil fueled based TPP.

2. SOLAR ENERGY UTILIZATION

The Sun is the main primary energy source on the Earth. As a result of the thermonuclear reactions occurring deep in its interior, huge amounts of energy is distributed radially

from the Sun's surface in all directions. It is assumed that every second the Sun emits energy with a value of about $400 \cdot 10^{24}$ W, and that will last in the next 5 billion years. From this huge amount of energy, the Earth gets a very small portion, but still considerably large amount of energy on average of 1.37 kW/m^2 annually.

Today there are few more or less known technologies for utilization of solar energy, schematically shown in Fig. 1. Generally, there are three main technologies for harnessing solar energy: (1) through its direct conversion into electricity using photovoltaic effect (PV cells), (2) as an alternative fuel to other fossil fuels for heating using solar heat collectors, and (3) the so-called solar-thermal power plants that can be found in various appearances [2].

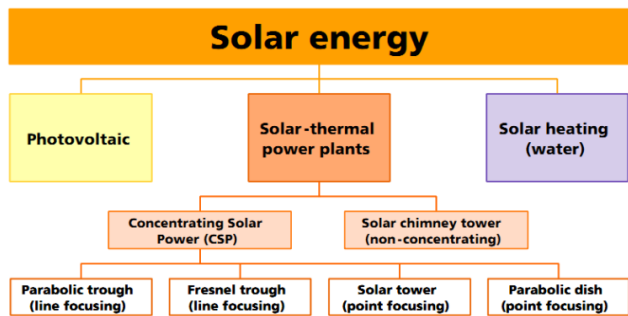


Fig. 1: Methods for harnessing the solar energy.

Although, the oldest method for harnessing the solar energy was probably using this energy for substituting energies obtained from other energy sources, today the most promising method for harnessing solar energy on large scale is probably technology based on solar-thermal power plants. Recently, the PV cells appeared on the energy market as emerging power source, unfortunately only on limited scale. It is obvious that their role on the energy market could not be significant, mostly due to the following reasons:

- i. The photovoltaic energy converters (PV cells), provides conversion of a direct sunlight (energy) into electricity. This means that this kind of power generation practical work only in the period when there is a direct sunlight i.e. only during the day. This is an inefficient system for energy production because electricity is needed during periods when there is no sunlight, too. Therefore, special storage devices are needed for storing electricity during the daylight to be used in other periods. On the other hand, the heat storages are much simpler, cheaper and more efficient than electricity storages, thus the thermal energy stored during the day without large losses could be turned into electricity at night, making solar thermal power plants economically the most favorable way to convert solar energy into electric energy.
- ii. A solar thermal power plants operate on the principle of concentrating the solar energy to create a high temperature of the working fluid which is later used for the propulsion of the corresponding turbine

connected to an electrical generator and producing electricity. The working fluid might be liquid or gas, such as water, oil, various molten salts, air, nitrogen or helium, while as turbines usually could be used steam or gas turbines. These plants are generally quite efficient in the rate of 30% to 40% and with a capacity of 10s and up to 100s MW, which is very important in electricity generation.

Having all these in mind, a study was performed to investigate the possibility of full or partial replacement of the coal as fossil fuel in the TPP Bitola [3]. Since The Republic of Macedonia has large global solar irradiation value of about 1.53 kW/m^2 annually, the general aim of the study was to perform technical and financial investigation of the potentials for the development of ISTPP as a repowering scheme of the existing TPP Bitola, as shown in Fig. 2.

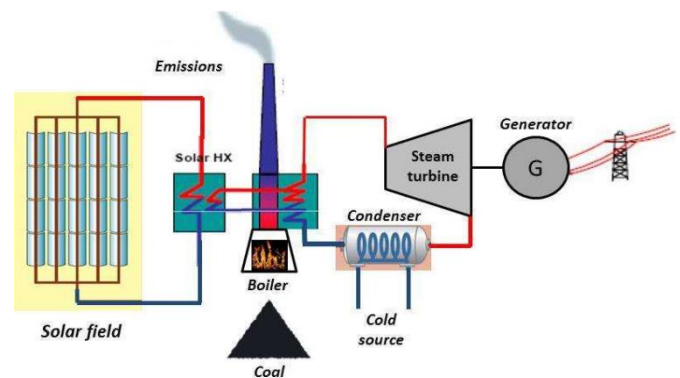


Fig. 2: Scheme of the integrated solar-thermal power plant.

3. POTENTIALS FOR DEVELOPMENT OF ISTPP

The first step towards development of such integrated or hybrid TPP was to define the potential for solar energy harvesting and available free space in the vicinity of the TPP to be used for that purpose. Today on the solar market for the concentrated solar power (CSP) there two commercially available technologies: (1) parabolic trough (PT) technology, and (2) Liner Fresnel through (LFT) technology. Both use so-called line focusing of the solar energy in the piping system through which flows working fluid that extracts solar energy and transports it into suitable thermal reservoirs or thermal storage system. The major difference between these two systems is the shape of the solar mirrors, which in case of PT mirrors have curved parabolic shape, while in case of LFT mirrors are flat, however with appropriate spatial position to focus the solar energy into linear piping system. The other two technologies mentioned on Fig. 1, and Fig. 3, solar tower and parabolic dish were not taken into consideration because they are still not in commercial use.

Obviously, to obtain the large amount of harvested solar energy, it is necessary to have a huge amount of reflecting mirrors, and consequently, large available area for locating them. Surrounding TPP Bitola, several potential free areas were investigated, and as the most suitable the location field n° 1 was selected for several reasons, such as closeness to the existing power plant, accessibility, available space and

distance from the local pollutants, such as flying ash, coal dust and other emission particles, etc. This field has a total available area of 390,000 m² which, in accordance with the study could be enough for installation of concentrated parabolic solar panels with maximal capacity of 50 MW_{th}.

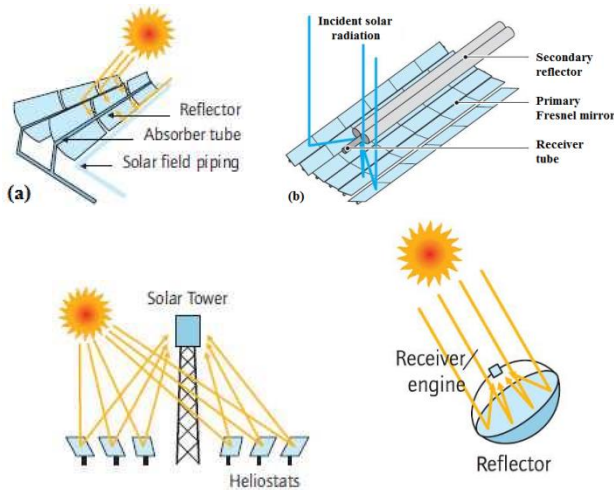


Fig. 3: Concentrated solar power: (a) parabolic through (PT), (b) linear Fresnel trough (LFT), (c) solar tower, and (d) parabolic dish.

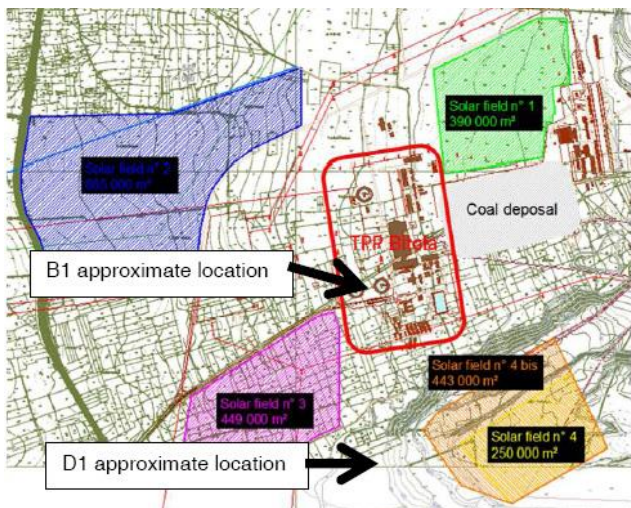


Fig. 4: Investigated potential location for concentrated solar fields (n° 1 to n° 4) and geological borelogs (B1 & D1).

Since the installed electric power unit at TPP Bitola has capacity of 225 MW, it is readily seen that the total thermal capacity of 50 MW_{th} obtained by the concentrated solar field is not enough to entirely replace existing fuel. Therefore, two possibilities remains, either (1) construction of entirely new TPP with much lower installed capacity, or (2) use the generated solar energy as partial replacement for the thermal energy needed by the existing thermal power plant, currently supplied by the coal firing. The second approach seemed more viable and was accepted as preferred. However, even with this approach, several possible options for integration of the generated solar heat generated with the existing TPP had to be considered, such as:

- i. Injection in the cold reheat stream,
- ii. Boiler preheating,
- iii. HP feed water heater (FWH) by-pass, and

- iv. LP feed water heater (FWH) by-pass.

Options for remodeling of the existing power plant are summarized in Table 1. For security reasons and after detailed consultation with the producers of the boiler and turbine, the Option 2 was selected since it was easier to perform a modest remodeling of the boiler instead of huge and uncertain remodeling of the turbine.

Table 1: Considered solar heat integration options.

Integration options	Temperature of the primary fluid	Pressure of the primary fluid	Conventional equipment impacted
Option 1	340°C	30 bar	Turbine
Option 2	285°C	155 bar	Boiler
Option 3	250°C	155 bar	Turbine
Option 4	160°C	7.2 bar	Turbine

In the selected Option 2, the solar-thermal energy is used to raise the feed water temperature between the last feed water heater and the inlet of the boiler, as shown in Fig. 5. This aims at decreasing the thermal power of the boiler during the sunny hours, and avoids any modification on the operating parameters of the turbine and does not impact the boiler efficiency.

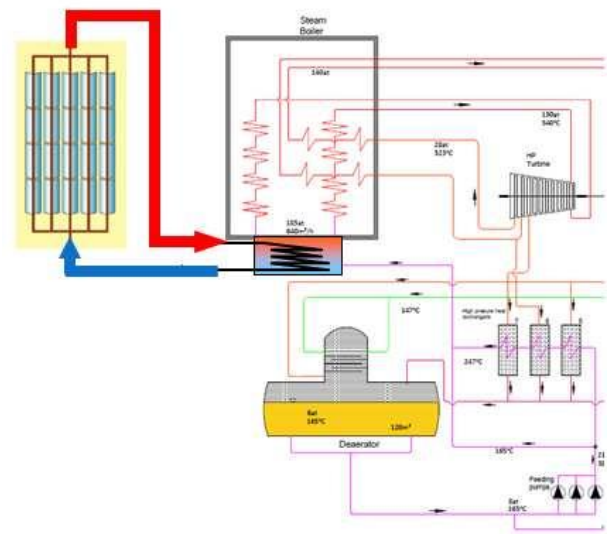


Fig. 5: Basic scheme of the boiler preheating integration option.

4. EXPECTED TECHNICAL PERFORMANCES

In accordance with the measured data, the performance of the solar field is modeled and presented on Fig. 6. As expected, during the summer months when the amount of solar energy and the number of solar hours is larger, the heat production is larger and the energy substitution is also larger, as can be seen from Fig. 7. The major ISTPP performance data is presented in Table 2.

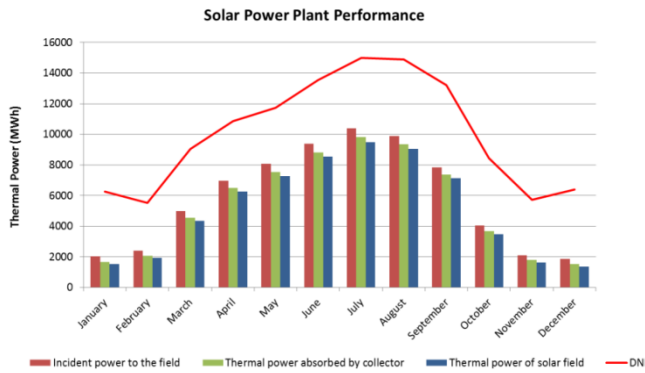


Fig. 6: Thermal performance of the solar field.

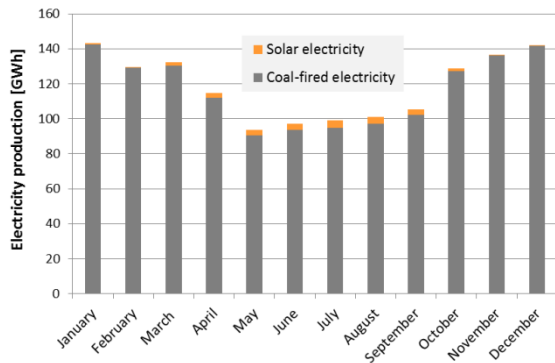


Fig. 7: Monthly net electricity production of the hybrid solar and coal power plant

Table 2: Major ISTPP performance data.

Annual average solar heat production	[GWh _{th,solar}]	53
Solar heat to elec. conversion eff.	[%]	48
Solar electricity produced	[GWh _{e,solar}]	25
Elec. produced by one coal-fired unit	[GWh _{elec}]	1,500
Solar elec. production / one unit	[%]	1,67
Elec. produced by TPP Bitola	[GWh _{elec}]	4,500
Solar elec. production ratio / TPP Bitola	[%]	0,55

5. EXPECTED FINANCIAL PERFORMANCES

The expected financial performances initially were analyzed for parabolic trough (PT) and linear Fresnel trough (LFT) technology, separately. It was found that the difference in the investments are marginal, since the PT technology needs less PT mirrors, less available land and has a little better efficiency than the LFT technology. However, the price of PT mirrors are little higher than that of LFT mirrors, and the O&M of the LFT mirrors is easier and cheaper. The expected investment cost and O&M of the solar field based on LFT technology are summarized in Table 3. The expected economical data and their influence on the prices if the generated electricity in the TPP Bitola, are given in Table 4.

As can be seen from Table 4, investment in solar field and construction of new hybrid power plants based on integration of solar field energy generation and conventional coal-fired TPP could be very successful approach toward substitution of fossil fuels with environmentally friendly renewable energy sources, in this case solar energy. The potentially expected negative financial effects could be observed as modest increase of 0,21, 0,07 and 0,05 €cents/kWh_{el} on the

production price of the existing one unit, the whole TPP Bitola with three units, and the entire ELEM's energy production. In percentage to the existing regulated tariff these increase amounts for 5,2%, 1,8% and 1,3%, respectively which is financially very attractive solution in comparison either with generation price of PV solar power plants, or investment in other emerging technologies such as Carbon-capture storage power plants.

Table 3: Investment and O&M cost for LFT solar field.

Investment cost	
Intermediate heat exchanger	1,500,000 □
Solar field preparation	500,000 □
Auxiliaries	1,000,000 □
Solar field collectors	21,744,000 □
Heat pipes (solar field to TPP)	1,200,000 □
Contingencies	5,188,800 □
Total:	31,132,800 □
O&M cost/annually	
Maintenance (1% of the Investment)	311,328 □
Management fee (8,800 □/man/year)	70,400 □
Water consumption	900 □
Insurance (1% of the Investment)	311,328 □
Total:	693,966 □

Table 4: Marginal cost and tariff changes for the ISTPP.

Annual unit production	1,500,000	MWh _{el}
Annual TPP Bitola production	4,500,000	MWh _{el}
Annual ELEM production	6,000,000	MWh _{el}
Solar electricity production	25,745	MWh _{el}
portion of unit production	1.72	%
portion of whole TPP Bitola	0,57	%
Solar electricity production cost	16,49	€cents/kWh _{el}
Added marginal cost /1 unit	0,21	€cents/kWh _{el}
/TPP Bitola	0,07	€cents/kWh _{el}
/total ELEM production	0,05	€cents/kWh _{el}

6. CONCLUSION

In this paper a new approach for repowering of the existing, especially coal-fired TPP is presented. The concept is based on integrated utilization of the existing heat generation system of coal-fired TPP with the development of concentrated solar field for generation of additional heat utilizing solar energy as renewable energy resource. The technical and economical benefits of such a scheme a presented for the existing TPP Bitola.

REFERENCES

- [1] UN IDO, "Sustainable Energy for All: A Global Action Agenda," *The Secretary-General's High-Level Group on Sustainable Energy for All*, April 2012.
- [2] Jasper Frenzel, "Concentrated Solar Thermal Power plants: The future of power supply in Europe," MSc. Thesis, Ritsumeikan Asia Pacific University, 2011.
- [3] AD ELEM, ARTELIUM, and CARBONIUM, "Concentrated Solar Power Plant: Design of the Hybrid SCP Plant," Feasibility Study, Skopje, 2012.

IDEJNO REŠENJE I EKONOMSKA OPRAVDANOST IZGRADNJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KROVU LABORATORIJE TEHNIČKIH FAKULTETA U PODGORICI

CONCEPTUAL DESIGN AND ECONOMIC FEASIBILITY OF BUILDING ROOF TOP PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE LABORATORY OF TECHNICAL FACULTY IN PODGORICA

Vladan Durković¹, *Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore; Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu*
Željko Đurišić, *Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu*

Sadržaj: U radu se razmatra idejno rešenje fotonaponske elektrane na krovu zgrade Laboratorije Tehničkih fakulteta u Podgorici. Data je procjena solarnog potencijala mikrolokacije, a zatim je prikazana mogućnost tehničke realizacije i ekonomska opravdanost gradnje ove elektrane.

Abstract: In this paper it is analysed feasibility of building roof top photovoltaic solar plant on the Lab of Technical faculty in Podgorica. It is presented solar resource of location and analysed technical and economic possibility of building this solar plant.

1. UVOD

Gradnja fotonaponskih (FN) elektrana zadnjih godina je u stalnom porastu. Tako, tokom 2015. godine u svijetu je instalirano 40 GW FN elektrana, pa trenutno ukupna snaga instaliranih FN elektrana iznosi 177 GW. Najveći porast u instaliranoj snazi tokom 2015. godine bilježi Kina, sa 10,4 GW i Japan sa 9,6 GW. Međutim, u ukupnoj instaliranoj snazi FN elektrana i dalje prednjači Njemačka sa blizu 40 GW [1].

U urbanim sredinama su popularne krovne FN elektrane. Krovne FN elektrane su manje snage, relativno lako zadovoljavaju propise o priključenju na mrežu a ne zauzimaju novi prostor.

S obzirom da je za veći dio teritorije Crne Gore broj časova sijanja Sunca preko 2000 časova/god, autori su smatrali da bi bilo interesatno uraditi analizu razvoja FN elektrane na krovu Laboratorije tehničkih fakulteta u Podgorici. Takođe, slične inicijative postoje u regionu [2],[3]. U ovom radu poslije opisa mikrolokacije i procjene njenog solarnog potencijala data je analiza proizvodnje FN elektrane. Na kraju rada data je analiza ekonomske opravdanosti gradnje FN elektrane.

2. OPIS MIKROLOKACIJE

Izabrana lokacija za postavljanje FN elektrane je ravni krov Laboratorija tehničkih fakulteta čija je osnova orjentisana 20° prema zapadu u odnosu na jug i djelimično u sjenci glavne zgrade tehničkih fakulteta, slika 1. Detaljna analiza procjene proizvodnje FN elektrane sa uzimanjem u obzir zasjenčenja je moguća upotrebom profesionalnih softverskih programa [4].

U nedostatku profesionalnih softvera, procjena uticaja sjenke je izvršena na sledeći način. Uzete su tri referentne tačke za proračun sjenke, na slici 1 označene brojevima 1,2,3.



Slika 1. Pogled na krov Laboratorije tehničkih fakulteta u Podgorici

Uticaj sjenke na proizvodnju FN elektrane, je određen pomoću dijagrama putanje Sunca i modela sjenke, koji je formiran na osnovu građevinskog projekta zgrade. Za referentnu tačku 2, slika 1, dijagrami putanje Sunca za pojedine mjesece (za srednji dan u svakom mjesecu) i model sjenke prikazani su na slici 2.

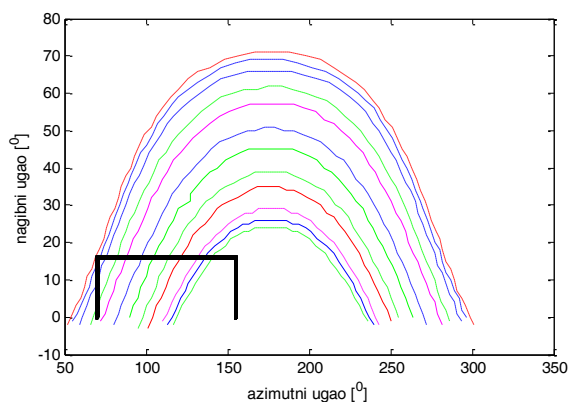
Sa slike 2. se može uočiti da je FN elektrana u sjenci tokom jutarnjih časova kada praktično neće biti proizvodnje električne energije. Pritom treba istaći da je trajanje zasjenčenja različito za svaki mjesec u godini. Zasjenčenje će najduže trajati u mjesecu decembru, a u julu ga neće biti.

3. PROCJENA SOLARNOG POTENCIJALA MIKROLOKACIJE

Polazni podatak za proračun solarnog potencijala razmatrane mikrolokacije su mjerenja iradijacije. Međutim, danas postoji veliki broj baza podataka iradijacije dobijenih na osnovu zemaljskih i satelitskih mjerenja, npr [5],[6]. U ovome radu su korišćena mjerenja iz PVGIS baze podataka [5]. U ovoj bazi podataka dostupna su višegodišnja 15-min mjerenja horizontalne iradijacije, tako da se smanjuje greška

¹ Student doktorskih studija na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, zaposlen na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici

usled varijacija godišnjih vrijednosti insolacije. Za preciznije sagledavanje proizvodnje bilo bi poželjno da se na samoj ciljanoj lokaciji instalira mjerna oprema koja bi pored piranometra trebalo da sadrži i termometar, kako bi se što preciznije sagledala realna efikasnost FN panela.



Slika 2. Dijagrami putanje Sunca za pojedine mjesece i model sjenke

Uvažavajući efekat zasjenčenja, potrebno je u bazi podataka iradijaciju izjednačiti sa nulom kada postoji sjenka. Nakon ažuriranja horizontalne iradijacije, koristeći Liu-Jordan-ovu formulu (1) [7], moguće je razdvojiti ukupnu horizontalnu iradijaciju na direktnu i difuzionu komponentu.

$$\frac{I_{DH}}{I_H} = 1.390 - 4.027 \cdot K_T + 5.531 \cdot K_T^2 - 3.108 \cdot K_T^3 \quad (1)$$

gdje su: K_T – faktor vredine; I_{DH} – difuziona horizontalna iradijacija [kW/m^2]; I_H – ukupna horizontalna iradijacija [kW/m^2].

Faktor vedrine se računa prema:

$$K_T = \frac{I_H}{I_o} \quad (2)$$

gdje je: I_o – horizontalna iradijacija ekstraterestičkog zračenja [kW/m^2].

Iradijacija I_o se računa po formuli:

$$I_o = \left(\frac{24}{\pi}\right) \cdot SC \cdot \left[1 + 0.034 \cdot \left(\frac{360 \cdot n}{365}\right)\right] \cdot (\cos L \cdot \cos \delta \cdot \sin H_{sr} + H_{sr} \cdot \sin L \cdot \sin \delta) \quad (3)$$

gdje su: SC – solarna konstanta 1377 W/m^2 ; n – redni broj posmatranog dana u godini; L – geografska širina [$^\circ$]; δ – solarna deklinacija [$^\circ$], koja se računa prema (4)

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left((n-81) \cdot \frac{360}{365}\right) \quad (4)$$

H_{SR} – satni ugao zalaska Sunca koji se računa prema (5)

$$H_{SR} = \cos^{-1}(-\tan(L) \cdot \tan(\delta)) \quad (5)$$

Imajući u vidu je da je ukupna horizontalna iradijacija zbir direktne i difuzione horizontalne iradijacije, ima se:

$$I_{BH} = I_H - I_{DH} \quad (6)$$

gdje je: I_{BH} – direktna horizontalna iradijacija [kW/m^2]

Ukupno difuziono i reflektovano zračenje koje padne na FN modul, postavljen pod nagibnim uglom Σ [$^\circ$] u odnosu na horizontalu, se može sračunati prema sledećim relacijama:

$$I_{DC} = I_{DH} \cdot \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2}\right) \quad (7)$$

$$I_{RC} = \rho \cdot I_H \cdot \left(\frac{1 - \cos \Sigma}{2}\right) \quad (8)$$

gdje je: I_{DC} – difuziona iradijacija koja padne na FN modul [kW/m^2]; I_{RC} – reflektovana iradijacija koja padne na FN modul [kW/m^2]; ρ – koeficijent refleksije (0.2-0.8).

Direktna komponenta Sunčevog zračenja, I_{BC} [kW/m^2] koje padne na FN panel se računa prema:

$$I_{BC} = I_{BH} \cdot \left(\frac{\cos \theta}{\sin \beta}\right) \quad (9)$$

gdje su: θ – altitudni ugao [$^\circ$]; β – incidentni ugao [$^\circ$]

Nakon proračuna komponenti Sunčevog zračenja, ukupna iradijacija koja pada na FN panel I_C [kW/m^2] je zbir direktne, difuzione i reflektovane komponente, (10).

$$I_C = I_{BC} + I_{DC} + I_{RC} \quad (10)$$

Zbog arhitektonskog rešenja krova, aktivna površina FN modula je zakrenuta 20° u odnosu na jug prema zapadu.

Na osnovu jednačina (1)-(10), moguće je odrediti optimalni nagibni i azimutni ugao, pri kojem FN elektrana ima najveću proizvodnju. Međutim, zbog ograničenja azimutnog ugla arhitektonskim rešenjem krova, određena je optimalna vrijednost nagibnih uglova. U tabeli 1 je prikazan optimalni nagibni ugao FN elektrane određen za tačke 1,2 i 3.

Takođe, u tabeli 1 je prikazan optimalni nagibni ugao FN elektrane ako ne bi bilo zasjenčenja. Optimalni azimutni ugao kod ove FN elektrane iznosi 0° .

Tabela 1 pokazuje, što je veće zasjenčenje, optimalni nagibni ugao FN elektrane je manji.

Stepen refleksije zavisi od okoline objekta gdje je postavljena FN elektrana i može se povećati, ako se površina krova premaže bijelom farbom (na primjer asfaltolom).

Tabela 1. Optimalni nagibni ugao pojedinih modula

	FN elektrana bez zasjenčenja	FN elektrana 1	FN elektrana 2	FN elektrana 3
nagibni ugao [$^\circ$]	35	27	31	33

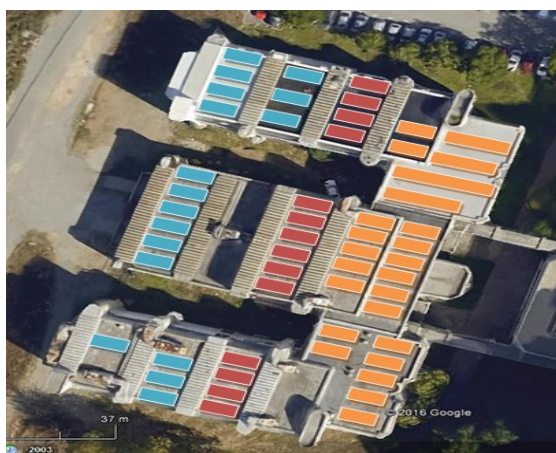
Standardna vrijednost koeficijenta refleksije iznosi 0.2 za sive betonske površine, dok u slučaju kada bi krov bio prekriven asfaltolom ovaj koeficijent bi iznosio 0.65.

Tabela 2 pokazuje da je najveći uticaj asfaltola na FN elektranu 1 (povećanje godišnje iradijacije za 3.72% u

odnosu kada krov ne bi bio premazan asfaltolom), najmanji na FN elektranu 3, što je u saglasnosti sa formulom (8). Premazivanje krova laboratorije u slučaju FN elektrane 3, skoro u potpunosti kompenzuje gubitke usled uticaja sjenke i azimutnog ugla panela od 20°. Pored pozitivnih efekata u pogledu povećanja iradijacije na površini panela, asfaltol bi smanjio i temperature betonskih površina krova, što bi takođe doprinijelo većoj efikasnosti panela. S obzirom da je investicija za farbanje krova relativno mala u odnosu na efekte koji bi se dobili kroz proizvodnju elektrane, u radu se na dalje podrazumijeva da je krov premazan asfaltolom.

4. ANALIZA PROIZVODNJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE

Idejno rešenje FN elektrane se sastoji od ukupno 348 FN modula, ukupne snage 104.4kW_p, (FN elektrana 1 - 162 modula (48.6 kW_p), FN elektrana 2 - 84 modula (25.2 kW_p), FN elektrana 3 - 102 modula (30.6 kW_p)), slika 3. Razmak između redova je određen prema položaju Sunca 21. decembra u 12h i iznosi 4m.



Slika 3. Krovna FN elektrana (FN elektrana 1- narandžasti FN moduli; FN elektrana 2 – crveni FN moduli; FN elektrana 3 – plavi FN moduli)

Povećanje temperature FN modula iznad standardne vrijednosti (25°C) uzrokuje pad efikasnosti modula za oko

0.5%/°C. Temperatura FN modula se može procijeniti na osnovu ambijentalne temperature prema sledećoj jednačini:

$$T_{pv} = T_{amb} + \left(\frac{NOCT - 20}{0.8} \right) \cdot I_c \quad (11)$$

gdje je: T_{pv} – temperatura FN modula [°C]; T_{amb} – ambijentalna temperatura [°C]; I_c – solarna iradijacija na površini modula [kW/m²]; $NOCT$ – (Normal Operation Cell Temperature) temperatura solarnih ćelija pri normalnim uslovima eksploatacije. Pod normalnim uslovima eksploatacije se podrazumijeva temperatura ambijenta 25°C, brzina vjetra 1m/s i solarna iradijacija 0.8 kW/m². Za većinu FN modula vrijednost NOCT-a iznosi 47°C.

Pored temperature na efikasnost konverzije bitno utiču: stepen efikasnost invertora, zaprljanost modula, neuparenost modula. Da bi efikasnost sistem bila što bolja treba težiti da moduli koji formiraju panele budu što približnijih karakteristika. Nazivna snaga na AC strani se računa prema formuli (12).

$$P_{AC} = P_{DC,STC} \cdot \eta_z \cdot \eta_n \cdot \eta_T \cdot \eta_{inv} \quad (12)$$

gdje su: $P_{DC,STC}$ – nazivna snaga FN elektrane sa DC strane pri standardnim uslovima, η_z – prosječni gubici usled zaprljanja (usvojeno 4%), η_n – prosječni gubici usled neuparenosti modula (usvojeno 3%), η_{inv} – deklarirana euro-efikasnost invertora (usvojeno 97.7%), η_T – gubici usled nadtemperature. Gubici usled nadtemperature su izračunati na osnovu srednjih maksimalnih mjesečnih vrijednosti temperature za Podgoricu [8] i relacije (11).

Jednostavan način za prikazivanje efikasnosti proizvodnje FN elektrane je prikazivanjem njegove godišnje AC energije i faktora kapaciteta (CF – Capacity Factor), relacija (13).

$$W (kWh/god) = P_{AC} (kW) \cdot CF \cdot 8760 (h/god) \quad (13)$$

Očekivane godišnje proizvodnje FN panela i njihov faktor kapaciteta su prikazane u tabeli 3. Ukupna procijenjena godišnja proizvedena električna energija FN elektrane je 130,80 MWh/god.

Tabela 2. Procijenjena vrijednost insolacije [kWh/m²/dan] na površini FN modula za različite koeficijente refleksije

	FN elektrana bez zasjenčenja (ρ=0.2)	FN elektrana 1 (ρ=0.2)	FN elektrana 1 (ρ=0.65)	FN elektrana 2 (ρ=0.2)	FN elektrana 2 (ρ=0.65)	FN elektrana 3 (ρ=0.2)	FN elektrana 3 (ρ=0.65)
januar	2.7477	1.80	1.8468	2.3853	2.4521	2.5381	2.6092
februar	3.5496	2.617	2.6850	3.1338	3.2278	3.2754	3.3737
mart	4.7700	4.2594	4.3914	4.6626	4.8165	4.8573	5.0176
april	5.6841	4.815	4.9619	5.3174	5.4876	5.4595	5.6342
maj	6.5586	5.803	5.9771	6.0971	6.3410	6.3381	6.5916
jun	7.2396	6.7001	6.9546	6.9521	7.2419	7.100	7.3982
jul	7.6861	6.9612	7.2314	7.6398	7.9454	7.5502	7.8522
avgust	7.1253	6.2538	6.4791	6.7019	6.9567	6.8875	7.1492
septembar	5.6441	4.8767	5.0376	5.3461	5.5332	5.4916	5.6838
oktobar	4.2642	3.5081	3.6097	3.9769	4.0962	4.2363	4.3634
novembar	2.8747	1.7739	1.8200	2.7844	2.8624	2.874	2.9545

decembar	2.3181	1.0195	1.0450	1.7168	1.7623	1.7756	1.8235
godišnje	5.0385	4.1989	4.3367	4.7259	4.8936	4.8653	5.0376

Tabela 3: Očekivana godišnja proizvodnja i faktor kapaciteta

	Očekivana proizvodnja [MWh/god]	CF [%]
FN elektrana 1	56.364	14.56
FN elektrana 2	33.074	16.47
FN elektrana 3	41.367	16.97

5. ANALIZA EKONOMSKE OPRAVDANOSTI FN ELEKTRANE

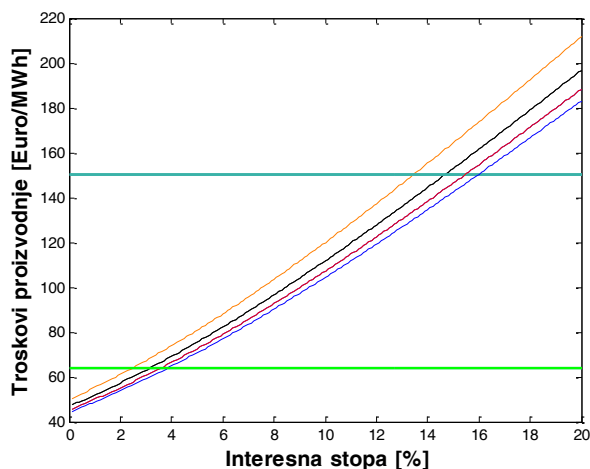
U okviru ekonomske analize razmatrane su mogućnosti da se električna energija otkupljuje po Feed-in tarifi i po tržišnim cijenama. Prema odluci Vlade Crne Gore [9] otkupna cijena električne energije, u Crnoj Gori, koja je proizvedena iz FN sistema na zgradama ili građevinskim konstrukcijama iznosi 150 €/MWh. Prosječna godišnja tržišna cijena za obdanicu, prema EEX berzi iznosi 64 €/MWh.

Troškovi proizvodnje se mogu proračunati prema:

$$c = \frac{\left(\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \cdot I_{tot}}{A \cdot E} + m \quad (14)$$

gdje su: i – interesna stopa; n – period eksploatacije FN elektrane (usvojeno 25 god), I_{tot} – ukupna investicija (usvojeno 1.1 €/W_p), A – raspoloživost FN (kroz ovaj faktor je uključena degradacija FN panela i raspoloživost distributivne mreže; usvojena vrijednost 95%), E – godišnja proizvedena električna energija (usvojeno 130.8 MWh); m – operativni troškovi (usvojeno 0.01 €/kWh).

Na slici 4, svijetlo plavom bojom je prikazana cijena električne energije prema Feed-In tarifi, dok je svijetlo zelenom prikazana tržišna cijena, a narandžastom, crvenom, plavom i crnom bojom su prikazani troškovi proizvodnje FN elektrane 1,2,3 i cijele FN elektrane, respektivno.



Slika 4. Procijenjeni troškovi proizvodnje električne energije FN elektrane u slučaju otkupa električne energije prema Feed-In tarifi i tržišnim cijenama.

Sa slike 4 se može zaključiti da u slučaju otkupa električne energije po Feed-In tarifi, FN elektrane 1,2 i 3 imaju ekonomsku opravdanost jer je njihova interna stopa povraćaja (IRR) 13.4%, 15.3% i 16%, respektivno. Cijela FN elektrana ima IRR od 14.6%. U slučaju otkupa električne energije po tržišnim cijenama, FN elektrane 1, 2, 3 i cijela FN elektrana će na životnom vijeku ostvariti prihod ako su troškovi investicije obezbijeđeni sa kamatnom stopom manjom od 2.5%, 3.6%, 3.85% i 3.1%, respektivno.

6. ZAKLJUČAK

U radu je analizirana mogućnost i isplativost gradnje FN elektrane na krovu Laboratorije tehničkih fakulteta u Podgorici. FN elektrana se sastoji od tri cjeline, ukupne instalisane snage 104.4 kW_p. Projekat je finansijski isplativ jer je utvrđena relativno visoka interna stopa povraćaja od 14.6% za slučaj otkupa proizvedene električne energije prema Feed-In tarifi, dok u slučaju otkupa proizvedene električne energije po tržišnim cijenama investicija ne bi mogla biti isplativa jer pokazuje relativno nisku internu stopu povraćaja od 3.1%.

Osim distribuirane proizvodnje električne energije i profita, koja bi ostvarila ova elektrana, ona bi mogla biti sastavni dio laboratorije. Sva mjerenja električnih i neelektričnih parametara, s obzirom na lokaciju elektrane, mogla biti lako uvedena u laboratorijski prostor i uključena u nastavu. U ovom radu nisu analizirane električne šeme vezivanja panela i izbor invertora, jer bi one trebalo biti usklađene sa potrebama laboratorije i priključnog mjesta na distributivnu mrežu.

LITERATURA

- [1] Market report 2015 Eur. Photovoltaic Industry Assoc. (EPIA), <http://epia.org>.
- [2] G. Dobrić i ostali, "Fotonaponski sistem na krovu zgrade tehničkih fakulteta u Beogradu povezan na distributivnu mrežu", *INFOTEH-JAHORINA, Vol. 11*, March 2012.
- [3] V. Katić i ostali, "Relizacija krovne fotonaponske elektrane na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu", *Tehnika-elektrotehnika 64*, 2015.
- [4] PVSyst, <http://pvsyst.com/en/>
- [5] PVGIS, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [6] PVWatts Calculator – NREL, <http://pvwatts.nrel.gov/>
- [7] G. Masters, "Renewable and Efficient Electric Power Systems," *Stanford University*.
- [8] Hidrometeorološki zavod Crne Gore, <http://meteo.co.me>
- [9] Uredba o tarifnom sistemu za utvrđivanje podsticajne cijene električne enegije iz obnovljivih izvora energije i visokoeffikasne kogeneracije, <http://oie.res.me>.

OD PAMETNIH SOBA DO PAMETNIH HOTELA FROM SMART ROOMS TO SMART HOTELS

Biljana Petrevska, *Faculty of Tourism and Business Logistics, "Goce Delcev" University – Štip, Macedonia*
Vlatko Cingoski, Saso Gelev, *Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delcev" University - Štip, Macedonia*

Sadržaj: *Ovaj rad daje prikaz potencijalnog puta koji novi hoteli mora zadovoljiti kako bi poboljšali svoj status iz hotela s pametnim sobama prema punom obimu pametnog hotela. To predstavlja mogući prelazni način, uključujući inovativne aplikacije utemeljene na savremene informacione tehnologije za ambijentalne postavke u domenu hotelske industrije koja ima za cilj poboljšanje kvaliteta pruženih usluga, a polazeći od sadašnjeg nivoa pametne sobe. Glavni cilj ovog rada je da postavi osnovu koju pametni hoteli moraju zadovoljiti korištenjem sofisticiranih informacijskih tehnologija za direktnu interakciju sa gostom. Time bi gost koristio hotelske usluge u zavisnosti od svojih želja i zahteva tako da bi njegov boravak bio što ugodniji. Na osnovu toga, zaključujemo da budućnost hotelske industrije leži u okviru razvoja koncepta pametnih hotela, koji omogućuje da gost ne oseti da je daleko od kuće i da dobije jedinstveni doživljaj.*

Abstract: *This paper gives an overview of a potential path that new hotels have to satisfy to improve their status from a hotel with smart rooms towards a full-scale smart hotel facility. It presents a possible transitional way including innovative applications based on modern information technology for ambient settings in the domain of hotel industry that aims to improve the quality of offered services towards clients, starting from the present level of smart rooms. The main objective is to pose the basis that hotels must satisfy by utilizing sophisticated information technologies for direct interaction with the guest, as well as to accommodate hotel services depending on guest's wishes and needs in order to make their stay as pleasant as possible. Accordingly, the paper concludes that the desired future of the hotel industry is within the concept of being a smart establishment aiming to leverage the disadvantages of being away from home and offering a unique guest experience.*

1. INTRODUCTION

The hotel industry is growing worldwide rapidly with high and good outlook of occupancy, the revenue per available room and the average daily rates. Even more, by 2016, total hotel revenues are expected to exceed half a trillion USD [1]. Yet, the managers working in the hotel industry always face with constant challenges how to attract larger number of guests in a time of ever changing guests' preferences and an increased demand for tailored-made services.

The time has passed when the guests were satisfied with only clean linen, and the gym and spa are no longer extras, but essential amenities. Nowadays, guests can search, compare prices, check reviews and book online, seeking for new and even higher standards. Consequently, the opportunities are immense for those hotels which are flexible enough and willing to change their services rapidly with the time, transforming their business concept from hotels that include smart rooms, into an up-to-date concept of the so-called smart hotels. Moreover, becoming a smart hotel is the only way to achieve differentiation in an increasingly crowded and competitive hospitality market. By achieving this, hotels often aim at promoting some design features that bring a luxury status of the establishment [2 – 7]. Furthermore, smart hotels are environmentally-friendly oriented since they help mitigate many problems related to providing healthier indoor environment [8 – 12].

The purpose of this study is to identify, analyze and generalize the potentials for improving hotel services based on implementation of modern, mainly information technologies, towards enhancement of the quality of services from a high-scale hotel with smart rooms, towards a full-scale smart hotel. To achieve the purpose, the case study research method was chosen because it provides a detailed and in-depth conceptual analysis of a limited number of event conditions and their relationship [13]. Therefore, a five-star hotel "Flamingo" - Gevgelija on the border between Macedonia and Greece is discussed throughout the paper, as a case study that possesses some valuable findings for application of several issues related to the investigated subject. More precisely, the presented study contributes to assessment of the possibilities of evolving from a smart room concept to a smart hotel within the elaborated case.

2. SMART ROOM CONCEPT

The term 'smart' or intelligent room basically refers to a hotel room with a microprocessor operated station that monitors parameters important for normal functioning. Mainly, it includes supervision of temperature, movement of the guests in/out of the room, some sensors and alarms, etc. To achieve greater efficiency, such room stations are connected to the central computer, which provides centralized control not only on a single room bases, but rather on a set of rooms, floors or even the entire hotel.

With implementation of a smart room concept, one may accomplish the following objectives:

- Reduce the consumption of energy and water;
- Smooth and harmonious operation of all devices;
- Maximum convenience and comfort to the room occupants, including security of the guests and supervision of their belongings in the room;
- Increase of the reliability and quality of services;
- Improve hotel staff efficiency based on constant reception of new and most reliable information, regarding the status of the room parameters;
- Develop an "environmental awareness" among guests and operational hotel staff, etc.

Table 1 presents the estimated investment cost and the expected return period of these investments for achieving some common energy efficient measures taken in hotels. As noted, depending on the type of measures, the expected energy savings could be estimated between 25-70%, and the yearly cost savings between 6,000-20,000 €.

The following measures are taken into account:

- Short-term measures (*amendment of thermostatic valves, replacement of the showers, temperature adjustment, etc.*);
- Medium-term measures (*installation of solar thermal systems for hot water, installation of mixed valves and pumps, replacement of boilers, insulation of the water and heat pipes, etc.*); and
- Long-term measures (*installation of PV solar systems, restoration and replacement of the facade of the building, etc.*).

Table 1: Investments and effects calculation

Type of taken measures	Investment recovery	Energy savings	Cost savings (per year)
Short term	< 5 years	25 %	6,000 €
Medium term	> 5 years	37 %	10,000 €
Long term	> 10 years	70 %	20,000 €

In addition, a modern control system goes step further in the field of energy efficiency improvements and the decrease of hotel operational costs. These modern systems usually come under the short name of HVAC systems (Heating, Ventilation and Air Conditioning), can provide additional services towards accumulation of any unused energy, such as the hot water, the temperature and lighting control in the unoccupied rooms, etc., as shown in Fig. 1.

In this line, we present a way of energy saving as implemented in the case of hotel “Flamingo”. It is achieved through the simple fuzzy logic operation of the HVAC system depending on the guest presence in the room. The prescribed levels of temperature are set with three easy steps in manner as shown in the Table 2.

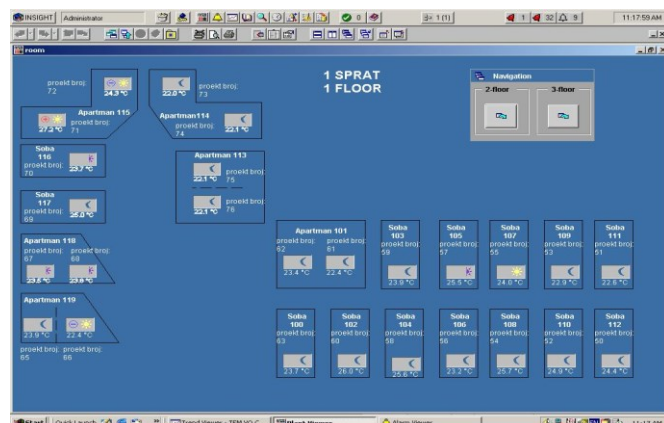


Fig. 1: Control panel for HVAC system (1 floor) Hotel Flamingo - Gevgelija.

The high tech environment established inside the smart rooms offers the guests a combination of a discrete sophisticated technology (*Satellite & Pay & Internet TV, radio, DVD, bill-check, etc.*), and superior comfort such as a smart-key, large working area, specific designed bed-desk for the workaholics, selection of bed and pillow types, various and selectable lighting options, and a large rain shower to unwind when the work is finally over.

Table 2: Automation of room temperature settings

Room status	Status of the HVAC System
Room is available	Only the refrigerator from the mini bar is in function.
Room is occupied, but the guest is outside the room	The refrigerator is in function, room temperature is set 3°C lower than the outside temperature. If the window is open, the HVAC system does not operate.
Room is occupied, and the guest is inside the room	All functions (<i>temperature, air-flow, etc.</i>) within the room may be set by the guest. If the window is open, the HVAC system does not operate.

The general feature model which actually possesses the functionality of the smart room along with its possible variations is presented in Fig. 2. Accordingly, the grey colored squares represent the active features in the smart room, while the white ones, the inactive. More precisely, the model presents all different features that the smart room can implement in order to satisfy the guest’s needs. Therefore, depending on the guest’s choice and intentions (*enter the room, work, watch movie or TV, sleep, leave the room, etc.*), the model activates and deactivates the appropriate features in the smart room control system.

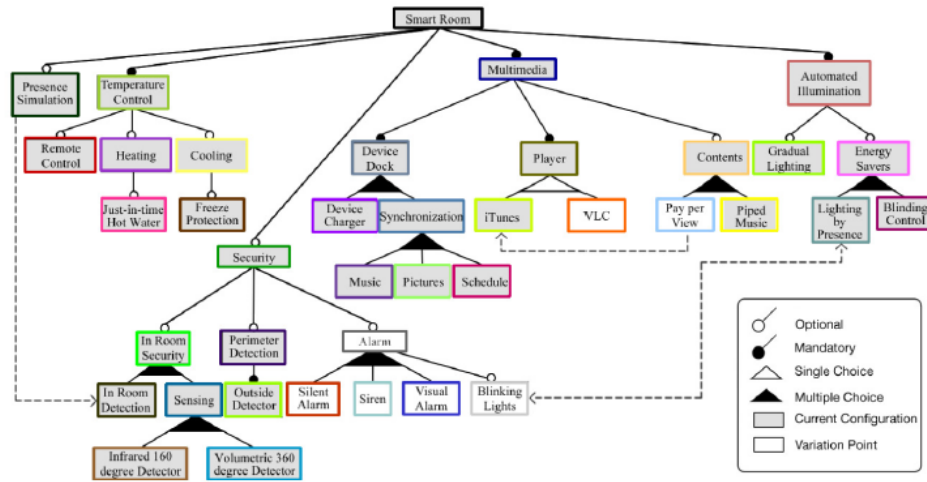


Fig. 2: General feature model of a modern smart room.

Having smart rooms, the hotel management could obtain real savings while simultaneously becoming eco-friendly in providing guests a superior, personalized experience. These intelligent rooms easily integrate lighting, shade, HVAC, entertainment and security controls into a single platform, which results in significant operational savings in a short period of time and make a quick return on investment. Hence, they offer an unobtrusive way to conserve money and resources by giving the guests environmentally green settings. The guests are able to use a single remote unit to control draperies, lighting, room temperature, room status, TV, music, video systems, to schedule wake-up calls and make various requests for services as housekeeping, room service, spa and many more services which make their stay perfect.

Moreover, the guests can make their own ‘green settings’ which allow them to select the preferences for light level, room temperature or the frequency of linen and bathing changes. The smart hotel concept deals with a creation of new life to the ordinary and common known hotel landscape. It is stylish, fresh and completely opposite from the traditional midscale accommodation which fails to adapt to the needs of modern guests. Today’s guests are looking for a new level of comfort and convenience similar to that in their homes, which only modern technology can provide. Due to the fact that they travel equipped with laptops, tablets, smart phones and other tech devices, the guests expect the hotel to offer a place where they can easily be ‘plugged in’.

All these amenities available to the guest, enable them to feel not only as welcomed guests in the hotel, but they could also get the feeling which significantly contributes towards the development of a better and greener environment, along with their unique and enjoyable stay in the hotel.

3. SMART HOTEL CONCEPT

A simple idea which normally appears of having a smart hotel as a hotel containing only smart rooms, does not fit the concept of the modern smart hotels. More has to be done and

implement in order the hotel industry to be able to enlist one hotel as a smart facility. The general model of a smart hotel concept, is schematically presented in Fig. 3. It is noticeable that it possesses a huge technical capability to capture the guests’ touch point opportunity on the hotel grounds - from the time they step into the lobby, to the time they leave the hotel.

Having only a smart room is just a small part of what is considered to be the least necessary for the development of a smart hotel. Starting from the lobby and registration desk, restaurants and bars, a full high-speed Wi-Fi in all facilities is considered as a must in one smart hotel. Each guest should freely enjoy using automatic check-in and check-out, digital concierge and restaurants with specially designed POS terminals where the guest can automatically set their food and drink preferences, eating time and table selection, variety of room and hotel entertainments, all other hotel services, video-surveillance, etc.

Having all this in mind, the concept of a smart hotel reaches far beyond having only smart rooms. A smart hotel represents a simple fail-safe model that can be developed double as fast as any traditional hotel. The stress is put on the return on investment due to its modal construction and innovative operational integration methods. It takes into account the whole facility integration such as energy efficiency improvements, inclusion of renewable energy sources, environmentally green policy and treatment towards all waste products in the business such as waste food, waste and sewage water treatment, energy recuperation, etc. Therefore, the smart hotel concept is rather an integrated concept which includes automation control system based on modern information technology, sophisticated set of sensors and actuators, optical or any other source of speedy communication facilities and protocols, wireless technology, integrated renewable energy sources, modern waste treatment technology and constant education and training of all hotel staff employees to achieve its successful implementation.

The staff education is one of the crucial steps towards the successful implementation of the proposed idea. Namely, the whole smart hotel concept strongly depends on the staff

knowledge and their commitment towards full and continuous implementation at all levels. Otherwise, the model can collapse leading towards additional costs and investments without fulfillment of the expected and desired results.

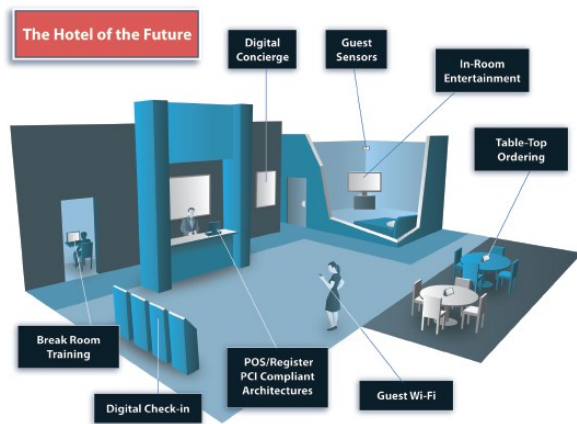


Fig. 3: The concept of a smart hotel.

4. CONCLUSION

In order to meet the high service expectations of new-style hotel consumers, hotel establishments move towards development and implementation of a new smart hotel concept. Their major business challenges include an increase of occupancy rates, return visits, and new business opportunities led by the reduced complexity and improved operational cost efficiency. The smart hotels take the best the technology has to offer in order to provide the guests a highly personalized experience. Hence, hotels create a smart environment which enables integration of voice, mobility, high-speed Internet access, and TV entertainment services, which on the other hand result in new experiences and improved services for guests. Moreover, the smart room technology is often combined with super-efficient service since this kind of room is customizable to individual preferences, learning guest habits and anticipation throughout their stay.

Even though the paper contributes to the state of art referring to the evolution of the smart room concept into the smart hotel concept, several issues arise which might be addressed in some future work. The presented data in the elaborated case study is reliable, but it is difficult to assess to what extent represents an example for development from a hotel with intelligent rooms to a hotel of the future. Therefore the study may be enhanced by addressing new aspects that clarify the idea of smart hotel in more in-depth manner.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is a part of the research project “*Opportunities and methods for energy substitution, savings and efficiency improvements in hotel industry*” financed by the “Goce Delcev” University - Stip, Macedonia (Ref. No. 0201-165/6 and 0801-139/26).

REFERENCES

- [1] Statista (2015). Global hotel industry revenue from 2008 to 2016.
- [2] Becker, E. J. (2009). *The Proximity Hotel: A Case Study on Guest Satisfaction of Sustainable Luxury Environments*, Masters Thesis, The University of North Carolina at Greensboro, Greensboro, NC.
- [3] Heung, V. Fei, C., and Hu, C. (2006). “Customer and Employee Perception of a Green Hotel—The Case of Five-Star Hotels in China.” *China Tourism Research*, 2(3), 270-297.
- [4] Curtis, E. (2001). *Hotel: Interior Structures*, Wiley-Academy, West Sussex, Great Britain.
- [5] Bernstein, L. (1999). “Luxury and the hotel brand: Art, science, or fiction?” *Cornell Hotel & Restaurant Administration Quarterly*, 40(1), 47-53.
- [6] Cohen, M. & Bodeker, G. (2008). *Understanding the Global Spa Industry: Spa Management*, Elsevier Ltd, Oxford, UK.
- [7] Heide, M. & Gronhaug, K. (2009). “Key Factors in Guest’s Perception of Hotel Atmosphere.” *Cornell Hospitality Quarterly*, 50, (1), 29-43.
- [8] Fisk, W. J. (2000). “Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency.” *Annual Review of Energy and Environment and Resources*, 25, 537-566.
- [9] Kats, G. (2003a). *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings*, A Report to California’s Sustainable Building Task Force, Sacramento, CA.
- [10] Kats, G. (2003b). *Green Buildings Costs and Financial Benefits*, Massachusetts Technology Collaborative, Boston, MA.
- [11] Ding, G. K. (2004). *The Development of a Multi-criteria Approach for the Measurement of Sustainable Performance for Built Projects and Facilities*, Ph.D. Dissertation, University of Technology, Sydney, Sydney, Australia.
- [12] Bohdanowicz, P. (2006). “Environmental Awareness and Initiatives in the Swedish and Polish Hotel Industries - Survey Results.” *Hospitality Management*, 25, 662-682.
- [13] Soy, S. (1997). “The Case Study as a Research Method.” <http://www.ischool.utexas.edu/~ssoy/usesusers/1391d1b.htm> (Access December 15, 2015).

KOMUNIKACIONI PROTOKOLI U INTELIGENTNIM OBJEKTIMA COMMUNICATION PROTOCOLS IN INTELLIGENT BUILDINGS

Nebojša Delibašić, *Digital Interiors, Podgorica*
Novak Jauković, Milovan Radulović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: U radu je, na primjeru rezidencijalnog kompleksa Dukley Gardens u Budvi, razmotren problem integracije različitih komunikacionih protokola podsistema inteligentne zgrade u cilju postizanja pune interoperabilnosti. Odabrano rješenje takođe omogućava pristup sistemu pomoću specijalizovanih aplikacija, pomoću mobilnog telefona, tableta ili preko web browser-a.

Abstract: This paper presents the problem of integration of different communication protocols in an intelligent building's subsystems, and is aimed at theirs full interoperability, using as an example residential complex of Dukley Gardens in Budva. The proposed solution allows access to the system using specialized applications, from mobile phone, tablet or a web browser.

1. UVOD

Posljednjih nekoliko decenija prisutna je nova paradigma koja omogućava korisnicima da u zgradama i kućama racionalno koriste energetske resurse smanjujući potrošnju energije, a samim tim povećavaju nivo bezbjednosti i komfora tokom eksploatacije stambeno-poslovnih objekata. Za navedenu paradigmu u stručnoj literaturi koristi se naziv inteligentni objekti ili pametne zgrade (kuće) [1],[2].

Inteligentna zgrada predstavlja koncept, koji bi mogao biti odgovor na ranije navedene izazove. Poseban značaj navedeni koncept je stekao zbog četiri osnovna faktora [3]: a) brz napredak i minijaturizacija poluprovodničkih tehnologija dovodi do ekspanzije primjene računarstva i elektronskih uređaja u našim svakodnevnim životima; b) eksponencijalan rast procesorske snage mikroprocesora; c) integracija naprednih tehnika obrade signala u veoma malim senzorskim čvorištima koji omogućavaju mjerenja i skladištenja podataka upotrebom kompleksnih tehnika procesiranja signala; i d) brz razvoj i napredak bežičnih komunikacionih tehnologija malog dometa i niske snage. Navedena četiri faktora pružaju izuzetne mogućnosti ostvarenju osnovnog cilja inteligentnih objekata integraciju svih sistema instaliranih u objektu, omogućavajući pri tome nadgledanje i upravljanje njima sa različitih uređaja (računara, tableta, mobilnog telefona). Osnovni sistemi u inteligentnim zgradama, koje je neophodno integrisati, su sistemi rasvjete, sistemi klimatizacije i ventilacije, sistemi sigurnosti i bezbjednosti. Zahtjevi za integracijom ostalih specifičnih sistema variraju od tipa, namjene objekta, ili specifičnih zahtjeva investitora.

Integracija navedenih sistema, najčešće različitih proizvođača, upućuje nas na posebnu pažnju prema komunikacionom podsistemu. Da bi bio zadovoljen koncept inteligentne zgrade, svi podsistemi unutar zgrade moraju biti povezani u jedan funkcionalan sistem. Koncept BAS-a (Building Automation System) ima za cilj da omoguću međusobnu komunikaciju svih sistema instaliranih u inteligentnim zgradama. Povezivanje svih podsistema u

zgradi može biti realizovano pomoću samo jednog komunikacionog protokola [2] (BACnet-a, LonWorks-a, KNX-a) ili korišćenjem više različitih protokola koji su međusobno povezani pomoću gateway-a. Većina autora, koji razmatraju problematiku inteligentnih objekata, posebnu pažnju usmjeravaju pitanju komunikacije [1],[2].

Tokom projektovanja, izbora opreme i izvođenja radova na objektima često se susrećemo sa problemima „komunikacije“ pojedinih podsistema. Zbog posebnog značaja ovog pitanja i propusta, koji dovode do povećanja cijene investicije, u ovom radu je opisan primjer integracije projektom predviđenih podsistema u objektu primjenom različitih komunikacionih protokola. Na primjeru rezidencijalnih objekata kompleksa Dukley Gardens Budva, prikazan je jedan od mogućih načina integracije podsistema rasvjete, podsistema sigurnosti i bezbjednosti, podsistema zavjesa i tendi i podsistema meteo stanica. [4]

2. KARAKTERISTIKE KOMPLEKSA

Dukley Gardens je elitno turističko naselje smješteno na poluostrvu Zavala, koje se nalazi na ulazu u Budvu. Kompleks je sagrađen po najvišim tehničkim standardima. Prilikom gradnje korišćeni su savremeni materijali i tehnologije. Kombinacijom energetske efikasnosti materijala i savremenih tehnologija ostvaruju se najveći svjetski standardi u pogledu energetske efikasnosti i funkcionalnosti objekata.

Na površini od oko 3500 m² nalazi se 36 rezidencijalnih objekata, slika 1, restoran i poslovno-stambeni objekat. U 36 rezidencijalnih objekata nalazi se 206 apartmana. Apartmani su jednosobni, dvosobni, trosobni i četvorosobni, a površina im se kreće između 77 m² i 535 m².

Rezidencijalni kompleks se sastoji od 36 vila, u kojima se nalazi od 3 do 9 apartmana u zavisnosti od veličine vile. Tehnička prostorija je predviđena za po dvije vile. Do svake tehničke prostorije dovedeni su energetske i optički kablovi, koji su dalje prosljeđeni do svakog apartmana. Osim optičkim kablovima, tehničke prostorije su povezane sa pripadajućim apartmanima FTP kablovima.



Slika 1: Šema kompleksa Dukley Gardens [4]

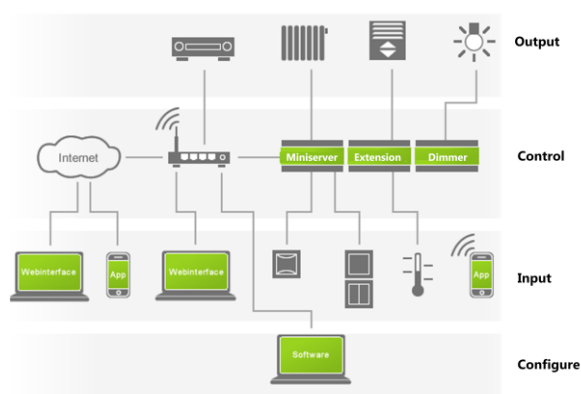
3. LOXONE KONTROLERSKI SISTEM

Zahtjevi za instaliranim sistemima na kompleksu su uticali na odabir kontrolerskog sistema, koji omogućava integraciju i upravljanje projektovanim sistemima. Svi instalirani sistemi su birani tako da se mogu integrisati sa Smart Home sistemom. Kontrolerski sistem koji je omogućio integraciju svih instaliranih sistema je Loxone. Integracija sistema je vršena na nivou apartmana. Pri izboru platforme bilo je potrebno ispuniti da se sistemu nadzora i upravljanja omogući pristup, pomoću specijalizovanih aplikacija, sa mobilnog telefona, tableta, ili preko web browser-a sa računara.

Osnovni modul Loxone platforme je Loxone Miniserver, koji je upravljačka jedinica cijele platforme. Aplikacije za Android i iOS uređaje su besplatne i mogu se preuzeti sa Google Play-a i App Store-a. Uređaji sa instaliranom aplikacijom predstavljaju HMI (Human Machine Interface) za Loxone platformu. Da bi se moglo pristupiti Loxone Miniserveru u apartmanu, neophodno je obezbijediti statičku IP adresu, ili korišćenjem Internet servisa obezbijediti pristup uređaju. Za svaki apartman na kompleksu Dukley Gardens predviđena je lokalna IP adresa 192.168.xxx.20, i adresa za pristup preko Interneta smarthome.dukleygardens.com:9xxx, gdje je broj xxx jedinstven za svaki apartman. Svaki Miniserver je povezan na lokalnu mrežu, i omogućen mu je pristup preko Interneta. Lokalna IP adresa omogućava korisniku da se preko lokalne mreže poveže sa Loxone kontrolerskim sistemom direktno iz apartmana. Korisnik ima mogućnost i da preko Interneta pristupi svom apartmanu, bez obzira gdje se nalazi. Na slici 2 je prikazana principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera na lokalnu mrežu i Internet.

Loxone Miniserver u sebi ima integrisan web-server. Pozivanjem IP adrese Miniservera iz web browser-a, otvara se web stranica na kojoj se korisnik apartmana loguje svojim nalogom. Logovanjem, korisniku se omogućava pregled statusa svih uređaja koji se kontrolišu preko Loxone kontrolerskog sistema i upravljanje njima.

Pristupanje Loxone Miniserver-u sa mobilnog telefona ili tableta, vrši se preko aplikacije Loxone. Nakon uspostavljanja konekcije sa uređajem, korisnik se loguje



Slika 2. Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera na lokalnu mrežu, aktuatore, senzore i Internet [5]

svojim nalogom, omogućava mu se pregled statusa svih uređaja i upravljanje njima. Komunikacija između Miniserver-a i računara, mobilnog telefona ili tableta odvija se pomoću WebSocket protokola. Loxone, osim WebSocket protokola, podržava i HTTP protokol. Podržani mrežni protokoli omogućavaju razmjenu informacija sa različitim sistemima kao što su centralizovani računari, audio-video serveri i drugi mrežni uređaji.

Sa druge strane potrebno je realizovati komunikaciju sa podsystemima u samom objektu. Modularnost Loxone platforme je omogućila integraciju raznorodnih tipova komunikacijskih protokola. Loxone Miniserver posjeduje 8 digitalnih ulaza, 4 analogna ulaza, 8 digitalnih izlaza i 4 analogna izlaza. Moduli omogućavaju kako proširenje broja analognih/digitalnih ulaza/izlaza, tako i interfejse na različite komunikacione protokole. Moduli proširenja su Ekstenzija, Dimer, Relejna ekstenzija, AIR Base, DMX, EnOcean, 1-Wire, IR, Modbus, RS-232, RS-485. Komunikacija između Miniservera i modula se odvija pomoću CANbus protokola. Na slici 3 je prikazan izgled Loxone Miniservera i modula proširenja. Jedan Miniserver može da opslužuje do 30 modula. Ukoliko je potrebno, broj ulaza, izlaza i komunikacija se može proširiti povezivanjem dva ili više Miniservera u strukturi master - slave.



Slika 3. Loxone Miniserver i moduli proširenja [5]

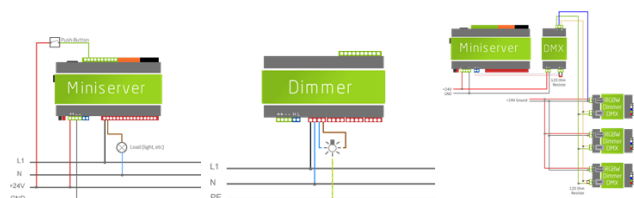
AIR Base, EnOcean i IR moduli omogućavaju bežičnu komunikaciju senzora i aktuatora sa Miniserverom. Air Base je Loxone-ov proizvod namijenjen za bežično povezivanje 128 različitih senzora (IR senzora, dimnih senzora, tastera, senzora temperature i vlage) i aktuatora (ventila, releja, dimera). EnOcean omogućava povezivanje 128 senzora (temperaturni, detektor pokreta, detektor prisustva, magnetni kontakti..) i 128 aktuatora (ventila, releja, dimera). IR modul se sastoji od prijemnika i predajnika, koji omogućavaju

prijem i slanje informacija putem IR-a. 1-Wire modul omogućava povezivanje do 20 senzora (temperaturni senzor, senzor vlage, senzori za kontrolu pristupa). Modbus, RS-485 i RS-232 su moduli namijenjeni kao komunikacioni interfejsi. Oni omogućavaju povezivanje Loxone kontrolera sa različitim sistemima koji podržavaju navedene protokole (PLC-om, alarmnim sistemima, mjeračima potrošnje energije...). Osim pomenutih komunikacionih modula, Loxone Miniserver ima integrisan KNX izlaz, koji omogućava povezivanje Loxone kontrolera sa različitim KNX uređajima.

4. SISTEM RASVJETE

Sistem rasvjete spada u osnovne sisteme inteligentnih objekta. Upravljanje rasvjetom može biti ON/OFF i dimovanje. ON/OFF upravljanje može biti realizovano korišćenjem kontaktora dok se postupak dimovanje rješava primjenom dimabilnih drajvera, ili korišćenjem specijalizovanih protokola za kontrolu rasvjete kao što su DALI (Digital Addressable Lighting Interface) i DMX512 (Digital Multiplex).

Loxone kontrolerski sistem ima sopstvene module koji omogućavaju kontrolu rasvjete: Dimer i DMX modul. Na slici 4 su prikazane principijelne šeme ON/OFF upravljanja, dimovanja i DMX kontrole rasvjete pomoću Loxone kontrolerskog sistema. U koliko je potrebno upravljati, nekim drugim sistemom rasvjete, za koji ne postoji Loxone modul, potrebno je obezbijediti dodatne gateway-e. Na primjer, upravljanje DALI rasvjetom pomoću Loxone kontrolera moguće je realizovati putem gateway-a KNX-DALI.



Slika 4. Principijelna šema ON/OFF upravljanja, dimovanja i DMX upravljanja rasvjetom [5]

5. SISTEM SIGURNOSTI I BEZBIJEDNOSTI

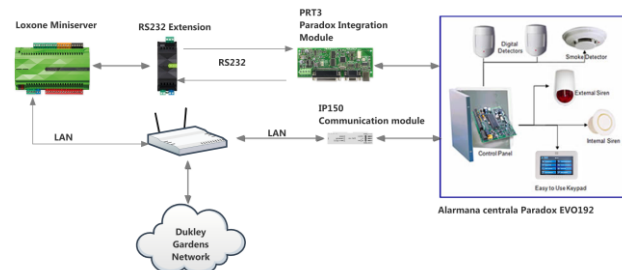
Uloga sistema sigurnosti i bezbjednosti u inteligentnim objektima, osim zvučnog obavještanja u slučaju alarmiranja, je razmjena informacija sa drugim sistemima, kao što su štampači, centralizovani računari, ili neki drugi sistemi. Većina sistema sigurnosti i bezbjednosti podržava različite komunikacione protokole. Najzastupljeniji komunikacioni protokoli su RS-485, RS-232, GSM/GPRS, Ethernet/IP.

Jedan od ključnih kriterijuma prilikom izbora alarmnog sistema, bio je podržani komunikacioni protokoli. Alarmni sistem Paradox EVO192, ispunio je sve zahtjeve vezane za sistem sigurnosti i bezbjednosti, i omogućio integraciju sa Loxone kontrolerskim sistemom. U svakom apartmanu je instalirana alarmna centrala Paradox EVO192, kao i veći broj senzora pokreta, jedan termički senzor i jedan senzor dima.

Alarmna centrala je opremljena sirenom, tastaturom TM50 Touch, IP komunikatorom IP150 i komunikacionim modulom PRT3.

IP 150 je mrežni uređaj, namijenjen je za povezivanje alarmne centrale na Internet ili lokalnu mrežu. Alarmna centrala u svakom apartmanu je opremljena sa IP komunikatorom, što omogućava povezivanje svih alarmnih sistema sa centralizovanim sistemom za monitoring kompleksa.

Povezivanje alarmne centrale Paradox EVO192 i Loxone kontrolera vrši se pomoću protokola RS-232 [6]. Za povezivanje putem protokola RS-232 potrebno je obezbijediti PRT3 modul i Loxone RS-232 modul. Alarmna centrala je isprogramirana, da zavisno od događaja, određene informacije prosleđuju putem RS-232 protokola do Loxone kontrolera, na osnovu kojih se dalje izvršavaju isprogramirane scene. Na slici 6 je prikazana principijelna šema povezivanja alarmne centrale Paradox EVO192 i Loxone Miniservera.



Slika 6. Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i alarmne centrale Paradox EVO192 [4]

6. SISTEM ZA UPRAVLJANJE TENDAMA I ZAVJESAMA

Svaki apartman je opremljen sa jednom tendom i sa većim brojem zavjesa. Tende i zavjese posjeduju sopstvene motore, proizvođača Somfy. Upravljanje tendama i zavjesama je realizovano pomoću dva digitalna izlaza Loxone kontrolera. Za upravljanje jednim motorom tende ili zavjese obezbijeđena su dva digitalna izlaza. Jedan digitalni izlaz namijenjen je za otvaranje, dok je drugi digitalni izlaz namijenjen za zatvaranje tendi ili zavjesa. Kontrola tendi i zavjesa može biti preko tastera, mobilnog telefona, tableta ili računara. Sistem tendi u svim apartmanima povezan je sa sistemom meteo stanica. Implementirana je scena zatvaranja tendi kada brzina vjetera pređe brzinu od 20 km/h.

7. SISTEM KLIMATIZACIJE

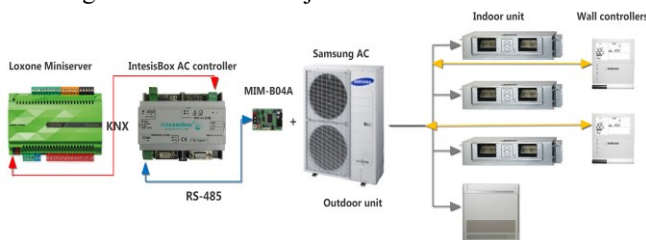
Upravljanje sistemima klimatizacije može biti realizovano na različite načine, u zavisnosti od tipa i veličine sistema. Različiti proizvođači sistema klimatizacije pomoću sopstvenih kontrolera realizuju upravljanje. Integracija sistema klimatizacije, sa nekim drugim sistemom, moguće je realizovati korišćenjem gateway-a.

Sistem klimatizacije implementiran na Dukley Gardens kompleksu je VRF (Variable Refrigerant Flow). Svaki

apartman je opremljen sa jednom spoljašnjom i više unutrašnjih jedinica, proizvođača Samsung. Povezivanje sistema klimatizacije i Loxone kontrolera realizovano je pomoću gateway-a IntesisBox AC, proizvodom kompanije Intesis Software S.L. IntesisBox AC omogućava integraciju sistema za klimatizaciju sa sistemima koji podržavaju neki od standardnih komunikacionih protokola: KNX ili Modbus komunikaciju. Za integraciju sa Loxone kontrolerom je korišten IntesisBox AC koji podržava KNX komunikaciju.

IntesisBox AC gateway se isporučuje sa dodatnim MIM modulom koji se povezuje na spoljašnju jedinicu klime. Broj unutrašnjih i spoljašnjih jedinica koje se mogu kontrolisati je ograničen modelom IntesisBox AC gateway-a i MIM modula. Za svaku spoljnu jedinicu klima uređaja potrebno je obezbijediti po jedan MIM-B04A interfejs. Komunikacija između MIM-B04A i IntesisBox AC gateway-a se odvija pomoću RS-485 protokola.

Komunikacija između IntesisBox AC gateway-a i Loxone kontrolera se odvija putem KNX protokola. Komunikacioni medijum je upredena parica. Za uspostavljanje komunikacije potrebno je obezbijeti napajanje KNX basa. Na slici 7 je prikazana principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i Samsung sistema klimatizacije.



Slika 7. Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i sistema klimatizacije Samsung [4]

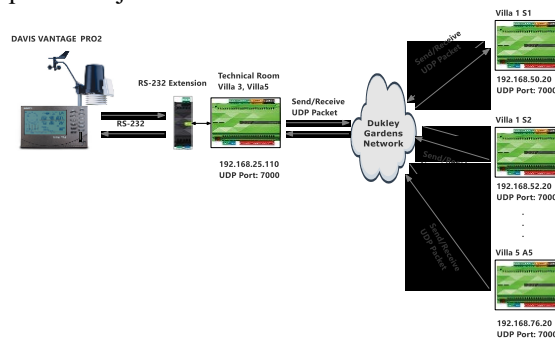
Konfigurisanje IntesisBox gateway-a se vrši pomoću LinkBoxEIB softvera. LinkBoxEIB softver omogućava setovanje broja spoljašnjih i unutrašnjih jedinica, kao i dodjeljivanje KNX adresa funkcijama. Za svaku funkciju (npr. ON/OFF, setovanje temperature), predviđen je određeni tip KNX podatka (npr. EIS1-Switch, EIS5-Analog value). Kada se izvrši promjena bilo kojeg parametra unutrašnje jedinice, gateway automatski promjene prosleđuje Loxone kontroleru na definisanu KNX adresu. Na ovaj način se obezbijuje, da upravljanje pomoću zidnih kontrolera bude automatski prikazano na uređaju na kojem se izvršava Loxone aplikacija. Važi i obrnuto, svaka promjena sa Loxone aplikacije, se automatski prikazuje na zidnim kontrolerima.

8. SISTEM METEO STANICA

Specifičan zahtjev investitora je predstavljala instalacija i integracija meteo stanica sa Loxone kontrolerima. Na kompleksu su instalirane 3 meteo stanice tipa Vantage Pro2 proizvođača Davis Instruments Corp. Za povezivanje meteo stanice sa Loxone kontrolerima, potrebno je obezbijediti dodatni interfejs (Data Logger) za meteo stanicu. Data Logger omogućava povezivanje meteo stanice sa računarom ili nekim drugim sistemom. Postoje tri tipa Data Logger-a, koji omogućavaju komunikaciju putem USB-a, Ethernet-a i

RS-232 protokola. Za povezivanje sa Loxone kontrolerima, korišćena je verzija Data Logger-a koja omogućava RS-232 komunikaciju [6].

Razmjenu podaka inicira Loxone kontroler. Odgovor meteo stanice je 100 bajtna poruka, u kojoj su sadržane sve informacije sa senzora koje se mrežnim putem prosleđuju do Loxone kontrolera u svakom apartmana. Informacije koje se prosleđuju do svakog apartmana su brzina vjetera, smjer vjetera, spoljašnja temperatura, vlažnost vazduha i vazdušni pritisak. Na slici 8 je prikazana principijelna šema povezivanja meteo stanice i Loxone kontrolera.



Slika 8. Principijelna šema povezivanja Loxone kontrolera i Vantage Pro2 meteo stanice [4]

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je jedan način rješavanja problema egzistencije različitih komunikacionih protokola u cilju postizanja interoperabilnosti svih instaliranih sistema u objektu, na primjeru Dukley Gardens kompleksa. Kontrolerski sistem Loxone omogućio je integraciju svih instaliranih sistema sa širokom lepezom komunikacionih protokola. Integracijom instaliranih sistema omogućena je razmjena informacija između svih podsistema, što je rezultiralo realizacijom predviđenih upravljačkih zahtjeva. Takođe, omogućeno je upravljanje svim instaliranim sistemima pomoću mobilnog telefona, tableta ili računara.

LITERATURA

- [1] Shengwei Wang, *Intelligent Buildings and Building Automation*, New York, 2010.
- [2] H. Merz, T. Hansemann, C. Hübner, *Building Automation-Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet*, Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] T. D. P. Mendes, R. Godina, E. M. G. Rodrigues, J. C. O. Matias, and J. P. S. Catalão, "Smart Home Communication Technologies and Applications: Wireless Protocol Assessment for Home Area Network Resources", *Energies*, 8, pp. 7279-7311, jul 2015.
- [4] Projekat: Turistički kompleks "Zavala", 2012.
- [5] <http://www.loxone.com/enen/service/documentation.html>
- [6] <http://www.lammertbies.nl/comm/cable/RS-232.html>

CFC U STEP7 OKRUŽENJU - INTERKONEKCIJA I PARAMETRIZACIJA UMJESTO PROGRAMIRANJA

CFC IN THE STEP 7 ENVIRONMENT - INTERCONNECTION AND PARAMETERIZATION INSTEAD OF PROGRAMMING

Ana Grbović, HE Perućica, EPCG

Sadržaj: U ovom radu prikazane su osnovne informacije o CFC grafikonima i njihovom uklapanju u STEP 7 programski paket. Izloženi koncept se uglavnom zasniva na Siemensovim PLC-ovima Simatic S7-400 i softverskom alatu SIMATIC CFC. Opisan je koncept blokova i objašnjeni su potrebni koraci od stvaranja strukture projekta do testiranja programa. Takođe je pojašnjeno kako se konfiguriraju mali dio projekta automatskog rada elektrane (**Prikaz aktivne energije na SCADA**), s obzirom da bi konfigurisanje čitavog projekta bilo izvan opsega ovog rada. Ipak, kako bi se stvorila kompletna slika, trebalo bi znati kako je taj mali dio integrisan u cijeloj elektrani.

Abstract: This paper provides you with basic information about CFC, shows how it fits into the STEP 7 software package, describes the block concept, and explains the steps required from creating the project structure to testing the program. Described concept is mainly based on Siemens PLC's S7-400 and software tool SIMATIC CFC. Also it is shown how to configure a small part of the entire power plant automatic production (**Active energy display on SCADA**) since configuring the entire project would be beyond the scope of this paper. You should, nevertheless, know how this small part is integrated in the entire plant so that you have a more complete picture.

1. UVOD

SIMATIC PCS7 (Process control system) sistem za vođenje procesa je posebno koncipiran za fleksibilno korišćenje u području elektrana na temelju komponenti iz SIMATIC S7 proizvodnog spektra. Zavisno od opsega naloga, sistem za vođenje procesa je sposoban za obavljanje svih funkcija potrebnih za svrhu automatizacije u elektrani.

PCS 7 pruža podršku pri konfiguraciji projekta sa svojim brojnim funkcijama, tako da projekat može biti brzo i povoljno kreiran. Pored standardnih funkcija, dostupne su i različite opcije koje omogućavaju kreiranje individualnih i specifičnih rješenja prilagođenih posebnim projektnim zahtjevima. PCS 7 projekat obuhvata sljedeće objekte:

- Hardversku konfiguraciju
- Blokove
- CFC (Continuous function chart) i SFC (Sequential function chart) dijagrame

Ovi objekti su uvijek uključeni - bez obzira na broj operatorskih stanica, modula i umrežavanje.

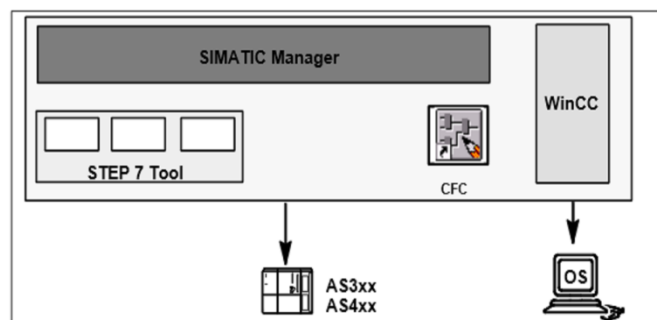
Projekat se kreira na inženjerskoj stanici (ES), koja se sastoji od različitih aplikacija. Sve aplikacije obezbjeđuju grafički korisnički interfejs za jednostavno podešavanje i jasniji prikaz konfiguracionih podataka. Dostupne su sljedeće aplikacije:

- SIMATIC Manager – centralna aplikacija koja omogućava pristup svim drugim aplikacijama koje se koriste za kreiranje PCS 7 projekta. Simatic Manager je polazna tačka za kreiranje cijelog projekata.
- HV Config - konfiguracija celokupnog hardvera sistema, na primjer, CPU (centralna procesorska jedinica), napajanje, (CP) komunikacioni procesor.

- CFC i SFC editori - za kreiranje kontinualnih i sekvencijalnih upravljačkih dijagrama
- PCS 7 operatorske stanice (OS) sa različitim editorima - za stvaranje OS konfiguracija, koje omogućavaju upravljanje i monitoring procesa od strane operatera, [1].

Za programiranje PLC-ova (Programabilni logički kontroler) serija S7-300 i S7-400 koriste se programi od verzije "STEP 7 V5.2" na dalje. Ovi programi se odlikuju brzim i jednostavnim programiranjem, te nude mogućnost programiranja u tri standardna editora (STL-Statement List, LAD- Ladder Logic i FBD-Function Block Diagram). Programabilni logički kontroleri su industrijski računari čiji su hardver i softver posebno prilagođeni radu u industrijskim uslovima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme, [2].

Na slici 1. je pored STEP7 alata za pisanje programa za PLC prikazan je i CFC editor, koji služi za grafičko kreiranje PLC programa.




Slika 1 – CFC u STEP7 okruženju

2. KONTINUALNI FUNKCIJSKI DIJAGRAM (CFC)

CFC inženjerski alat (eng. Continuous function chart) je dostupan kao jedna od PCS7 opcija. CFC omogućava transformaciju tehnoloških zahtjeva u izvršne programe automatizacije proizvodnih procesa. Da bi to moglo biti ostvareno, predefinisani blokovi jednostavno moraju biti međusobno povezani i zatim parametrizovani. Dugogodišnje iskustvo u programiranju nije potrebno, što ga čini posebno pogodnim za inženjere koji poznaju proces i rade na održavanju sistema automatizacije.

Kreiranjem CFC dijagrama u CFC editoru PCS 7, čitav rad elektrane opisan je kontinualnim procesima. Kod kreiranja CFC dijagrama, potrebno je umetnuti blokove iz biblioteke blokova u CFC dijagram. Uključeni su i pojedinačni blokovi, kao što su blokovi za vođenja procesa ili za praćenje izmjerenih vrijednosti. Ulazi i izlazi ovih blokova su zatim povezani direktno u CFC editoru, a zatim parametrizovani.

CFC dijagram je označen simbolom , koji se nalazi ispred naziva dijagrama.

Koraci u konfiguraciji programa automatizacije su:

- Kreiranje programske strukture
- Kreiranje blokova i njihovo umetanje u CFC
- Povezivanje blokova i podešavanje parametara
- Podešavanje Run-Time karakteristika
- Kompajliranje CFC dijagrama
- Spuštanje CFC programa
- Testiranje CFC programa

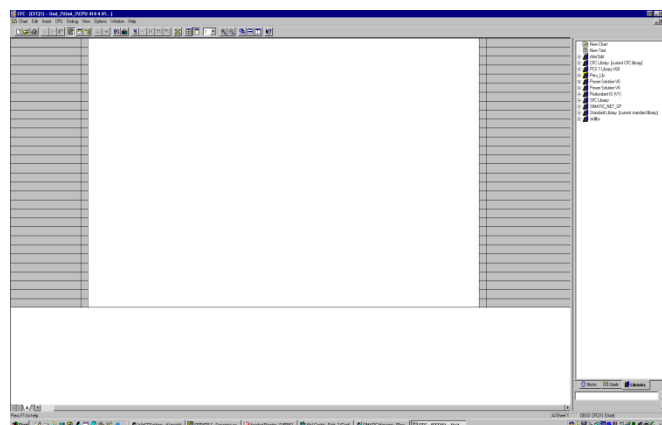
2.1 RAD SA CFC EDITOROM

CFC editor je alat za grafičku konfiguraciju i puštanje u rad kontinualnih funkcija automatizacije. Već gotovi funkcijski blokovi mogu biti pozicionirani, konfigurisani i međusobno povezani u CFC-u uz podršku moćnih auto rutiranja i integralno konfigurisanih HMI poruka. Posebne tehnike konfiguracije, kao što su grafikon-u- grafikonu za sprovođenje hijerarhijskih planova, višestruko korišćenje tipskih bloka i SFC nude se kao dodatna racionalna rješenja.

Kreiranje CFC grafikona, kao što je umetanje blokova i parametrizacija, vrši se u CFC editoru (Slika 2.). Pri samom otvaranju CFC dijagrama, otvara se i CFC editor. Editor je uvijek otvoren u prikazu u kojoj je zatvoren poslednji put kada se radilo sa njim. CFC editor je podjeljen na sljedeći način:

- Na levoj strani editora prikazan je grafikon. Ukoliko je otvoren prazan CFC grafikon, na tom mjestu će se jednostavno vidjeti prazan prostor. To je mjesto na kom se umeću blokovi koji opisuju kontinualne procese. Konačni posao je da dodjeljivanje parametara i međusobno povezivanje blokova.

- Na desnoj strani editora nalazi se katalog sa blokovima, bibliotekama i grafikonima. Kreirani CFC dijagram se automatski čuva od strane PCS 7.



Slika 2. Prazan CFC grafikon

Tehnološke funkcije parametrizovane su povezivanjem funkcijskih blokova (npr AND, OR, PID kontroleri, limiteri, itd). Kreiranje programa povezivanjem standardnih blokova je brže i otpornije na greške od konvencionalnog programiranja. Funkcijski blokovi kreirani sa drugim STEP 7 programskim jezicima takođe mogu biti integrisani. Izvršni kod se generiše više ili manje pritiskom na dugme i prebaca na programabilni logički kontroler, [3].

Konfiguracioni interfejs je tip grafičkog interfejsa za crtanje na kom su postavljeni unaprijed definisani blokovi, koji su međusobno povezani u skladu sa tehnološkim pravilima. Samo su obilježeni povezani linkovi. CFC editor automatski određuje put na kom bi trebali biti linkovi i sam ih postavlja (čak i ukoliko prelaze granice stranice/grafikona), [1].

2.2 BLOKOVI U CFC

U CFC grafikonu, svaki blok ima određenu funkciju. Ovi funkcijski blokovi se postavljaju na grafikon, međusobno povezuju, a zatim im se dodjeljuju parametri. Definicija tipa koji određuje algoritam, ime tipa i interfejs podataka (ulazni i izlazni parametri) postoje za svaki funkcijski blok. Naziv tipa je skraćenica ili skraćenica funkcije, na primjer:

- CTUD (COUNT_UP and DOWN) za funkcijom rastućom/opadajućom ivicom okidanog brojača.
- MUXn_I - jedan od ulaza IN0...IN7 je prosljeđen na izlaz u zavisnosti od vrijednosti promjenjive K na ulazu.
- ADD_R - jednostavna funkcija koja sabira ulazne vrednosti i prosljeđuje sumu na izlaz.
- I_R - konverzija INT -> REAL.
- R_DI - konverzija REAL -> INT.
- MUL_R - Blok koji množi ulazne vrijednosti i prosljeđuje ih na izlaz

Definicija tipa takođe određuje i tipove podataka ulaznih i izlaznih parametara. Ovi ulazni i izlazni parametri su poznati kao blokovski ulazi i izlazi, s obzirom da se kao takvi pojavljuju u grafičkom prikazu bloka. Tip podataka sa ulaza ili izlaza precizira koje vrednosti mogu biti usvojene, na primjer, BOOL – binarni tip, samo mogu biti usvojene vrijednosti 0 ili 1. String tip niz znakova, može da sadrži niz znakova kao svoje vrednosti.

2.3 INTERKONEKCIJE

U CFC grafikonu, jedna interkonekcija je veza između izlaza iz bloka/grafikona i

- jednog ili više ulaza drugog ili istog bloka ili grafikona
- izlaza iz grafikona
- run-time grupe (samo BOOL tip podataka)
- objekata koji se ne nalaze u CFC (na primjer djeljene adrese)

Takođe, moguće je izmjeniti, brisati i kopirati sve međusobne veze, [4].



Slika 3. Landis+Gyr S650 SCADA Smart Grid Terminal

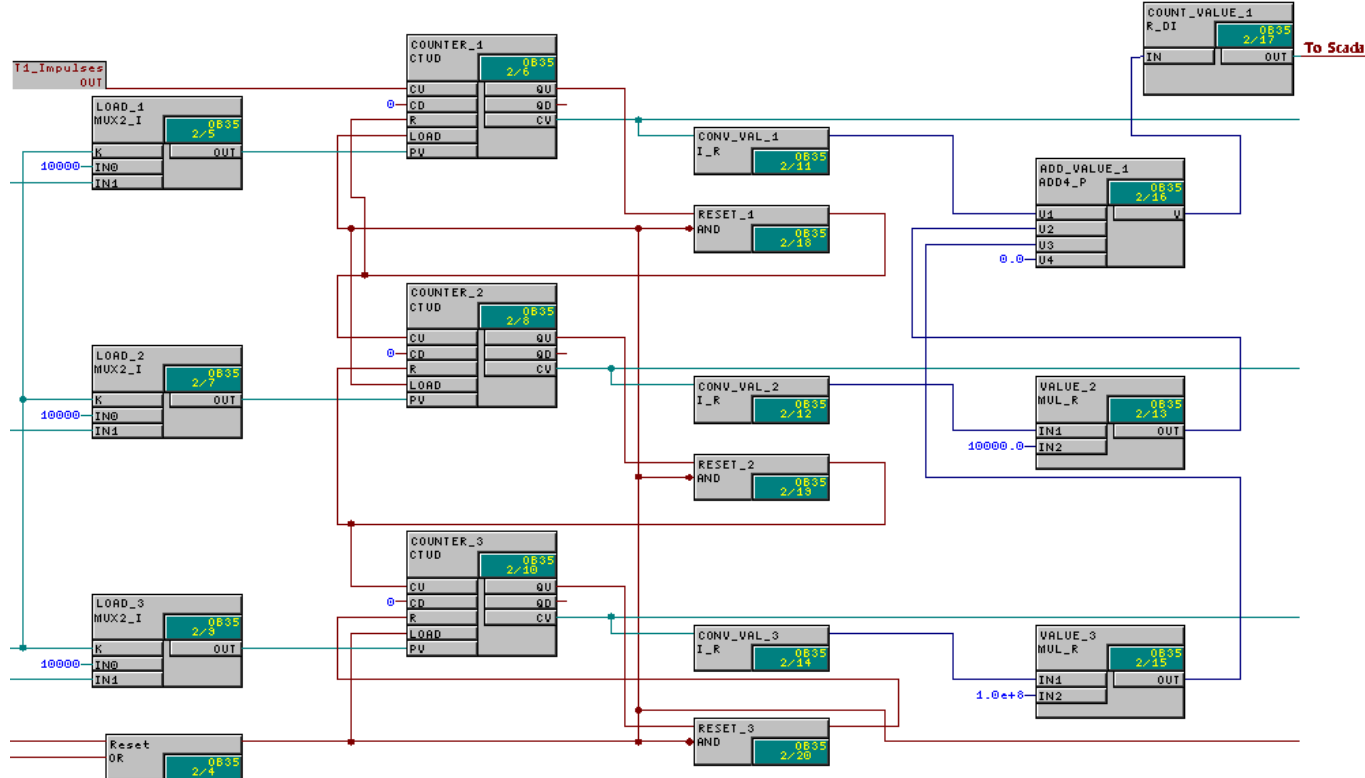
3. KREIRANJE DIJAGRAMA

3.1 SVRHA KREIRANOG DIJAGRAMA

Na sljedećem primjeru pojašnjen je način na koji se podaci sa električnih brojlara agregata A1-A4 prikazuju na SCADA sistem elektrane.

Na ormarima upravljanja, koja se nalaze u pogonu elektrane, instalirana su brojila za mjerenje električne energije marke Landis +Gyr (Slika 3.). Ona su kalibrisana u jedinici kilovat sat [kWh]. Stanja sa brojila se koriste u kontrolne svrhe, pa su ti podaci prosljeđeni na SCADA sistem elektrane.

Podaci o stanju više tarife aktivne energije se sa električnog brojila impulsno šalju na ulaz COUNTER_1. U ovom primjeru je iskorišćeno 17 blokova koji formiraju zbirnu vrijednost aktivne energije sa brojača COUNTER_1, COUNTER_2 i COUNTER_3. Kada vrijednost brojača COUNTER_1 pređe vrijednost 999, njegovo stanje se resetuje, a vrijednost 1 upisuje u COUNTER_2. Takođe, kada vrijednost brojača COUNTER_2 pređe vrijednost 999, njegovo stanje se resetuje, a vrijednost 1 upisuje u COUNTER_3. Konačna zbirna vrijednost se upisuje u blok COUNT_VALUE_1, čiji izlas prosljeđuje ovu informaciju na SCADA sistem. U lijevom donjem uglu slike 5. prikazuje se dinamička vrijednosti koju dobijamo na izlazu iz grafikona.

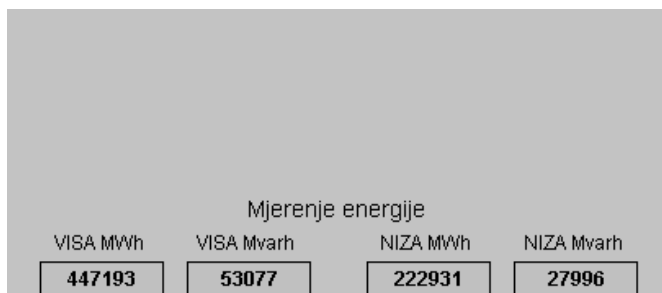


Slika 4. CFC dijagram za prikaz aktivne energije

Nakon odabira već gotovih blokova iz kataloga CFC-a, njihovog prevlačenja na površinu CFC-a i pozicioniranja na određena mjesta, potrebno je izvršiti i njihovo povezivanje. Npr. na LOAD_1 bloku, kliknuti na izlaz OUT, a zatim kliknuti na ulaz PV bloka COUNTER_1. Nakon povezivanja svih blokova, potrebno je izvršiti parametrizaciju, kompajliranje i spustanje CFC-a na PLC. Ukoliko je CFC uspješno testiran, dobijena vrijednost se može proslijediti na SCADU. U test režimu, moguće je pratiti i modifikovati dinamički odgovor kontrolne petlje.

4. OPERATORSKI PRIKAZ

Tokom procesa, podatke koje se generišu na sistemu automatizacije potrebno je proslijediti do operatorskih stanica (OS) SCADA sistema elektrane. Takođe, u konfiguratoru poruka CFC-a, moguće je podesiti poruke koje zavise od određenog događaja, njihove tekstove i atribute. Podaci se prosljeđuju na OS sa funkcijom "Kompajlirati OS" koja se nalazi u već pomenutom Simatic Manager-u. Na slici 5. dat je prikaz vrijednosti aktivne i reaktivne energije sa Landis+Gyr brojila na SCADA sistem elektrane.



Slika 5. Operatorski prikaz vrijednosti sa Landis+Gyr brojila

5. ZAKLJUČAK

U radu je pojašnjen koncept blokova, kao i potrebni koraci od stvaranja strukture projekta do testiranja programa.

Za konfigurisanje CFC-a iz primjera, potrebno je poznavanje elementarnih aspekata konfigurisanja. Dakle, nakon što smo stvorili projekat u SIMATIC Manager-u, ubacili i povezali blokove i podesili parametre CFC grafikona, spustili smo izvršni CFC na programabilni logički kontroler. Nakon što je CFC uspješno testiran, dobijena vrijednost je prosljeđena na SCADA sistem elektrane.

Struktura CFC-a zahtijeva pažljivo planiranje, pa su sva podešavanja realizovana u skladu sa proizvodnim procesom i konfiguracijom sistema. S druge strane, Simatic CFC editor nam pruža slobodu i fleksibilnost tokom cijelog procesa kreiranja programa.

LITERATURA

- [1] Siemens, "CFC for S7", User manual, 2015
- [2] Hans Berger, "Automating with SIMATIC", 2013
- [3] ARC Advisory Group, "Siemens Process Industry Strategies", January 2005
- [4] Siemens, "SIMATIC Software Tools for configuring and programming SIMATIC Controllers", Brochure, April 2008

ANALIZA SAJBER INCIDENATA U CRNOJ GORI ANALYSIS OF CYBER SECURITY INCIDENTS IN MONTENEGRO

Kenan Duraković, Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije Crne Gore
Ramo Šendelj, Univerzitet Donja Gorica

Sadržaj: Statistika govori da globalni trendovi pokazuju ubrzano povećanje sajber incidenata. Sajber napadi, koji su u početku predstavljali male smetnje, pretvaraju se u mnogo opasnije napade, motivisani novcem, političkim stvarima, a u najgorim slučajevima čak i sajber terorizmom.

U ovom radu se daje analiza trenutne situacije o sajber incidentima u Crnoj Gori, kao i uporedna iskustva u regionu i svijetu. Na osnovu primijenjenog detaljnog i sistematskog pristupa u prikazu i klasifikaciji podataka o broju i vrsti najčešćih prijetnji u sajber prostoru, dokazano je da su globalne sajber prijetnje itekako prisutne u Crnoj Gori, i da se statistika najvećih globalnih sajber prijetnji ne razlikuje u velikoj mjeri u odnosu na crnogorski sajber prostor.

Abstract: Recent statistics show that the global trends indicate rapidly increasing number of cyber attacks. While some attacks were previously launched only for small nuisance purposes, they have now escalated into much more serious attacks motivated by money, political agendas and in the worst cases, as weapons of cyber-terrorism.

This paper presents an analysis of the current situation regarding cyber incidents in Montenegro, as well as comparative experiences in the region and the world. On the basis of carefully selected systematic approach for showing and categorizing information regarding number of incidents the most common cyber threats in cyber space, it is proved that the global cyber threats are very present in Montenegro, and that statistic of the major global cyber threats is similar to cyber threats in Montenegrin cyberspace.

1. UVOD

Internet, kao i informaciono komunikacione tehnologije na kojima je baziran, predstavljaju vitalni resurs za socio-ekonomski rast i razvoj jedne države [1]. Informaciono društvo nezamislivo je bez sistema informacione bezbjednosti. Informaciona bezbjednost u svim segmentima jedne države predstavlja osnovnu pretpostavku za stvaranje kvalitetnog informacionog društva.

Prema istraživanju Svjetskog ekonomskog foruma po konkurentnosti upotrebe informaciono komunikacionih tehnologija, Crna Gora se nalazi na 56. mjestu od 143 države koje su obuhvaćene istraživanjem. ICT potencijal Crne Gore karakterišu dobra telekomunikaciona infrastruktura, razvijen informacioni sistem zdravstvene zaštite na primarnom i sekundarnom nivou, razvoj elektronske uprave i obezbijeden pristup internetu u svim školama.

Prema istraživanju o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija u Crnoj Gori u 2015. godini, koje je sproveo Zavod za statistiku Crne Gore, 55,9% domaćinstava ima pristup računaru, 40,6% ima pristup lap top-u, dok 94,9% ima mobilni telefon. U Crnoj Gori 67,5% anketiranih domaćinstava je izjavilo da ima pristup Internetu kod kuće.

Cilj ove analize je da prikaže najčešće i najveće prijetnje u sajber prostoru koje utiču na informacione sisteme, kao i da se prikaže analiza prijetnji u Crnoj Gori sa osvrtom na regionalni i globalni nivo. Za izradu analize korišćeni su podaci sa kojim raspolažu nacionalne CIRT (eng. *Computer Incidence Reponse Team*) organizacije iz Crne Gore, Hrvatske i Slovenije kao ključnih predstavnika regiona Zapadnog Balkana, istovremeno članica Evropske unije; kao i organizacija Norton, Symantec, Enisa i dr.

Rad je organizovan na sljedeći način: U poglavlju 2 se navodi pregled napada i prijetnji na globalnom nivou, poglavlje 3 je fokusirano na region Zapadnog Balkana, dok se poglavlje 4 odnosi na Crnu Goru. Poglavlje 5 zaključuje rad sa osnovnim zaključcima poredbene analize i identifikovanim smjernicama za povećanje nivoa sajber bezbjednosti na nacionalnom nivou.

2. SAJBER PRIJETNJE NA GLOBALNOM NIVOU

Poznato je da se polje djelovanja sajber kriminalaca ne završava u nacionalnim granicama i za njihovo adekvatno suzbijanje potrebna je međunarodna saradnja. Svakog dana pojavljuju se na hiljade novih virusa i stotine novih vrsta napada. Prema izvještaju kompanije Norton iz 2013. godine procjenjuje se da je na godišnjem nivou pogođeno oko 378 miliona žrtava, odnosno milion žrtava dnevno, što bi značilo da svake sekunde 12 internet korisnika postane žrtva nekog oblika sajber kriminala. [2] Prema istom izvještaju, sajber kriminal godišnje košta svjetsku ekonomiju 113 milijardi dolara. [2]

Hakerski napadi su sve češći kada su u pitanju velike svjetske kompanije i za sobom ostavljaju sve veće posljedice. Do sada su podaci samih kompanija bili na udaru, a sada se uglavnom krađu podaci klijenata, što pokazuju i sljedeći primjeri:

- U maju 2014. godine, *eBay* (<http://www.ebay.com>) je saopštio da su napadači ukrali e-mail adrese, fizičke

adrese, korisnička imena i šifre kod 145 miliona aktivnih korisnika ovog servisa¹

- Najveća američka banka *JPMorgan* nije i najsigurnija američka banka (<https://www.jpmorgan.com>). To se otkrilo 2014. godine, kada je saopšteno, da su iz njihove baze podataka ukradene e-mail i fizičke adrese kod 76 miliona ljudi i kod 7 miliona malih preduzeća²
- U hakerskom napadu koji se dogodio kompaniji *Sony* (<http://www.sony.com>), hakeri su napali direktno firmu. Ukrali su i objavili podatke o zaradama 47.000 zaposlenih u Sony-u, određena dokumenta, ali i e-mail prepisku između zaposlenih i rukovodilaca³.

Iako se broj napada u sajber prostoru neprestano povećava, u većini slučajeva je gotovo nemoguće tehnički utvrditi njihovu pravu prirodu. Pošto se uglavnom primjenjuju iste metode, tehnike i sredstva, razlikuje se jedino činjenica ko su napadači.[9]

Poznato je da sajber napadači mogu biti: korporacije, države, haktivisti, sajber teroristi, sajber kriminalci, sajber borci, skript predavači i drugi. Napadači i prijetnje se dosta mijenjaju, ali su izvdogeni trenutno najaktuelniji.

Kako bi se na sistematičan način predstavile vrste sajber prijetnji i njihov trend, kao i prijavljene i identifikovane štete, u Tabelama 1 i 2 su sumirani izvještaji ENISA (engl. European Union Agency for Network and Information Security) i Symantec (Symantec Security Technology and Response).

ENISA je Agencija Evropske Unije za bezbjednost mreža i podataka. ENISA ujedno raspolaže najrelevantnijim podacima koji su korišćeni u ovoj analizi, jer je ona i Agencija za razmjenu informacija, najbolje prakse i znanja u oblasti informacione bezbjednosti u EU.

S druge strane, Symantec-ova bezbjednosna tehnologija uključuje globalni tim bezbjednosnih inženjera i istraživača, koji obezbjeđuju podršku za bezbjednost potrošača i korisnika. Takođe, Symantec predstavlja svjetskog lidera u proizvodnji softverskih rješenja za odgovor na sajber incidente i u kreiranju izvještaja o broju i vrsti sajber incidenata na globalnom nivou.

Tabela 1 predstavlja pregled najčešćih vrsta prijetnji i njihov trend rasta u posljednje dvije godine. ENISA je za kreiranje izvještaja koristila preko 400 javno dostupnih izvora. Na osnovu prikupljenih informacija, jasno je da je tokom 2014. godine zabilježen značajan broj promjena u sajber prostoru u odnosu na 2013. godinu.

Prema izvještaju za 2014. godinu:

- Bazni bezbjednosni protokoli Interneta (SSL i TLS) su bili pod velikim stresom, nakon što su brojni incidenti otkrili značajne propuste u njihovoj implementaciji;
- ova godina se može nazvati godinom kompromitovanja podataka, s obzirom na broj komrpomitacija koje su identifikovane, demonstriraju efikasnost napadača u ranjivim sistemima u javnom i privatnom sektoru;
- Povrede privatnosti, otkrivene putem medijskih izvještaja o nadzoru, znatno su oslabile povjerenje korisnika u Internet i e-usluge. [4]

Tabela 2 navodi analizu kompanije Symantec, koja se takođe odnosi na period iz 2013.i 2014.god, ali se odnosi i na statističke podatke o cijenama određenih informacija na crnom tržištu.

Tabela 1: Najveće prijetnje i trend rasta [4]

	Glavne prijetnje 2013 (Trend rasta 2013)	Glavne prijetnje 2014 (Trend rasta 2014)	Promjena pozicije
1	Web bazirani napadi (↑)	Crvi /Trojanci (↑)	↑
2	Crvi /Trojanci (↑)	Web bazirani napadi (↑)	↓
3	Code injection (↑)	Code injection (↑)	⇒
4	Exploit kits (↑)	Botnet (↓)	↑
5	Botnet (⇒)	DoS, DDoS (↑)	↑
6	Fizička šteta (↑)	Spam (↓)	↑
7	Krađa identiteta/Prevara (↑)	Phishing (↑)	↑
8	DoS, DdoS (↑)	Exploit kitovi (↓)	↓
9	Phishing (↑)	Data Breach (↑)	↑
10	Spam (⇒)	Fizička šteta (↑)	↓

Napade je vrlo lako inicirati jer su mnogi alati dostupni svakom korisniku na internetu. Preko 30000 veb sajtova pružaju informacije o raznim sofisticiranim alatima i tehnikama za sajber napad na sisteme. [10]

U izvještaju Symantec-a za 2014. godinu jasno se navodi da se dešavaju brze promjene prilikom napada i da je to godina sa bržim napadima, većom krađom podataka radi ucjene i mnogo malicioznijim kodovima, nego što je to bio slučaj u prethodnim godinama.

Tabela 2: Statistički pregled 2013. i 2014. godine kompanije Symantec [5]

Mobilni uređaji	2014	2013
Ukupan broj familija Android malvera	277	231
Novo ranjivosti mobilnih uređaja	168	127
Ukupan broj aplikacija klasifikovanih kao malver	1 miliona	0.7 miliona
WEB prijetnje	2014	2013
Skenirani website-ovi sa ranjivostima	76%	77%
Website-ovi sa malverom	1 od 1126	1 od 566
Prevare i društveni mediji	2014	2013
Ukupan broj email phishing-a	1 od 965	1 od 392
Procjena globalnog spam-a dnevno	28 milijardi	29 milijardi
Ručno širenje prevara na društvenim medijima	70%	2%
Prevare putem lažnih ponuda na društvenim medijima	23%	81%
Ciljani napadi	2014	2013

¹ <http://www.reuters.com/article/us-ebay-password-idUSBREA4K0B420140521>

² http://dealbook.nytimes.com/2014/10/02/jpmorgan-discovers-further-cyber-security-issues/?_r=0

³ <http://www.cnet.com/news/sony-hack-said-to-leak-47000-social-security-numbers-celebrity-data/>

Broj spear phishing email-ova dnevno	73	83
Broj spear phishing email kampanja	841	779
Kompromitovanje podataka	2014	2013
Ukupan broj kompromitovanja podataka	312	253
Ukupan broj otkrivenih identiteta	348 miliona	552 miliona
E-kriminal, Malver	2014	2013
Broj novih malver varijacija	317 miliona	252 miliona
Broj ransomware-a dnevno	24 000	11 000
Ukupan broj ransomware-a	8,8 miliona	4,1 miliona
Broj email malvera	1 od 244	1 od 196
Broj botova	1,9 miliona	2,3 miliona

Symantec u svom izvještaju navodi i zanimljive podatke o cijenama određenih informacija na crnom tržištu: (i) 1000 ukradenih email adresa – 0.5 do 10 \$; (ii) podaci o kreditnoj kartici – 0.5 do 20 \$; (iii) skenirana kopija pravog pasoša – 1 do 2 \$; (iv) ukradeni nalozi za igrice – 10 do 15 \$; (v) *custom malver* – 12 do 3500 \$; (vi) 1000 pratilaca na društvenoj mreži – 2 do 12 \$; (vii) ukradeni *Cloud* nalozi – 7 do 8 \$.

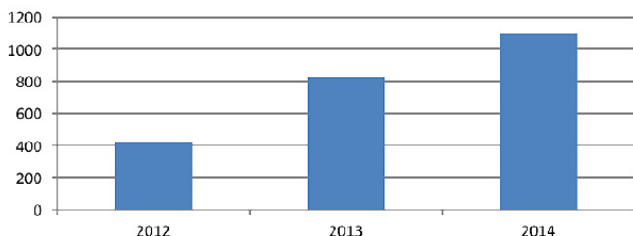
3. SAJBER PRIJETNJE U REGIONU ZAPADNOG BALKANA

Kada se govori o regionu Zapadnog Balkana, za referentne vrijednosti i pokazatelje uzimaju se dvije članice Evropske Unije, Hrvatska i Slovenija, koje samim tim imaju i znatno veći nivo svijesti građana o opasnostima na Internetu u odnosu na region, kao i implementirane sisteme zaštite na korporativnom i nacionalnom nivou.

3.1. Sajber prijetnje u Hrvatskoj

Prema izvještaju Nacionalnog CERT-a Hrvatske u 2014. godini primiljeno je i obrađeno ukupno 1095 prijave, koje se mogu kvalifikovati kao računarski incidenti, što predstavlja veći broj nego prethodne dvije godine.

Ukupan broj prijavljenih i obrađenih incidenata bilježi stalan porast koji je kroz zadnje tri godine prikazan na slici 1.



Slika 1. – Grafički prikaz incidenata u Hrvatskoj

Vodeća tri tipa incidenta su kompromitacije web poslužitelja koje se odnose na „webdefacement“ (neovlaštena promjena web stranica), te sjedišta koja korisnicima Interneta poslužuju maliciozni kod, odnosno phishing stranice.[6]

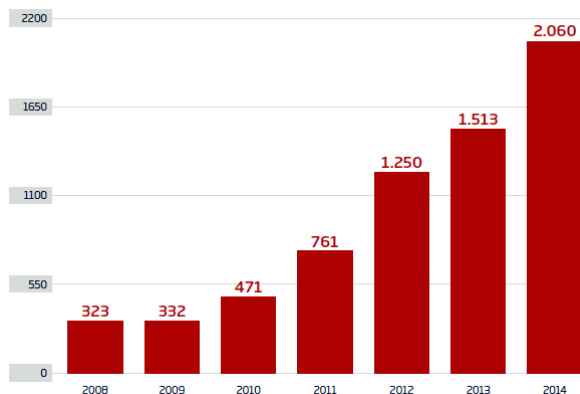
U Tabeli 3 dat je prikaz incidenata po tipu u 2014. godini.

Tabela 3: Prikaz incidenata u 2014. godini

Tip incidenta	Broj
Web defacement	389
Spam URL	20
Spam	15
Phishing URL	334
Phishing	28
Ostali incidenti	11
OKR	34
NMA	12
Malware URL	220
DoS	25
C&C	7
UKUPNO	1095

3.2. Sajber prijetnje u Sloveniji

Prema izvještaju SI-CERT-a Slovenije u 2014. godini bilo je ukupno 2060 prijave, što predstavlja konstantan porast od 2008. godine, kako je prikazano na slici 2.



Slika 2. – Grafički prikaz incidenata u Sloveniji

Incidenti se iz godine u godinu mijenjaju i povećavaju kako je prikazano u Tabeli 4. [7]

Tabela 4: Prikaz incidenata

VRSTA INCIDENTA	2012	2013	2014
Skeniranje i eksperimentisanje	51	43	65
Botnet	12	16	13
DDoS	47	76	124
Malware	258	417	438
Zlostavljanje	9	8	9
Upad u sistem - hakovanje	76	61	32
Zloupotreba naloga	9	37	60
Web defacement	125	80	167
Napad na aplikacije	17	22	33
Tehnički napadi	604	760	941
Krađa identiteta	67	56	77
Nigerijska (419) prevara			38
Prevare prilikom online kupovine			68
Varanje	161	210	309
Spam	74	50	63
Phishing	139	209	279
Dialler	1		3
Šifrovane prevare	442	525	837

4. SAJBER PRIJETNJE U CRNOJ GORI

Prema Izvještaju Ministarstva za informaciono društvo i telekomunikacije o incidentnim situacijama u Crnoj Gori, Nacionalni CIRT Crne Gore u sklopu svojih svakodnevnih aktivnosti, obavlja poslove koordinacije i odgovora na incidentne situacije u crnogorskom sajber prostoru. Incidenti se prijavljuju putem web portala www.cirt.me.

Računarski sistemi i korisnici u Crnoj Gori izloženi su većini sajber prijetnji i napadima koje pogađaju ostatak svijeta. U prilog tome ide i činjenica da su CIRT-u, tokom 2015. godine, po prvi put prijavljeni incidenti koji se odnose na maliciozne programe za ucjenu (eng. *ransomware CBT Locker*), pomoću kojeg napadač kriptuje podatke na računaru i traži novac za dekripciju.

Ovaj trend se ogleda i u pojavi incidenata koji se odnose na kompromitovanje povjerljivih podataka u Crnoj Gori. Ova vrsta incidenta je prepoznata kao jedna od glavnih prijetnji u gore navedenim izvještajima ENISA-e i Symantec-a, a u 2015. godini smo bili svjedoci da je ova prijetnja itekako prisutna i u crnogorskom sajber prostoru.

Tabela 4: Statistika incidenata prijavljenih CIRT-u

VRSTA INCIDENTA	2012	2013	2014	2015
Napad na web sajtove i IS	3	5	5	6
Prezare putem Interneta	2	3	6	17
Zloupotreba profila na društvenim mrežama	0	10	20	38
Neprikladan sadržaj na Internetu	1	0	5	19
Ostali	0	4	6	52

U 2015. godini primjetan je i porast broja prijave, koji se odnosi na neprikladan sadržaj na Internetu, uključujući i materijal koji se odnosi na maloljetna lica. Incidenti prijavljeni do danas ukazuju da je rizik po nacionalnu infrastrukturu realan, ali nije toliko visok u ovom trenutku. [8] Evidentirano je i više napada na informatičku infrastrukturu, na servise provajdera Interneta, na preuzimanje kontrole nad više naslovnih *Web* stranica crnogorskih institucija, kao i na bankarski sektor. Takođe, zabilježeno je više slučajeva da su napadači preuzeli kontrolu nad korisničkim profilima crnogorskih državljana na društvenim mrežama i ostavljali u ime vlasnika neprimjereni sadržaj. Sa adresa, za koje se istragom utvrdilo da potiču iz Crne Gore, prijavljeno je maliciozno djelovanje, između ostalog širenja SPAM-a, napadi probijanja lozinke metodom sile (eng. *brute force*), DDoS napadi, i drugi. U Tabelama 4 i Tabeli 5 dat je prikaz prijavljenih incidenata.

Tabela 5: Ukupan broj prijave po godinama

Godina	Broj predmeta
2012	5
2013	22
2014	42
2015	132
Ukupno	201

5. ZAKLJUČAK

Evidentno je da se iz godine u godinu, broj incidenata povećavao, pa se taj trend nastavlja i u 2015. godini.

Analizom trenutnog stanja, možemo zaključiti da se tokom 2015. godine udvostručio broj prijavljenih incidenata

nacionalnom CIRT-u u odnosu na prethodnu godinu. Analizom navedenih podataka utvrdilo se i da je u Crnoj Gori trenutno zloupotreba profila na društvenim mrežama i dalje najčešći problem sa kojim se susrijeću građani Crne Gore.

Veliki problem predstavljaju i sve češći napadi na informacione sisteme državnih organa i pravnih lica. Nije zanemarljiv ni broj finansijskih prevara i phishing napada. Ova vrsta kriminala je trenutno najpopularnija u Crnoj Gori, ali i na čitavom Balkanu. Poslednji primjeri sajber incidenata pokazuju da je veliki broj slučajeva u kojima lažne web stranice inostranih banaka egzistiraju na crnogorskim sajtove i da sve više novčanih transakcija odlazi u ruke napadača na drugom kraju svijeta.

Kada su u pitanju najveći i najpoznatiji incidenti koji su se dogodili u svijetu ranijih godina, veoma je važno napomenuti da su se neki od njih proširili i imali efekta na područje Crne Gore.

Na osnovu podataka navedenih u ovoj analizi, možemo zaključiti da su globalne sajber prijetnje itekako prisutne u Crnoj Gori, i da se statistika najvećih globalnih sajber prijetnji ne razlikuje u velikoj mjeri u odnosu na crnogorski sajber prostor.

Najbolji način za borbu protiv sajber prijetnji jeste proaktivno djelovanje i podizanje nivoa svijesti o ovoj problematici kroz edukaciju građana i korisnika.

LITERATURA

- [1] Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije, "Strategija sajber bezbjednosti 2013-2017", <http://www.mid.gov.me/biblioteka/strategije>
- [2] Norton, "Norton report", [dostupno online: http://www.yle.fi/tvuutiset/utiset/upics/liitetiedostot/norton_raportti.pdf]
- [3] Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije, "Izvještaj o incidentnim situacijama na Internetu u Crnoj Gori sa osvrtom na status CIRT timova", <http://www.mid.gov.me/biblioteka>
- [4] European Union Agency for Network and Information Security, "ENISA Threat Landscape 2014 *Overview of current and emerging cyber-threats*", <https://www.enisa.europa.eu/activities/risk-management/evolving-threat-environment/enisa-threat-landscape/enisa-threat-landscape-2014>
- [5] Symantec, "Internet security threat report 2015", http://www.symantec.com/security_response/publication/threatreport.jsp
- [6] CARNet, "Izvešće o aktivnostima Nacionalnog CERT-a I sigurnosti na internetu RH u 2014. godini", <http://www.cert.hr/sites/default/files/2014-HR-CERT-izvjestaj.pdf>
- [7] Arnes, "SI-Cert, Poročilo o mrežni varnosti za leto 2014. za 2014.", <https://www.cert.si/porocilo-o-omrezni-varnosti-za-leto-2014/>
- [8] Robert J. Turk, *Cyber Incidents Involving Control Systems*, 2005
- [9] Dragan Mladenović, *Definisanje sajber ratovanja*, Vojno tehnički glasnik, 2012
- [10] U. Svete, A. Kolak, *Defending Cyber threats: What traditional national security approach can contribute, Counter terrorism challenges regarding the process of critical infrastructure protection*, 2011

DETEKCIJA I IZOLACIJA NEISPRAVNOSTI U SISTEMIMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA SYSTEMS FOR DETECTION AND IDENTIFICATION OF AUTOMATION SYSTEM FAILURES

Saso Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Cingoski and Vasilija Šarac,
Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delcev" University - Štip, Republic of Macedonia

Sadržaj: U radu je prezentovan jedan concept automatske dijagnostike, izolacije i identifikacije neispravnosti (Automatic Fault Detection and Isolation and Identifikation- FDI) u sistemima automatskog upravljanja.. Primenjen je estimacijski priod koji je posebno značajan za automatsko upravljanje sistemima, jer je zasnovan na fundamentalnim strukturalnim karakteristikama dinamičkih sistema observabilnost i kontralabilnost, a koristi stabilnost modelske redundanse. Kao estimacioni observer u FDI sistemima koriste se Kalmanov i Luenbergov filter. U ovom radu je primenjen Kalmanov filter zato što Kalmanovi filtri raspolažu generičkim svojsvima funkcionalne izdržljivosti nezavisno od stohastičke prirode šuma ili defektne degradacije tehnoloških komponenata sistema. Matematički model prikazan je u prostoru stanja, a simulacija je realizovana u programskom paketu Matlab i Simulink.

Abstract: *The aim of this paper is to present a new concept of automatic fault Detection, isolation and identification (FDI) of automation systems. In the paper, the state estimation approach was used, which is particularly important for automatic control systems. This approach is based on fundamental structure characteristics of dynamic systems such as observation ability and controllability, and stability of the model redundancy. Kalman filters and Luenberger observers are used as estimators for the proposed FDI system. In the proposed concept, the Kalman filter because Kalman filters were utilized, because they have generic properties of functional endurance independent of the stochastic nature of possible appearance of any jeopardizing noise of the analused sustem, or defective degradation of technological components of the system. The mathematical model is presented in the state space, a simulation is realized in MATLAB and Simulink environment.*

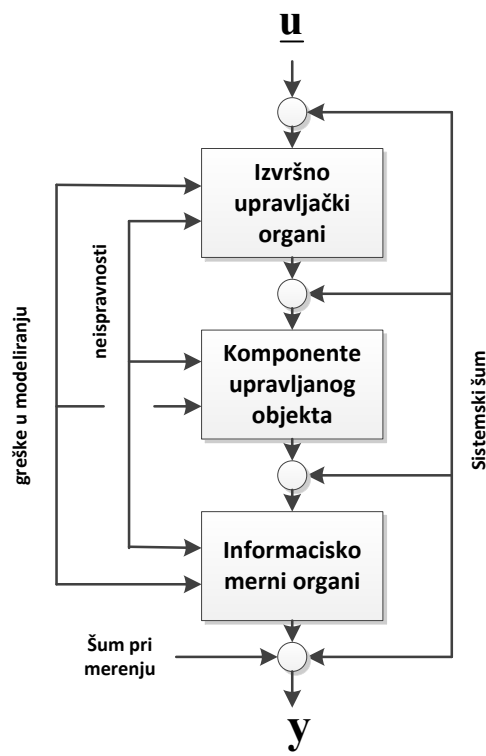
Ključne reči: FDI, Kalman, Matlab simulink, observabilnost, upravljivost

1. UVOD

Sistemi automatskog upravljanja su sve složeniji i sofisticiraniji. Posledica toga je sve veća potreba tolerancije neispravnosti, koja se postiže poboljšanjem individualne sigurnosti funkcionalnih celina, kao i efikasnom otkrivanju izolaciji i identifikaciji neispravnosti [1]. U ovom radu ćemo se osvrnuti na (FDI) otkrivanju neispravnosti i izolaciji. U toku zadnjih decenija istraživanja o FDI dobijaju sve veći interes u svetu. Veliki potsticaj dolazi od strane teorije savremenog upravljanja koja je zasnovana na silnim tehnikama matematičkog formulisanja, procene stanja i identifikacije parametara. U toku razvoja pojavila se nova filozofija FDI metodologije. Ona je više zasnovana na upotrebi analitičke (funkcionalne) nego fizičke redundanse [5]. Drugim rečima koristi se matematički model sistema ili njegovih delova.

2. FORMULISANJE PROBLEMA FDI

Dat je dinamički sistem prikazan na slici 1 [1]. \underline{u} je vektor ulaznih varijabli, a \underline{y} vektor izlaznih varijabli. Sve neispravnosti se svode na jedan vektor, a svi drugi efekti koji prikrivaju neispravnosti, u takozvanom vektoru nepoznatih ulaza.



Slika 1. Blokovski pretstavljen sistem

Sistem je u prostoru stanja dat jednačinama 1 i 2 [6], [7].

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{E}\mathbf{d}(t) + \mathbf{K}\mathbf{f}(t) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{F}\mathbf{d}(t) + \mathbf{G}\mathbf{f}(t) \quad (2)$$

\mathbf{x} je $n \times 1$ vektor stanja, \mathbf{u} je $p \times 1$ ulazni vektor, \mathbf{y} je $q \times 1$ vektor izmerenih izlaza i $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ su poznate matrice. $\mathbf{E}\mathbf{d}$ modelira nepoznate ulaze do mehanizama i dinamičkog procesa, $\mathbf{K}\mathbf{f}$ definira neispravnosti u mehanizmima i komponentama, $\mathbf{F}\mathbf{d}$ definira nepoznate ulaze u senzore i $\mathbf{G}\mathbf{f}$ definira senzorske neispravnosti.

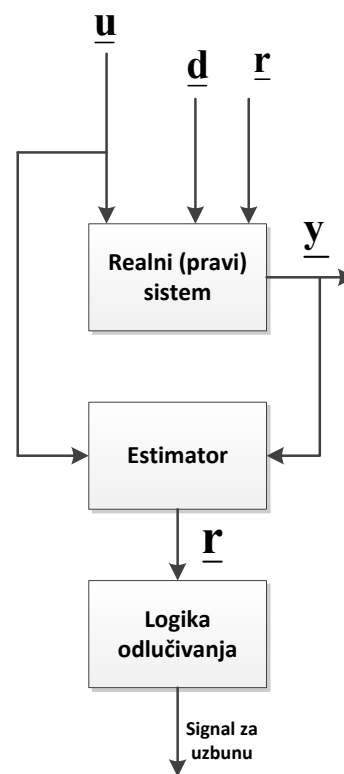
Procedura estimacije razvijena na bazi redundanse koristeći jednačine 1 i 2 može se grubo podeliti u dve faze [1], [2]:

- (1) Stvaranje rezidualne funkcije koja je naglašena vektorom neispravnosti \mathbf{f} .
- (2) Odlučivanje i izolacija o neispravnosti (vreme, lokacija, nekada i vid, veličinu i izvor).

3. GENERISANJE RESIDUALA

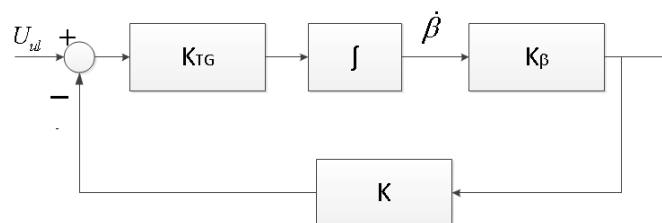
Postoji veliki broj koncepata stvaranja reziduala koji se mogu svesti na nekoliko: pristup prostoru parnosti, pristup namenskog observera i pristup identifikacije parametara. Postoje i međusobne veze između ova tri pristupa, zato jer svi završavaju procenom stanja [4], [5]. Jedan od mogućih načina kojim se može proveriti neispravnost u sistemu je provera kontralabilnosti i observabilnosti sistema. Ova provera se izvodi u modalnom domenu. Ukoliko u matricama \mathbf{B}^* i \mathbf{C}^* nema nula sistem je kontralabilan i observabilan. Ako u matricama postoji nula onda sistem nije kompletno observabilan ili kontralabilan. Znači da u sistemu koji je ranije bio kontralabilan i observabilan postoji neispravnost.

Najčešće primenjivani pristup je namenski observer (Dedicated observer approach). Osnovna ideja ovog pristupa je u tome što se vrši rekonstrukcija izlaza sistema pomoću observera ili Kalmanovog filtra koristeći procenjenu grešku ili inovaciju kao residual za otkrivanje i izolaciju grešaka. Najprostija konfiguracija upotrebljavana za otkrivanje grešaka je pojedinačni estimator (observer ili Kalmanov filter) gde je svaki estimator vođen samo jednim najsigurnijem izlazom, a kompletan izlaz je rekonstruiran. Sporedba pravog izlaza \mathbf{y} sa procenjenim izlazom koristeći ulaznu logiku dozvoljava jednostavno otkrivanje i izolaciju neispravnosti. Na slici 2 prikazan je pojedinačni Kalmanov filter vođen vektorom celosnog ulaza i koristi se fakt da je inovacija i šum sa nula prosekom i poznatom kovarijansom kada se ne javlja neispravnost, pojava grešaka je nadgledana statističkim testovima beline, prosečnosti i kovarijansom. Izolacija grešaka se izvodi na osnovu različitih hipoteza. Na osnovu greške (signal uzbune) donosi se odluka o daljem upravljanju. Sistem upravljanjem vatrom "BOFI" opremljen je uređajem za automatsko navođenje topa na cilj. Rastojanje do cilja meri se laserskim dalinomerom i to je osnovni ulazni parametar u sistem. Sistem ima više režima rada. Jedan od osnovnih je režim praćenja. U režimu praćenja sistem kontinuirano određuje poziciju cilja i parametre kretanja cilja tako da u svakom trenutku ima potrebne podatke za usmeravanje topa poluautomatski ili ako je greška velika ručno na cilj.



Slika 2. Pojedinačni estimator (\underline{d} -vektor nepoznatih ulaza, \underline{r} -rezidual, \underline{u} -ulazni vektor, \underline{y} -izlazni vektor)

Svi podaci potrebni za usmeravanje topa u tački susreta dolaze u računar. Rad sistema je zasnovan na tome da se cilj kreće pravolinijski, konstantnom brzinom. Nakon opaljivanja top se usmerava u tački susreta gde bi se nalazio cilj posle određenog vremena nakon opaljivanja, a na osnovu pretpostavke o pravolinijskom kretanju konstantnom brzinom. Osnovni zadatak računara je da izračuna pravougaone koordinate X, Y, Z, na osnovu kojih servopogon upravlja topom po pravcu i elevaciji. Upravljački signali servopogona su električni signali. Upravljački signal može biti generisan nišanskim radarom ili od komandne palice operatora. U oba slučaja dopunski uticaj imaju systemske smetnje i smetnje opkruženja koji utiču na senzore. Sistem servo upravljanja pravcem je nelinearan. Linearizacijom dobija se model prikazan na sledećoj slici [6].



Slika 3. Linearizovani model servopogona

Prenosna funkcija modela je:

$$G(s) = \frac{U_{\beta}(s)}{U_{vl}(s)} = \frac{\frac{1}{K}}{\frac{T_{\beta}}{KK_{TG}}s^2 + \frac{1}{KK_{TG}}s + 1} = \frac{\frac{1}{K}}{T_A s + 1} \frac{1}{T_1 s + 1}$$

Umetanjem vrednosti za parametre u prenosnoj funkciji dobijene eksperimentalnim putem dobijamo sledeći rezultat:

$$G(s) = \frac{1876}{s^2 + 152,82 \cdot s + 533}$$

Transformacijom u prostoru stanja dobijamo sledeće jednačine:

$$\dot{x}_1 = x_2$$

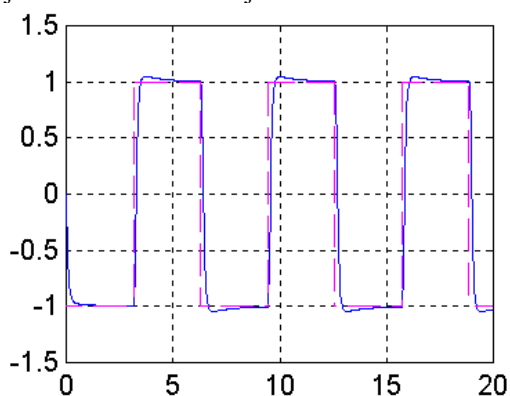
$$\dot{x}_2 = -533 \cdot x_1 - 152,82 \cdot x_2 + 1876 \cdot U$$

$$y = x_1$$

Mitrice sistema, ulazna i izlazna su:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -533 & -152,82 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1876 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C} = [1 \quad 0]$$

Na slici 4 prikazan je upravljački signal i realizacija sistema u situaciji kada nemamo smetnje.



Slika 4. Situacija kada ne postoje smetnje: crvena linija - ulazni signal, plava linija - odziv sistema

Rang sistemske matrice A iznosi **rank(A)=2**. Matrica kontralabilnosti sistema je

$$\mathbf{Co} = 1.0e+005 \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0.0188 \\ 0.0188 & -2.8669 \end{bmatrix}$$

Rang matrice Co je **rank(Co)=2**.

Matrica observabilnosti sistema iznosi

$$\mathbf{Ob} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rang ove matrice je **rank(Ob)=2**.

Zato što su rang matrice Co i matrice Ob jednaki rangu sistemske matrice možemo zaključiti da je dati sistem kontralabilan i observabilan.

Do istog zaključka možemo doći ako transformišemo sistem u modalnom domenu i zatim izvršimo iste provere. Rešavanjem jednačine $|A - \lambda \cdot I| = 0$ nalazimo sopstvene vrednosti i adekvatne sopstvene vektore:

$$\lambda_1 = -3.571218434 \quad \lambda_2 = -149.2487816$$

$$\mathbf{V}^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -3.571218434 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{V}^2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -149.2487816 \end{bmatrix}$$

Modalna matrica je:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -3.571218434 & -149.2487816 \end{bmatrix}$$

Ulazna i izlazna matrica u modalnom domenu su:

$$\mathbf{A}^* = \begin{bmatrix} -3.571218434 & 0 \\ 0 & -149.2487816 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ -12.9444 \end{bmatrix} \quad \mathbf{C}^* = [1 \quad 1]$$

Zato što matrice B* i C* nemaju nule znači da je sistem kompletno kontralabilan i kompletno observabilan. Jednačine stanja i izlazna jednačina sistema u modalnom domenu su:

$$\dot{x}_1^* = -3.57128434 \cdot x_1^* + 12.9444 \cdot u$$

$$\dot{x}_2^* = -149.2487816 \cdot x_2^* - 12.9444 \cdot u$$

$$y^* = x_1^* + x_2^*$$

Da vidimo kakve promene se dešavaju kada dođe do prekida veza u modalnom domenu, tj. kada se pojave nule u matricama B* i C*.

4. PROMENE U MATRICI B*

1) U matrici B* pojavljuje se nula tj. dolazi do prekida veze upravljačkog signala i prvog moda.

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 0 \\ -12.9444 \end{bmatrix}$$

Vraćamo se ponovo u prostoru stanja. Nova matrica B' u prostoru stanja iznosi:

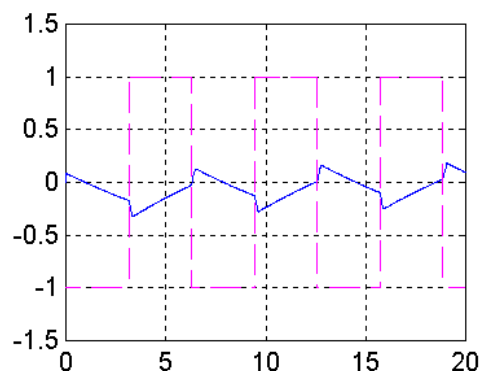
$$\mathbf{B}' = \begin{bmatrix} -12.9444 \\ 1931.935929 \end{bmatrix}$$

Matrica kontralabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{Co} = \begin{bmatrix} -12.9444 & 1931.935929 \\ 1931.935929 & -288339 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice Co jednaka je nuli. Na osnovu toga zaključujemo da postoji neispravnost aktuatora broj 1.

Na slici broj 5 prikazan je otkaz aktuatora broj 1.



Slika 5. Izlazni signal sistema za otkaz prvog aktuatora: crvena linija - ulazni signal, plava linija - odziv sistema

2) Ako je prekinuta veza upravljačkog signala i drugog moda:

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nova matrica \mathbf{B}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{B}' = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ -46.2272799 \end{bmatrix}$$

Matrica kontralabilnosti sistema u prostoru stanja je :

$$\mathbf{C}_0 = \begin{bmatrix} 12.9444 & -46.2272799 \\ -46.2272799 & 165.0877143 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{C}_0 je približno jednaka nuli (zaokruženo na 4 decimalu). Zato što je determinata jednaka nuli zaključujemo da postoji neispravnost drugog aktuatora.

PROMENE U MATRICI \mathbf{C}^*

1) U matrici \mathbf{C}^* pojavljuje se nula, tj. prekida se veza izlaza i prvog senzora.

$$\mathbf{C}^* = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

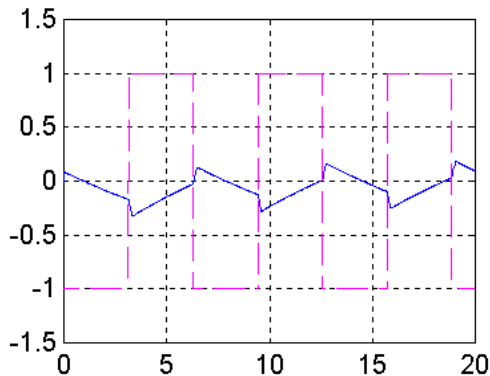
Nova matrica \mathbf{C}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{C}' = \begin{bmatrix} -0.0245 & -0.0069 \end{bmatrix}$$

Matrica observabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{O}_b = \begin{bmatrix} -0.0245 & 3.6777 \\ -0.0069 & 1.029958 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{O}_b jednaka je nuli, znači sistem nije observabilan, tj. postoji neispravnost senzora broj 1. Realizacija sistema za otkaz senzora broj 1 prikazana je na slici broj 6.



Slika 6. Izlazni signal sistema za otkaz prvog senzora: crvena linija -ulazni signal, plava linija – odziv sistema

2) U matrici \mathbf{C}^* pojavljuje se nula, tj. prekida se veza izlaza i drugog senzora.

$$\mathbf{C}^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Nova matrica \mathbf{C}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{C}' = \begin{bmatrix} 1.0245 & 0.0069 \end{bmatrix}$$

Matrica observabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{O}_b = \begin{bmatrix} 1.0245 & 3.6777 \\ 0.0069 & 0.029958 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{O}_b je približno jednaka nuli (zaokruženo na 3 decimalu) znači postoji neispravnost na senzoru broj 2.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prezentovan jedan koncept automatske dijagnostike i identifikacije neispravnosti (Automatic Fault Detection, Isolation and Identification-FDI) .

Postoje više načina rešavanja FDI problema, ali u ovom radu prikazan je estimacioni priod u prostoru stanja, posebno značajan za automatsko upravljanim sistemima, jer je baziran na fundamentalnim strukturalnim karakteristikama dinamičkih sistema, observabilnost i kontralabilnost. Posebno je značajno da se kao estimator koristi Kalmanov filter koji nalazi veliku primenu u vojnim sistemima. Brzi razvoj računarske tehnologije daje velike mogućnosti smanjenja grešaka, što je naročito značajno u vojnim sistemima jer je razvojem tehnologije smanjeno vreme dejstva napadnih sredstava iz vazdušnog prostora, što zahteva da se greške svedu na što manju veličinu čime bi se smanjilo i vreme reagovanja sistema, što je osnovni preduslov za uspešno izvršenje postavljenog zadatka.

Značajno je napomenuti da je ovaj način FDI dobar i daje rezultate za ovaj primer. Uopšteno ne mora da važi za svaki sistem. Da bi to utvrdili moramo izvršiti detaljnija ispitivanja.

LITERATURA

- [1] R.N. Clark and W.M. Walton (1975), "Detecting Instrument Malfunction in Control Systems". IEEE Trans. Aerosp. & Electr. Systems, AES-16, 468-473.
- [2] R.J. Patton, P.M. Frank and P.N. Clark (eds.) (1989), Fault Diagnosis in Dynamic Systems: Theory and Applications. Prentice Hall, Englewood Cliffs W.
- [3] R.M. Franc (1990), " Fault Diagnosis in Dynamic Systems using Analitical and Knowlwdge Redundancs-A Surves and Come New Results". **Automatica**, **26**, 459-474.
- [4] P.M. Frank (1992), "Fault Diagnosis in Dynamic Sysrems using Software Redundancs" **European J. of Diagnosis and Safets in Automation**, 1 (2), 113-143.
- [5] P.M. Frank (1996) " Analytical and Qualitative Model-based Fault Diagnosis-A Survey and Come New Results".*European J. of Control*, 2 6-28.
- [6] S.Adrinek (1985), "MATematski model Simulacija I identifikacija SAUV BOFI"-Visoke vojnotehnicke skole KoV JNA-Zagreb.
- [7] N.S.Nise (1995) " Control Systems engineering"-addicon-Wesley Publishing Company.
- [8] S.P.Banks (1986) "Control Systems engineering" – Prentics-Hall, Englewood Cliffs NJ

HAOS U MIKROTALASNOM KOLPICOVOM OSCILATORU CHAOS IN MICROWAVE COLPITTS OSCILLATOR

Tijana Radulović, Luka Lazović, Ana Jovanović i Vesna Rubežić, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Sadržaj: U ovom radu su u programskom paketu PSpice izvršene simulacije mikrotalasnog Kolpicovog oscilatora za različite vrijednosti parametara. Glavna motivacija za razmatranje haotičnog Kolpicovog oscilatora koji radi na mikrotalasnim frekvencijama je potencijalna primjena u komunikacijama. Zapažene su i periodične i haotične oscilacije. Haotične oscilacije su zapažene na fundamentalnoj frekvenciji oko $f_0 = 2,4\text{GHz}$. Različite kombinacije parametara su razmatrane u cilju postizanja što je moguće veće fundamentalne frekvencije.

Abstract: In this paper, the software package PSpice is used for simulation of microwave Colpitts oscillator's for different parameter values. The main motivation for considering the microwave chaotic Colpitts oscillator's is potential applications in communications. The periodic and chaotic oscillations are observed. Chaotic oscillations are observed at the fundamental frequency of $f_0 = 2,4\text{GHz}$. Different combinations of parameters were considered in order to achieve the highest possible fundamental frequency.

1. UVOD

Haotični signali su neperiodični, šumu slični signali dobijeni u nelinearnim dinamičkim sistemima. Oni mogu biti generisani u sistemima opisanim običnim diferencijalnim jednačinama, parcijalnim diferencijalnim jednačinama ili iterativnim preslikavanjem [1] – [4]. Haotične signale karakteriše impulsu slična autokorelaciona funkcija i kroskorelacija koja ima male vrijednosti. Haotični signali su interesantni zato što imaju, između ostalog, inherentne širokopojasne osobine. Tipičan frekventni spektar haotičnog signala je širokopojasan i šumu sličan. Prema tome, haotični signal korišćen kao širokopojasni nosilac za prenos informacija, omogućava prednosti koje su postignute konvencionalnim komunikacionim tehnikama sa proširenim spektrom, kao što su povećanje sigurnosti komunikacije i smanjenje multipath fading-a. Dalje, veliki broj haotičnih nosilaca može biti lako produkovan kao posledica osjetljive zavisnosti od početnih uslova i varijacije parametara [5], [6]. Prema tome, haos može omogućiti jeftine i prilagodljive tehnike za komunikacione sisteme sa proširenim spektrom.

Haotični nosioci u bežičnim komunikacijama primjenjuju se na dva načina [5], [6]. Prvi je ugrađivanje informacije u osnovni opseg nosilaca i onda korišćenje konverzije za podizanje frekvencije sa RF/mikrotalasnim sinusoidalnim nosiocem. Drugi prilaz je dizajniranje haotičnog nosioca na RF/mikrotalasnom opsegu i modulisanje informacije direktno u nosilac. To su direktni haotični komunikacioni sistemi. Drugi pristup se više koristi. Prvi pristup čini cjelokupan sistem više kompleksnim i manje robustnim pošto zahtijeva množenje signala sa nosiocem prilikom modulacije i demodulacije. To zahtijeva više elemenata kola i unosi više izobličenja signala. Glavni dio direktnog haotičnog pristupa je dizajniranje generatora haotičnog nosioca sa dovoljno velikom fundamentalnom frekvencijom.

Postoji mnogo različitih haotičnih oscilatornih kola kao što su Čuino kolo, Dafingov, Roslerov, Lorencov i Kolpicov oscilator [1]-[3]. Gornja granica fundamentalne frekvencije

Kolpicovog oscilatora je određena threshold frekvencijom bipolarnog tranzistora koji se koristi u kolu. S obzirom da su bipolarni tranzistori lako dostupni i njihova threshold frekvencija može biti veoma visoka Kolpicov oscilator je dobar izbor za dizajn i implementaciju generatora haotičnog mikrotalasnog nosioca.

Prvi put haos je u Kolpicovom oscilatoru zapažen na frekvencijama reda kHz [7]. Kasnije su haotične oscilacije eksperimentalno dobijene na fundamentalnoj frekvenciji $f_0 = 23\text{MHz}$ upotrebom 2N2222A [8] i na frekvenciji $f_0 = 26\text{MHz}$ upotrebom 2N3904 [9] bipolarnog tranzistora (oba tranzistora imaju threshold frekvenciju $f_T = 300\text{MHz}$). U PSpice simulacijama haos je zapažen na $f_0 = 500\text{MHz}$ koristeći tranzistor AT41486 sa $f_T = 3\text{GHz}$ i na $f_0 = 1\text{GHz}$ koristeći BFG520 sa $f_T = 9\text{GHz}$ [8]. U [10] su saopšteni rezultati PSpice simulacija oscilatora na mikrotalasnim (300-1000MHz) frekventnom opsegu. U [6] dobijene su haotične oscilacije na osnovnoj učestanosti oko 1.6 GHz koristeći BFG425W.

Motivisani mogućom primjenom mikrotalasnog Kolpicovog oscilatora u komunikacijama, u ovom radu smo u programskom paketu PSpice izvršili simulacije za različite vrijednosti parametara. Posebna pažnja posvećena je haosu u Kolpicovom oscilatoru, mada su razmatrani i periodični odzivi.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda u sekciji 2 navedene su osnovne osobine haotičnih signala. U sekciji 3 opisan je Kolpicov oscilator. Rezultati simulacija prikazani su u sekciji 4. Zatim su saopšteni zaključci.

2. OSNOVNE OSOBINE HAOSA

Haos se javlja u nelinearnim dinamičkim sistemima koji mogu biti opisani bilo iterativnim preslikavanjima, bilo sistemom običnih diferencijalnih jednačina ili pomoću

parcijalnih diferencijalnih jednačina [1]-[4]. Vremenski talasni oblici haotičnog signala se kvalitativno razlikuju od periodičnih oblika. Oni izgledaju sasvim neregularno, ne javlja se ponavljanje ni u jednom vremenskom periodu konačne dužine. Mada su dobijena u determinističkim sistemima, rješenja izgledaju kao da su slučajna. Spektar snage je pogodan za kvalitativno razlikovanje periodičnog i kvaziperiodičnog kretanja od haotičnog kretanja. Naime, u spektru periodičnog signala vide se samo linije koje odgovaraju određenim frekvencijama, dok u spektru haosa preovladava širok ravan kontinuum. Kao sledeće sredstvo u ispitivanju haosa koristi se autokorelaciona funkcija. Autokorelaciona funkcija mjeri korelaciju (sličnost) signala sa samim sobom u različitim vremenskim intervalima. Korelacija je visoka za regularna kretanja, dok za haotično kretanje ona brzo padne na nulu. U analizi dinamičkih sistema rado se koristi Poenkareov presjek. Posmatrajmo neku trajektoriju u m -dimenzionalnom faznom prostoru i presjecimo je nekom $(m-1)$ -dimenzionalnom površi. Skup tačaka u presjeku, pri čemu se u obzir uzimaju samo ulazne tačke trajektorije sa jedne strane površi, zove se Poenkareov presjek. Iz njegovog izgleda može se odrediti karakter kretanja koje ga generiše. Granični ciklus generiše samo jednu tačku, ciklus udvojene periode generiše dvije tačke. Kod haotičnih kretanja nikakve figure se ne mogu razaznati u presjeku. U slučaju disipativnih sistema kad $t \rightarrow \infty$ dolazi do zgušnjavanja trajektorija u faznom prostoru i njihovog privlačenja ka nekom geometrijskom objektu. Ti se objekti nazivaju atraktorima. Njihova geometrijska struktura može biti veoma jednostavna, kao što je fiksna tačka ili granični ciklus koji odgovara periodičnom kretanju. Haotičnom kretanju odgovaraju posebni atraktori čudnih osobina-čudni atraktori. Čudni atraktori imaju komplikovanu finu strukturu koja lokalno ne liči ni na jedan euklidski prostor. Njihova dimenzija ne može biti cjelobrojna i oni predstavljaju primjer fraktala. Navedene karakteristike predstavljaju kvalitativne pokazatelje determinističkog haosa. Najviše korišćeni kvantitativni pokazatelji haosa su Ljapunovljevi eksponenti. Ljapunovljevi eksponenti mjere razdvajanje dviju bliskih početnih tačaka tokom vremena. Makar jedan pozitivan Ljapunovljev eksponent ukazuje na prisustvo haosa u dinamici sistema.

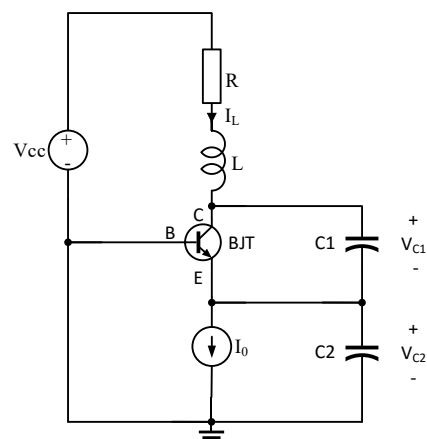
3. KOLPICOV OSCILATOR

Kolpikov oscilator je oscilator sa jednim tranzistorom koji se koristi u elektronskim uređajima i komunikacionim sistemima. Frekvencije rada variraju od nekoliko herca do nekoliko gigaherca, zavisno od tehnologije. Kolpikov oscilator ima nelinearnost datu eksponencijalnom karakteristikom aktivne komponente (1). Kolpikov oscilator ispoljava bogato dinamičko ponašanje uključujući i haos [6]-[11].

Kolpikov oscilator koji je razmatran u radu prikazan je na slici 1.

Oscilator sadrži bipolarni tranzistor (BJT) kao glavni element i rezonantnu mrežu koja se sastoji od jednog kabela i jednog para kondenzatora. Ulazno-izlazna karakteristika nelinearnog otpora može biti prikazana sljedećom relacijom:

$$I_E = f(V_{BE}) = I_S e^{\frac{V_{BE}-1}{V_T}}, \quad (1)$$



Sl. 1. Kolpikov oscilator sa bipolarnim tranzistorom.

gdje je I_S inverzna struja saturacije i $V_T \approx 26$ mV na sobnoj temperaturi. Jednačine stanja Kolpikovog oscilatora prikazanog na slici 1 su:

$$C_1 \frac{dV_{c1}}{dt} = -f(-V_{c2}) + I_L \quad (2)$$

$$C_2 \frac{dV_{c2}}{dt} = I_L - I_0 \quad (3)$$

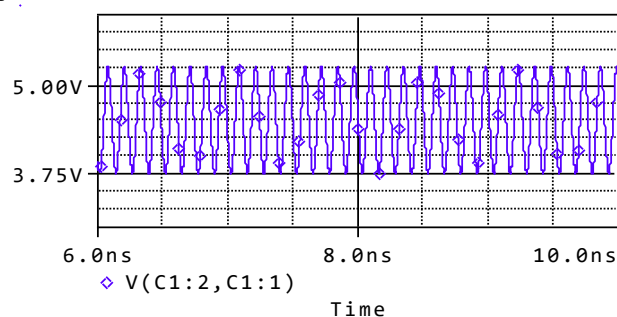
$$L \frac{dI_L}{dt} = -V_{c1} - V_{c2} - I_L R + V_{CC}. \quad (4)$$

BJT korišćen u Kolpikovom oscilatoru prikazanom na slici 1 je Philips BFG425W, čija je treshold frekvencija 25 GHz.

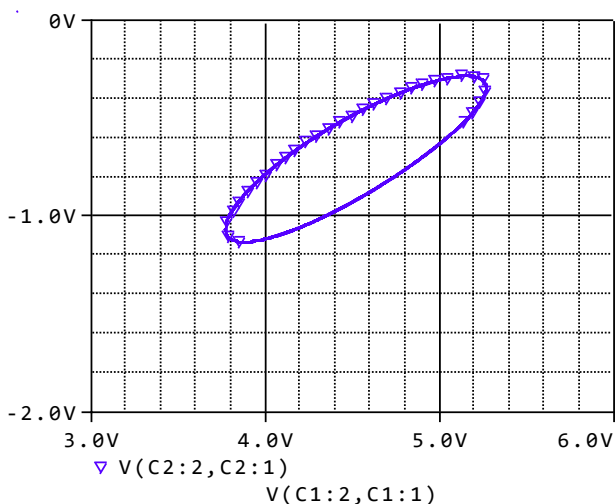
4. REZULTATI SIMULACIJA

U ovom radu izvršene su simulacije haotičnog Kolpikovog oscilatora u PSpice softveru. Kolpikov oscilator je realizovan sa širokopojasnim BJT BFG425W sa threshold frekvencijom 25 GHz. U simulacijama su korišćene sledeće vrijednosti parametara koje su fiksirane: $V_{CC}=5V$, $I_0=5.26$ mA, $L=5,5$ nH, $C_1=0,8$ pF, $C_2=0,8$ pF. Parametar koji se mijenja, odnosno bifurkacioni parametar je otpornost R . U Kolpikovom oscilatoru zapaženo je bogato dinamičko ponašanje.

Za $R=230\Omega$ uočavamo pravilni vremenski talasni oblik prikazan na slici 2. Odgovarajući atraktor je Period 1 granični ciklus koji je prikazan na slici 3. Smanjenjem otpornosti dolazi do periodudvostručavajućih bifurkacija koje sistem vode prema haosu.

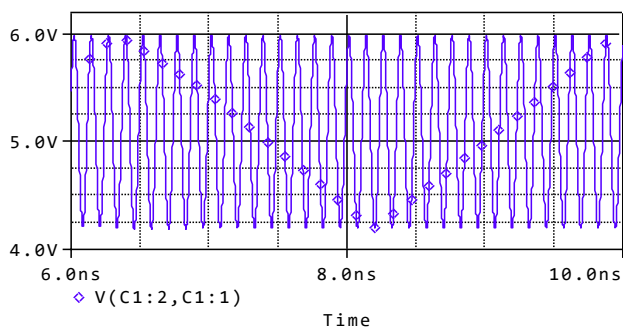


Sl. 2. Vremenski oblik napona V_{C1} ($R=230\Omega$).

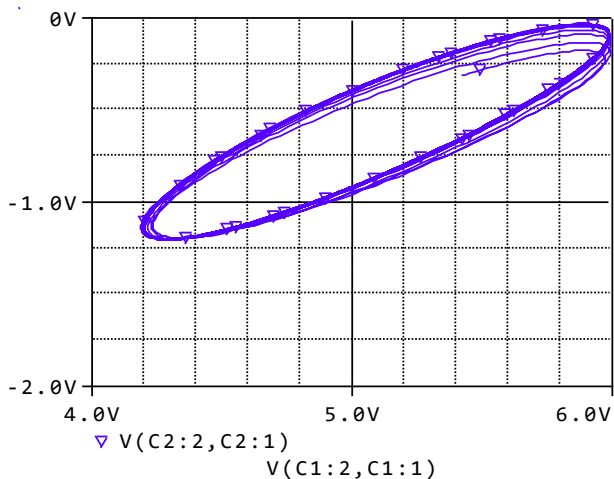


Sl. 3. Periodični atraktor P1 ($R=230\Omega$).

Za $R=103\Omega$ zapaženo je periodično kretanje sa više frekvencija čiji je vremenski talasni oblik prikazan na slici 4. Odgovarajući Period 4 atraktor prikazan je na slici 5.

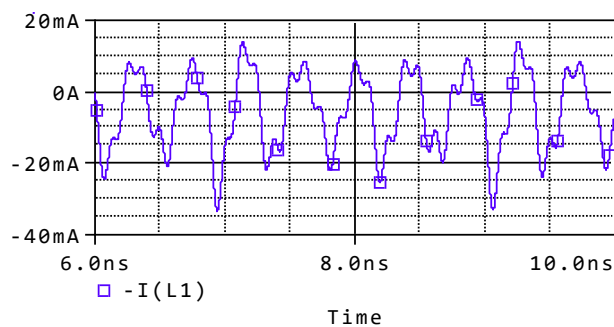


Sl. 4. Vremenski oblik napona V_{C1} ($R=103\Omega$).

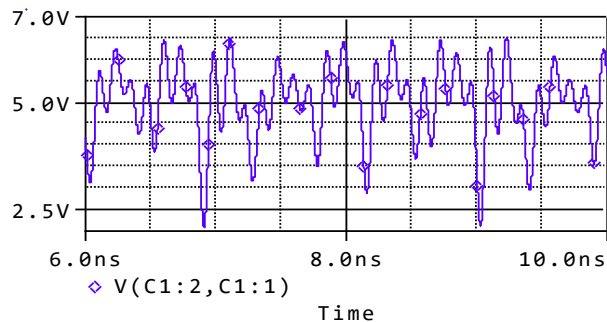


Sl. 5. Periodični atraktor P4 ($R=103\Omega$).

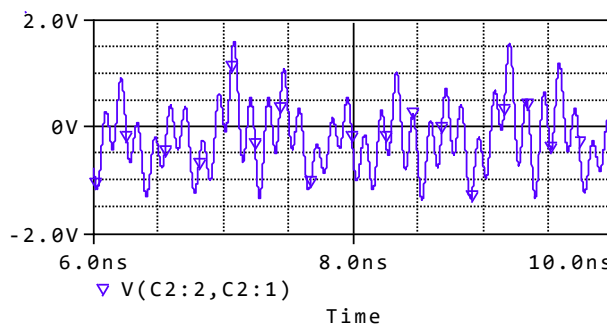
Za $R=27\Omega$ zapažen je haos. Talasni oblici signala prikazani na slikama 6, 7 i 8 izgledaju iregularno. Atraktor prikazan u faznom prostoru na slici 9 je čudni odnosno haotični atraktor.



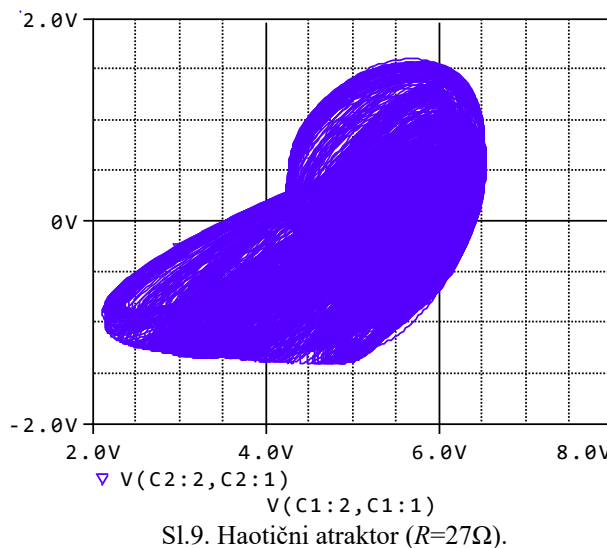
Sl. 6. Vremenski oblik struje I_L ($R=27\Omega$).



Sl. 7. Vremenski oblik napona V_{C1} ($R=27\Omega$).

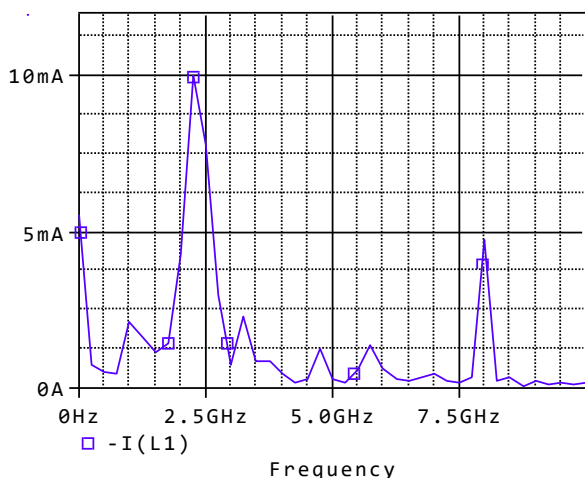


Sl. 8. Vremenski oblik napona V_{C2} ($R=27\Omega$).



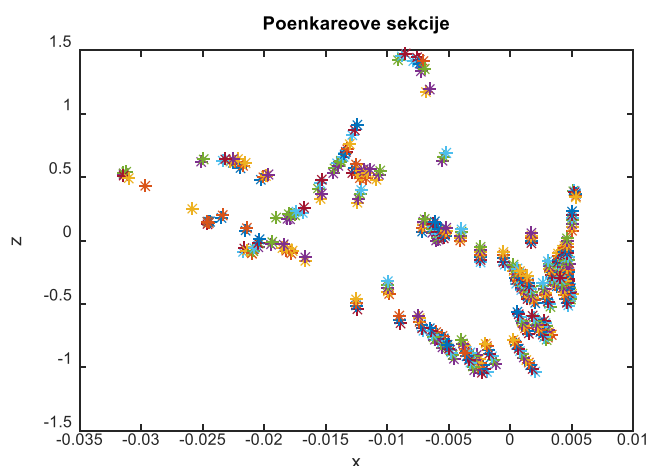
Sl.9. Haotični atraktor ($R=27\Omega$).

Na slici 10 prikazan je spektar haotičnog signala. Vidi se da je širokopojasan, sa fundamentalnom frekvencijom oko $f_0 = 2,4GHz$.



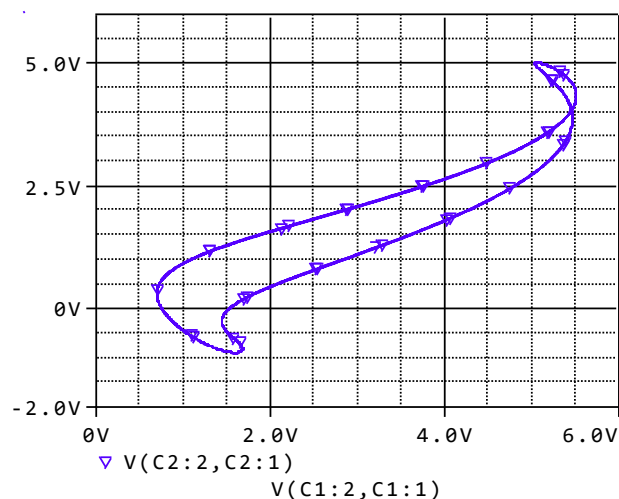
Sl. 10. Sprektar signala I_L ($R=27\Omega$).

Poenkareovi presjeci prikazani su na slici 11. Tačke su u presjeku raspoređene bez nekog reda.



Sl. 11. Poenkareove sekcije.

Interesantan periodični atraktor zapažen je i za $R=2\Omega$ (slika 12).



Sl. 12. Periodični atraktor ($R=2\Omega$).

Za ovaj skup parametara najveći Ljapunovljev eksponent je pozitivan.

5. ZAKLJUČAK

U PSpice simulacijama pokazano je generisanje haosa u mikrotalasnom opsegu frekvencija. U simulacijama je korišćen Colpicov oscilator sa tranzistorom BFG425W sa threshold frekvencijom $f_T = 25GHz$. Zapažene su haotične oscilacije u širokom opsegu frekvencija u mikrotalasnom području. Pogodnim izborom parametara generisane su oscilacije sa fundamentalnom frekvencijom oko $f_0 = 2,4GHz$.

LITERATURA

- [1] P. Drazin: Nonlinear systems, Cambridge Univ. Press, 1992.
- [2] J.C. Sprot, Chaos and Time-Series Analysis, New York: Oxford University Press, 2003.
- [3] M. P. Kennedy, "Three steps to chaos-Part II: A Chua's circuit primer," IEEE Trans. Circ. Syst., vol. 40, no. 10, 1993, pp. 657-674.
- [4] M.Belić, Deterministički haos, SFIN III, 3 (1990), str. 106-147.
- [5] P. Stavroulakis, Chaos Applications in telecommunications, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.
- [6] Z. G. Shi, L. X. Ran, Microwave Chaotic Colpitts Oscillator: Design, Implementation and Applications, Journal of Electromagnetic Waves and Applications, no.210, pp. 1335-1349, 2006.
- [7] M. P. Kennedy, Chaos in Colpitts oscillator, IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications no. 41, pp. 771-774, 1994.
- [8] C. Wegener, M. P. Kennedy, RF Chaotic Colpitts oscillator, in Proceedings of the 3rd International Specialist Workshop on Nonlinear Dynamics of Electronic Systems NDES'95, Dublin, Ireland, pp. 255-258, 1995.
- [9] A. Tamaševičius, G. Mykolaitis, S. Bumeliene, A. Čenys, A. N. Anagnostopoulos, E. Lindberg, Two-stage Chaotic Colpitts Oscillator, Electronics Letters, no. 37, pp. 549-551, 2001.
- [10] A. Tamaševičius, G. Mykolaitis, S. Bumeliene, A. Baziliauskas, R. Krivickas, E. Lindberg, Chaotic Colpitts Oscillator for the Ultrahigh Frequency Range, Nonlinear Dynamics, no. 46, pp. 159-165, 2006.
- [11] B. Saxena, A. Dubey, S. Shrivastava, Analysis of Various Methodologies for Generation of Microwave Chaos Spectrum and Improved Microwave Colpitts Oscillator, International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering, no. 1, pp. 86-92, 2012.

HAOTIČNA DINAMIKA U VIBRACIJAMA NA HELIKOPTERU CHAOTIC DYNAMICS IN HELICOPTERS VIBRATIONS

Marko Babić, Vojska Crne Gore

Luka Lazović, Ana Jovanović i Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet

Sadržaj: U ovom radu razmatrano je nelinearno dinamičko ponašanje helikoptera u smislu karakterizacije vibracija na helikopteru. Nakon analize u vremenskom i frekvencijskom domenu vibracije su analizirane geometrijskim i topološkim metodama teorije haosa. Iako su vibracije na helikopteru uglavnom periodične, istraživano je prisustvo haotične dinamike koristeći sistematičan i detaljan pristup. Cilj istraživanja je okarakterisati vibracioni mehanizam na osnovu jednog niza izmjerenih podataka.

Abstract: In this paper, the linear dynamic behavior of the helicopter in terms of characterization of the vibrations in a helicopter, is described. After analyzing in the time and frequency domain, vibration are analyzed in geometrical and topological methods of chaos theory. Although the vibration in a helicopter are mainly periodic, the presence of chaotic dynamics using a systematic and detailed approach, is investigated. The aim of the research is to characterize the vibration mechanism based on a one set of measured data.

1. UVOD

Helikopter je složen nelinearni dinamički sistem [1]. Pod određenim uslovima u nelinearnom dinamičkom sistemu može se ispoljiti haotično ponašanje. Osnovne karakteristike haosa su velika osjetljivost na početne uslove, šumu sličan izgled vremenskog signala i širokopojasni spektar snage signala [2]-[5].

Teorija vibracija na helikopteru, teorijska analiza signala vibracija i kontrola vibracija teme su kojima se bave istraživači dugi niz godina [6],[7],[10],[11]. Smanjenje i kontrola vibracija predstavlja jedan od izazova u savremenom razvoju ove grupe vazduhoplova. Ova tema je, dakle, otvorena, aktuelna, zahtjevna i privlačna za istraživače. Potrebno je, prije svega, tačno okarakterisati signal vibracije. Vibracije na helikopteru su uglavnom periodične prirode. Međutim, u nekim vibracijama nađeni su elementi haotične dinamike [11].

U ovom radu analiziran je izmjereni signal vertikalnih vibracija na šini ispod pilotovog sjedišta u helikopteru gazela. Primjenom klasičnih, geometrijskih i topoloških metoda analize utvrđena je haotična dinamika u ovom signalu.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda u sekciji 2 dat je kratak opis izvora vibracija na helikopteru. U sekciji 3 navedeni su i ukratko opisani osnovni pokazatelji haosa. U sekciji 4 primijenjene su klasične, geometrijske i topološke metode teorije haosa na niz podataka dobijenih mjerenjem vibracija na helikopteru. Na kraju su dati zaključci.

2. VIBRACIJE NA HELIKOPTERU

Helikopter gazela je laki transportni helikopter II generacije (slika 1). Glavni izvori vibracija na helikopteru su: glavni rotor, motor i repni rotor. Rotor radi u kompleksnom aerodinamičnom polju. Aerodinamičko opterećenje na

lopaticice rotora znatno varira pri njihovom kretanju oko ose rotacije. U slučaju stacionarnog leta opterećenja su periodična. Promjene aerodinamičkih uslova strujanja su uzroci stvaranja vibracija na helikopteru, koje se preko veznih elemenata prenose na strukturu helikoptera, tj. na prostor posade, putnika ili tovarni prostor [1], [10], [11].



Slika 1 Helikopter tipa gazela

Mjerenje i analiza nivoa vibracija na pojedinim elementima strukture helikoptera koriste se za razvoj elemenata za prigušenje vibracija.

Imajući u vidu kontinualno pooštavanje zahtjeva kvaliteta svjetskih standarda, kojima se definišu nivoi humanih i strukturnih vibracija, mjerenje i analiza vibracija na helikopteru imaju ulogu pokretača razvoja i modifikacije sistema.

3. OSNOVNI POKAZATELJI HAOSA

Haos je prisutan samo u nekim determinističkim sistemima. Deterministički sistem koji je osjetljiv na promjenu početnih uslova se definiše kao haotičan. Haotično kretanje izgleda kao da je slučajno, Furijeov spektar je kontinualan i širokopojasan. Razlikovanje haotičnog i slučajnog signala iz eksperimentalnih observacija je

zahtjevan zadatak. Da bi se evidentirao haos u nelinearnom dinamičkom sistemu potrebno je uraditi sledeće korake [2], [3], [5]:

- Observirati signal u vremenskom domenu
- Izračunati Furijev spektar signala
- Konstruisati fazni portret u faznoj ravni i/ili prostoru
- Konstruisati Poenkareove presjke u faznom prostoru
- Sračunati najveći Ljapunovljev eksponent.

Prvi korak u identifikovanju haosa je ispitivanje signala u vremenskom domenu. Kretanje koje nije periodično je haotično ili slučajno. Furijev spektar haotičnog signala je kontinualan i šumu sličan. Za estimaciju spektralne gustine snage haotičnog signala u ovom radu je korišćen periodogram. Pod pretpostavkom da signal ima N odbiraka, gdje je vrijeme između dva odbiraka Δt a vrijednosti x_n , periodogram se definiše kao kvadrat modula diskretne Furijeove transformacije kao [3]:

$$S(f) = \frac{\Delta t}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi n f} \right|^2, \quad -\frac{1}{2\Delta t} < f \leq \frac{1}{2\Delta t} \quad (1)$$

gdje je $1/2\Delta t$ Nikvistova frekvencija. Samo na osnovu Furijevog spektra ne može se napraviti razlika između haotičnog i slučajnog signala. Informacija koja vodi ka otkrivanju nelinearne dinamike može biti dobijena konstruisanjem faznog portreta u dvodimenzionalnoj (2D) faznoj ravni ili trodimenzionalnom (3D) faznom prostoru. Da bi se konstruisala 2D fazna ravan ili 3D fazni prostor potrebne su dvije ili tri promjenljive koje opisuju dinamiku sistema. Obično se mjeri samo jedna vibraciona promjenljiva, amplituda ili ubrzanje. Takens [8] je osmislio metod kojim se od jedne observabilne promjenljive dobijaju "lažne" promjenljive potrebne za rekonstrukciju dinamike sistema. Naime, neka je observabilna promjenljiva $x(t)$. Tada, drugu promjenljivu, $y(t)$, formiramo pomjeranjem vremenskog niza $x(t)$ za τ , dok treću promjenljivu, $z(t)$, formiramo pomjeranjem vremenskog niza $x(t)$ za 2τ . To pomjeranje se na naziva "embedding" vrijeme. U našim simulacijama "embedding" vrijeme je $\tau=10$. Matematički zapisano, proces se može opisati kao:

$$y(t) = x(t + \tau) \quad (2)$$

$$z(t) = x(t + 2\tau) \quad (3)$$

Tako je dobijen pseudofazni prostor. Atraktor konstruisan u ovakvom prostoru je ekvivalentan stvarnom nepoznatom atraktoru sistema. Detalji oko određivanja "embedding" vremena mogu se naći u [8]. Haotični signal formira orbitu koja se ne ponavlja, ne zatvara i ne ispunjava cio fazni prostor. Trajektorija slučajnog signala popunjava faznu ravan u potpunosti. Sledeći korak je razmatranje koncepta Poenkareovih sekcija (PS). Jedan metod za konstrukciju PS je postavljanje 2D površi u 3D fazni prostor i posmatranje tačaka gdje trajektorija prolazi kroz ovu površ. Haotični signal daje presjke koji su ograničeni na malu oblast, dok slučajni signal presjecima ispunjava cijelu PS ravan.

Navedeni geometrijski i topološki metodi su kvalitativni pokazatelji haosa.

Jedan od kvantitativnih testova je računanje Ljapunovljevih eksponenata [9]. Ljapunovljev eksponent mjeri brzinu eksponencijalnog razdvajanja dvije trajektorije koje su počele iz bliskih početnih uslova [5], [9]. Kvantitativno, dvije trajektorije u faznom prostoru sa početnim rastojanjem δZ_0 divergira brzinom koja se može izraziti kao:

$$|\delta Z(t)| \approx e^{\lambda t} |\delta Z_0| \quad (4)$$

gdje je λ Ljapunovljev eksponent.

Ljapunovljevih eksponenata ima onoliko koliko ima dimenzija u faznom prostoru i oni sačinjavaju Ljapunovljev spektar dinamičkog sistema.

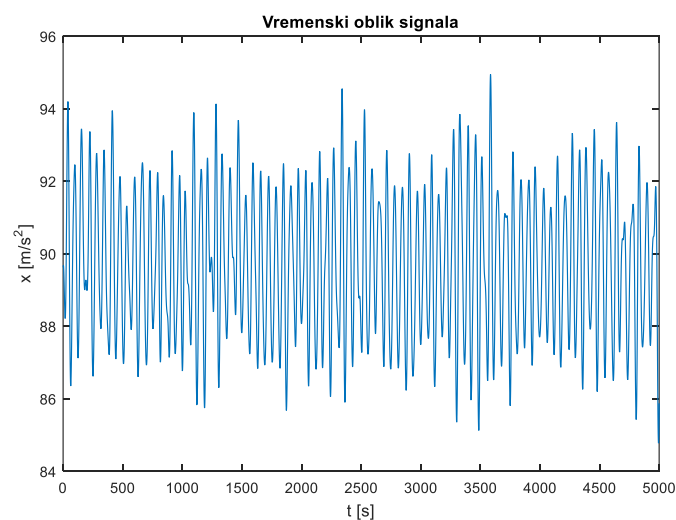
Haotični sistem ima makar jedan Ljapunovljev eksponent veći od nule. Maksimalni Ljapunovljev eksponent određuje predvidljivost dinamičkog sistema. On se definiše kao:

$$\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lim_{\delta Z \rightarrow 0} \frac{1}{t} \ln \frac{|\delta Z(t)|}{|\delta Z_0|} \quad (5)$$

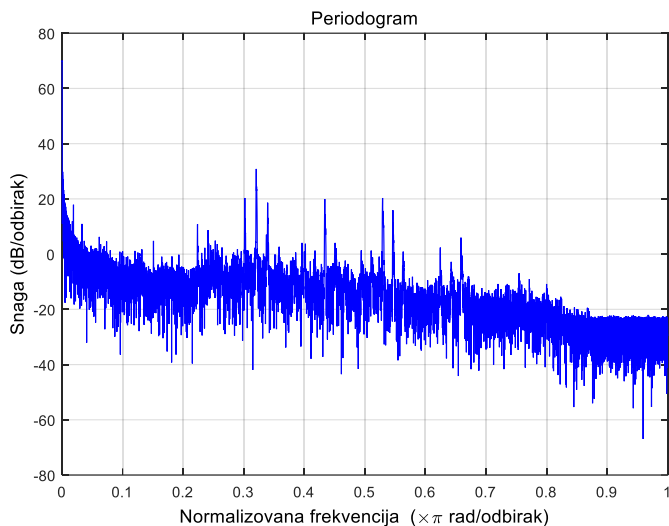
Određivanje prisustva haosa iz analize jednog niza dostupnih podataka je složen zadatak. Ni jedan pristup sam ne obezbjeđuje definitivnu potvrdu haosa. Samo korišćenje više raspoloživih tehnika može dovesti do pouzdanog prepoznavanja prisustva haosa u razmatranom sistemu.

4. REZULTATI ISPITIVANJA IZMJERENIH VIBRACIJA

U radu su prikazani rezultati mjerenja u toku leta helikoptera gazela sa tačno zahtijevanim profilom leta, na visini od $H=1000$ m. Analiziran je izmjereni signal vertikalnih vibracija na šini ispod pilotovog sjedišta u helikopteru. Na slici 2 prikazan je vremenski zapis vibracija u toku leta. Na slici 3 prikazan je periodogram razmatranog signala.



Slika 2. Vremenski zapis vibracija u toku leta.

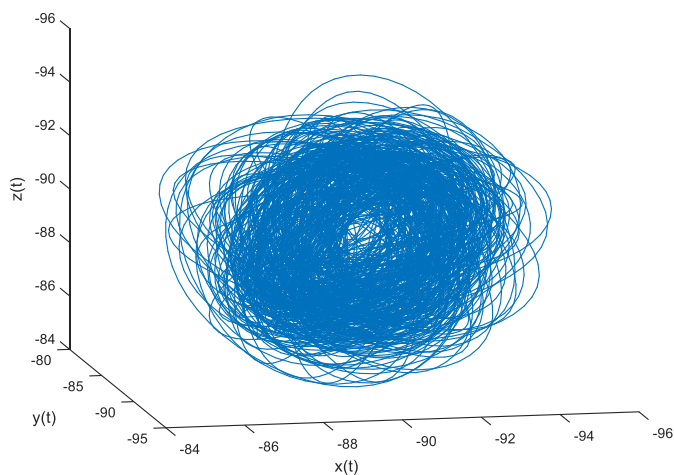


Slika 3. Periodogram razmatranog signala.

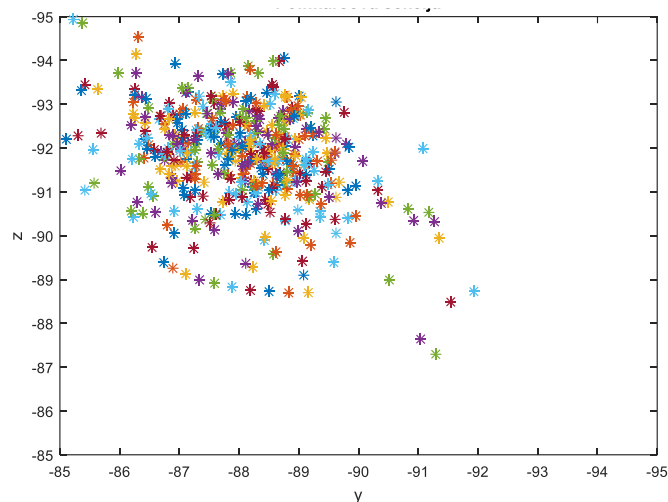
Aperiodična priroda signala u vremenskom domenu reflektovana je u širokopojasnom šumu sličnom spektru snage.

Rekonstruisani atraktor u pseudofaznom prostoru prikazan je na slici 4. Vidi se da signal formira orbitu koja se ne ponavlja, ne zatvara i ne ispunjava cio fazni prostor. Poenkareovi presjeci prikazani su na slici 5. Vidi se da presjeci izgledaju kao što je očekivano za haotični signal.

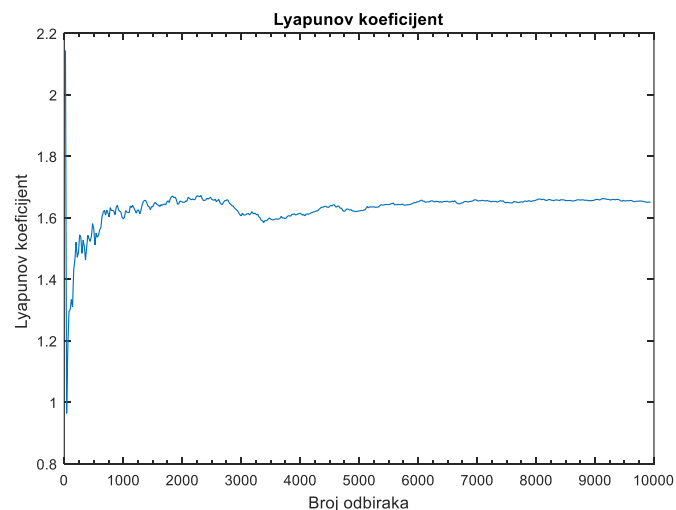
Konvergencija najvećeg Ljapunovljevog eksponenta prikazana je na slici 6.



Slika 4. Trajektorija u trodimenzionalnom pseudofaznom prostoru.



Slika 5. Poenkareova sekcija 3D faznog prostora. Sekciju čine tačke gdje trajektorije sa slike 4 prolaze kroz ravan $x=-90$ u istom smjeru.



Slika 6. Konvergencija najvećeg Ljapunovljevog koeficijenta.

Rezultati prikazani na slikama od 2 do 6 ukazuju na postojanje haosa u razmatranom signalu vibracija.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatran je jedan niz podataka dobijen mjerenjem vibracija na šini ispod sjedišta pilota helikoptera gazela. Korišćenjem kvantitativnih i kvalitativnih pokazatelja haosa utvrđeno je postojanje haotične dinamike u razmatranom nizu podataka. Vibracije su glavni uzroci oštećenja strukture, otkaza sistema elektronike kao i profesionalnih oboljenja pilota i stalne posade helikoptera. Utvrđivanje karaktera vibracija na helikopteru od velikog je značaja u definisanju različitih kontrolera korišćenih za kontrolu vibracija. Takođe, određivanje tačne prirode vibracija na helikopteru važno je i za razvoj simulatora leta helikoptera. U mnogim simulacijama do sada se smatralo da su vibracije periodične prirode.

ZAHVALNOST

Posebnu zahvalnost dugujemo mr Miroslavu M. Jovanoviću koji nam je ustupio eksperimentalno izmjerene podatke.

LITERATURA

- [1] W. Johnson, Helicopter theory, Dover Publications, New York, 1994.
- [2] P. Drazin: Nonlinear systems, Cambridge Univ. Press, 1992.
- [3] J.C. Sprot, Chaos and Time-Series Analysis, New York: Oxford University Press, 2003.
- [4] M. P. Kennedy, "Three steps to chaos-Part II: A Chua's circuit primer," IEEE Trans. Circ. Syst., vol. 40, no. 10, 1993, pp. 657-674.
- [5] M. Belić, Deterministički haos, SFIN III, 3 (1990), str. 106-147.
- [6] C. W. de Silva, Vibration: Fundamentals and Practice, CRC Press LLC, Boca Raton, 2000.
- [7] A. J. Curtis, Concepts in vibration data analysis, Hughes Aircraft Company, New York, 1972.
- [8] F. Takens, Detecting strange attractors in turbulence, Lecture Notes in Mathematics, 898 (1981), pp. 366-381.
- [9] A. Wolf, J.B. Swift, H.L. Swiney, and J.A. Vastano, Determining Lyapunov exponents from a time series, Physica D (1985), pp. 285-317.
- [10] M. M. Jovanović, Istraživanje niskofrekventnog spektra vibracija na helikopteru Gazela, magistrski rad, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2010.
- [11] M. M. Sarigul-Klijn, Application of Chaos methods to Helicopter Vibration Reduction Using Higher Harmonic Control, Dissertation, Naval Postgraduate School, Monterey, California, 1990.

IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKOG PAKETA AWR ZA PROJEKTOVANJE MIKROTALASNIH FILTARA IMPLEMENTATION OF AWR FOR MICROWAVE FILTER DESIGN

Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić i Dragan Filipović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu je izvršeno dizajniranje, simulacija i optimizacija mikrotrakastih bočno spregnutih filtara propusnika opsega učestanosti pomoću softverskog paketa AWR zasnovanog na metodu momenata. Filteri su projektovani za centralne frekvencije 25 GHz i 50 GHz sa širinom propusnih opsega 2.5 GHz (10%) i 10 GHz (20%) respektivno. Upoređene su performanse Čebiševljevog, Beselovog, Gausovog i Ležandreovog filtra. Rezultati uporednih simulacija pokazuju neophodnost korišćenja optimizacionih softvera za njihovo dizajniranje.

Abstract: This work presents design, simulation and optimization of edge-coupled microstrip bandpass filter using AWR software based on the method of moments. The filters are designed for a center frequency of 25 GHz (10%) and 50 GHz (20%) and bandwidths 2.5 GHz and 10 GHz respectively. We compared performance of Chebyshev, Bessel, Gaussian and Legendre filter. Results of comparative simulations show the necessity of using optimization software for their design.

1. UVOD

Jedna od ključnih komponenti mikrotalasnih komunikacionih sistema je mikrotalasni filter. Ubrzani razvoj bežičnih komunikacionih sistema zahtijeva razvoj filtara sa velikom preciznošću [1]. Kada se govori o frekvencijama reda GHz idealno rješenje je filter sa bočno spregnutim rezonatorima [2]–[4].

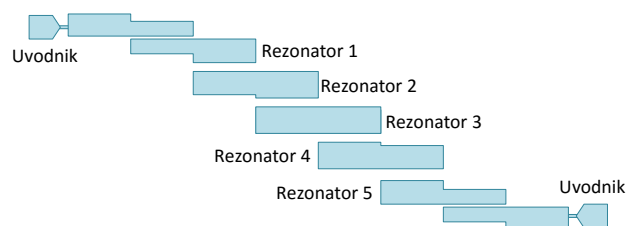
Ideja rada je dizajn i optimizacija filtra i upoređivanje njihovih performansi kako bi se projektovao optimalan filter na mikrotalasnim učestanostima. Projektovanje se zasniva na izboru tipa filtra i reda filtra, nakon čega softver proračunava optimalne parne i neparne karakteristične impedanse sekcija spregnutih vodova kao i dužinu, širinu i rastojanje spregnutih vodova.

Proces dizajniranja ovog filtra uključuje simulator iFilter koji je u sklopu softverskog paketa AWR (Applied Wave Research). AWR se koristi za dizajnirane i simulaciju aktivnih i pasivnih mikrotalasnih komponenti. Zasnovan je na metodu momenata [5].

2. BOČNO SPREGNUTI MIKROTRAKSTI FILTAR

Ovaj filter je poznat i kao polutaladni paralelno spregnuti mikrotrakasti filter zato što koristi polutaladne rezonatore. Zbog svog izduženog oblika veoma je popularan u modernim mikrotalasnim kolima. Druga prednost je što ne zahtijeva uzemljenje. Mane ovog filtra su takozvani “lažni propusni opsezi”. Teorijski, ovi opsezi se javljaju na neparnim umnošcima centralne frekvencije, tj. ako je filter projektovan za 2 GHz, imaće propusne opsege na 6 GHz i 10 GHz. Ovi nedostaci se rješavaju promjenom rastojanja između rezonatora i produžavanjem/skraćivanjem rezonatora. Nehomogene dielektrične osobine mikrotrakastog voda uzrokuju pojavu “lažnih propusnih opsega” na parnim umnošcima centralne frekvencije. Sužavanje spregnutih linija

dovodi do rješavanja ovog problema. Optimalan dizajn bočno spregnutog mikrotrakastog filtra je praktično nemoguć bez optimizacionih softvera.



Slika 1. Mikrotrakasti filter sa bočno spregnutim vodovima

Na slici 1 je prikazan tipični izgled filtra propusnika opsega učestanosti sa paralelno spregnutim rezonatorima [2], čija je dužina na centralnoj učestanosti jednaka polovini talasne dužine (polutaladni rezonatori). Filter se sastoji od $n=5$ rezonatora koji su otvoreni na krajevima (zbog jednostavnije realizacije). Susjedni rezonatori su spregnuti na dužini od četvrtine talasne dužine (na centralnoj učestanosti). Prvi i poslednji rezonator su spregnuti sa četvrttalasnim vodovima na koje su priključeni pristupni vodovi ili uvodnici. Karakteristična impedansa uvodnika treba da bude jednaka impedansi pristupa. Red filtra jednak je broju rezonatora. S obzirom na to da su širine obje trake svake sekcije spregnutih vodova jednake, filter se može modelovati kaskadnom vezom simetričnih spregnutih vodova ($n+1=6$).

Tip filtra može da bude Čebiševljevi, Beselov, Gausov i Ležandreov. Prilikom projektovanja filtra neophodno je specificirati tip filtra, impedansu pristupa, propusni opseg i red filtra. Koeficijenti g_0, \dots, g_i su koeficijenti filtra (recimo Čebiševljevi koeficijenti). Osnovni zadatak sinteze filtra je da se odredi parna i neparna karakteristična impedansa svake sekcije [2] [1], [6], [7].

Relativna širina propusnog opsega se računa kao

$$b = \Delta\omega / \omega_0 \quad (1)$$

gdje je $\Delta\omega$ širina propusnog opsega a ω_0 centralna učestanost propusnog opsega. Zatim se računaju normalizovane karakteristične impedanse ($K_{i,i+1}, i = 0, \dots, n$) prema izrazu[7]:

$$\frac{K_{i,i+1}}{Z_0} = \begin{cases} \frac{\sqrt{\frac{\pi b}{2}}}{\sqrt{g_0 g_1}}, & i = 0 \\ \frac{\frac{\pi b}{2}}{\sqrt{g_i g_{i+1}}}, & i = 1, \dots, n-1 \\ \frac{\sqrt{\frac{\pi b}{2}}}{\sqrt{g_n g_{n+1}}}, & i = n \end{cases} \quad (2)$$

Parne i neparne karakteristične impedanse sekcija spregnutih vodova se računaju na osnovu izraza[6]:

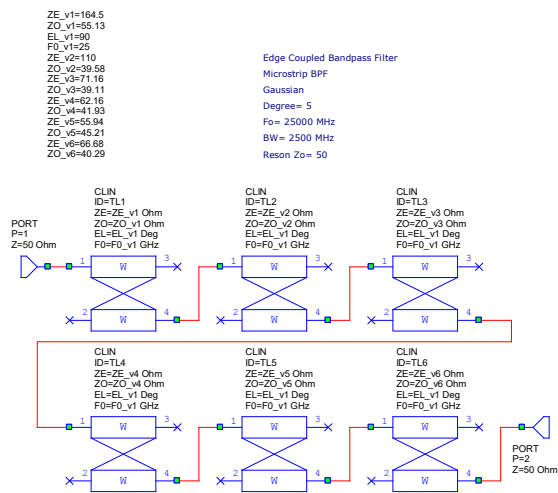
$$Z_{ei,i+1} = Z_0 \left(1 + \frac{K_{i,i+1}}{Z_0} + \left(\frac{K_{i,i+1}}{Z_0} \right)^2 \right), i = 0, \dots, n \quad (3)$$

$$Z_{oi,i+1} = Z_0 \left(1 - \frac{K_{i,i+1}}{Z_0} + \left(\frac{K_{i,i+1}}{Z_0} \right)^2 \right), i = 0, \dots, n \quad (4)$$

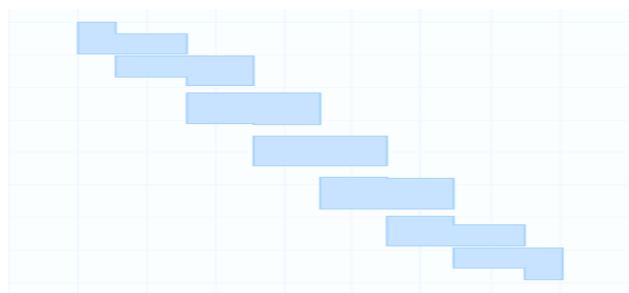
3. SIMULACIJE FILTARA PROPUSNIKA OPSEGA UČESTANOSTI

Simulacije su vršene u softverskom paketu iFiltar (AWR). Parametri mikrotrakastog voda korišćenog za izradu ovih filtera su: dielektrična konstanta $\epsilon_r=2.17$, debljina substrata $H=635\mu\text{m}$, debljina metalne trake $T=10\mu\text{m}$, tangens ugla gubitaka $\tan\delta=0.0009$.

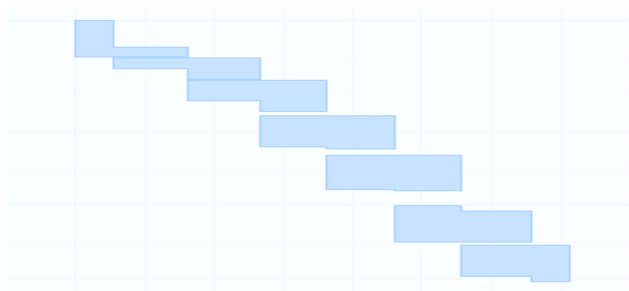
Zahtjevi za dizajn filtra su sledeći: Centralna učestanost 25 GHz, širina propusnog opsega 2.5 GHz i red filtra $n=5$. Filter je projektovan za 4 tipa: Čebiševljev, Beselov, Gausov i Ležandrov. Na slici 2 je prikazana šema Gausovog filtra generisanog na osnovu proračuna u iFiltaru.



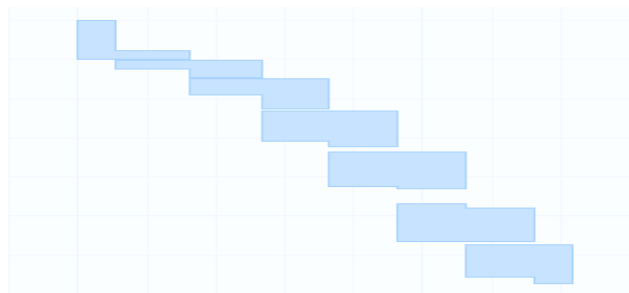
Slika 2. Šema Gausovog filtra u AWR-u



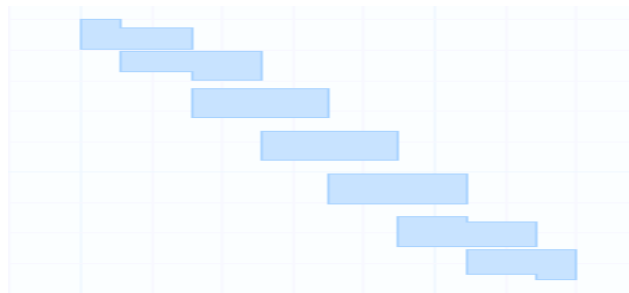
a) Čebiševljev



b) Beselov



c) Gausov



d) Ležandrov

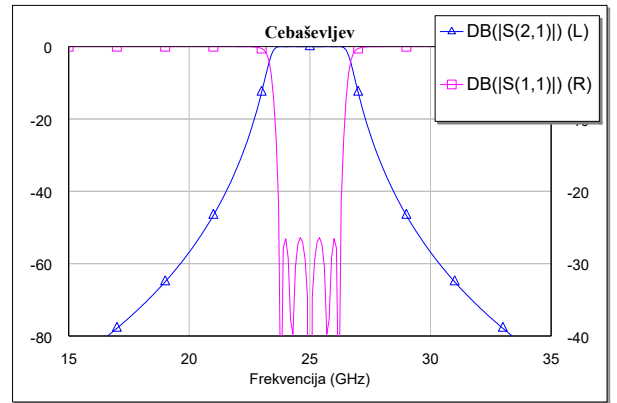
Slika 3. Izgled filtra na štampanoj pločici (layout)

Tabela 1. Vrijednosti parnih i neparnih impedansi (u Ω)

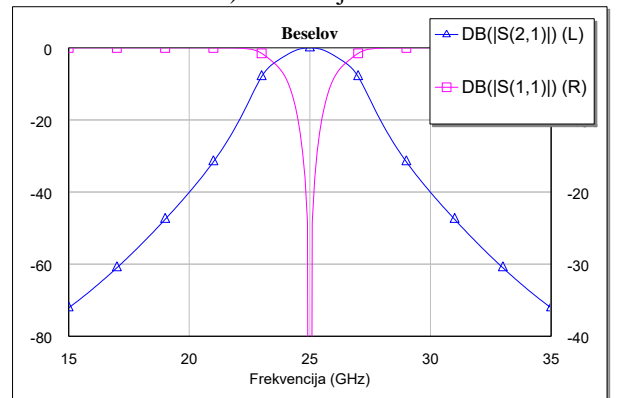
Impedansa	Čebiševljev	Beselov	Gausov	Ležandrov
Z_{o1}	83,152	142,46	164,49	78,559
Z_{e1}	37,598	47,576	55,125	37,939
Z_{o2}	59,294	91,097	109,98	57,613
Z_{e2}	43,272	37,562	39,581	44,188
Z_{o3}	56,245	65,796	71,162	55,033
Z_{e3}	45,015	40,568	39,110	45,816
Z_{o4}	56,245	59,976	62,159	54,923
Z_{e4}	45,015	42,929	41,932	45,892
Z_{o5}	59,294	55,529	55,935	54,948
Z_{e5}	43,272	45,480	45,214	45,874
Z_{o6}	83,152	66,656	66,678	67,935
Z_{e6}	37,598	40,293	40,286	39,915

Tabela 2. Vrijednosti širina (W [μm]), rastojanja (S [μm]) i dužina (L [μm]) za različite tipove filtera.

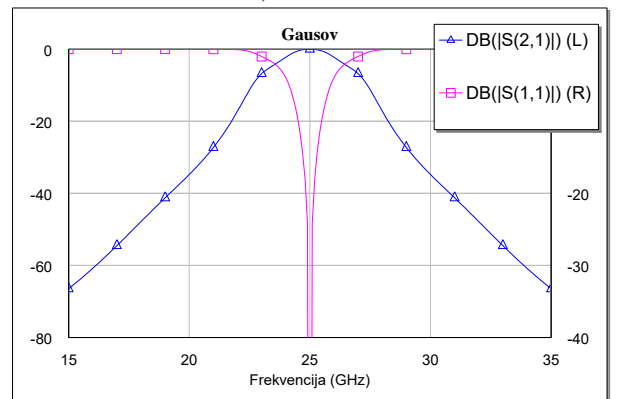
Čebiševljev Filtar								
	1	2	3	4	5	6	7	8
W	1963.6	1278.9	1842.1	1904.8	1904.8	1842.1	1278.9	1963.6
S		78.279	445.79	706.94	706.94	445.79	78.279	
L	1101	2037.1	1955.2	1942.9	1942.9	1955.2	2037.1	1101
Beselov filter								
	1	2	3	4	5	6	7	8
W	1963.6	546.4	1128.8	1679.7	1826.2	1916.7	1657.6	1963.6
S		64.822	62.073	216.62	407.55	802.68	200.13	
L	1101	2117.4	2055.4	1982.6	1958.2	1940.7	1985.9	1101
Gausov filter								
	1	2	3	4	5	6	7	8
W	1963.6	405.23	850.17	1543.6	1773.6	1910.1	1657	1963.6
S		80.957	51.17	141.19	313.71	746.08	199.75	
L	1101	2129.4	2087.2	2002	1967.6	1941.9	1986	1101
Ležandrov filter								
	1	2	3	4	5	6	7	8
W	1963.6	1373	1879.5	1924.2	1925.7	1925.4	1624.9	1963.6
S		93.173	566.98	881.69	900.87	896.4	179.64	
L	1101	2024.9	1948	1939.5	1939.3	1939.3	1990.7	1101



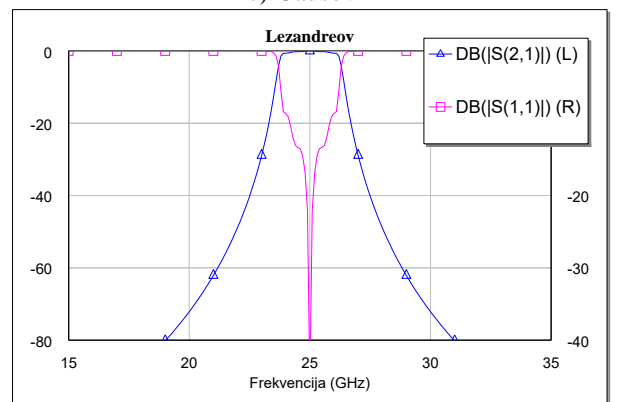
a) Čebiševljev



b) Beselov

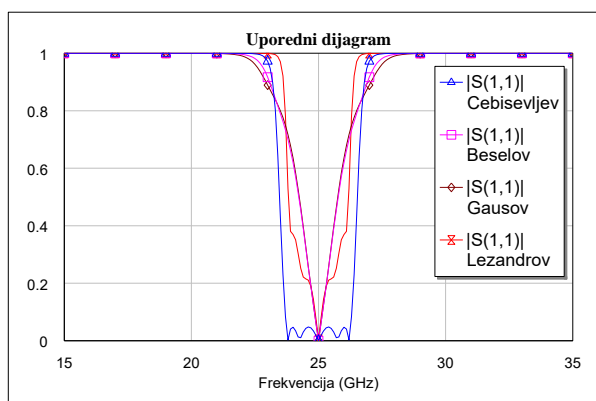
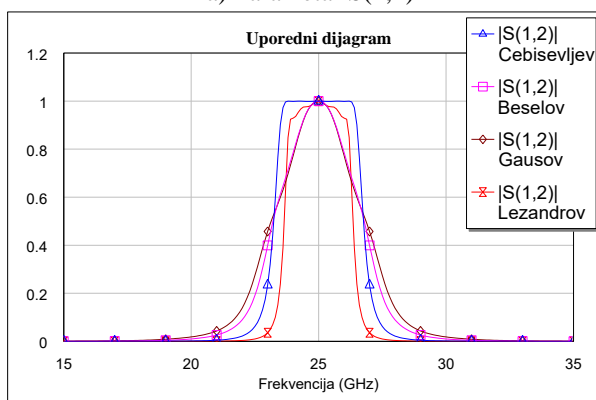


c) Gausov



d) Ležandrov

Slika 4. Parametri rasijanja (S(1,1), S(2,1)) za različite vrste filtera: a) Čebiševljev, b) Beselov, c) Gausov, d) Ležandrov

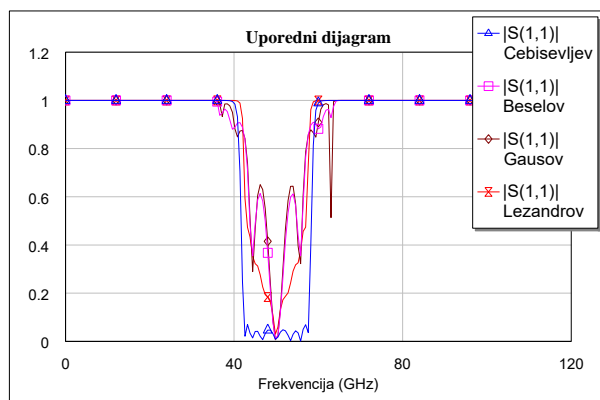
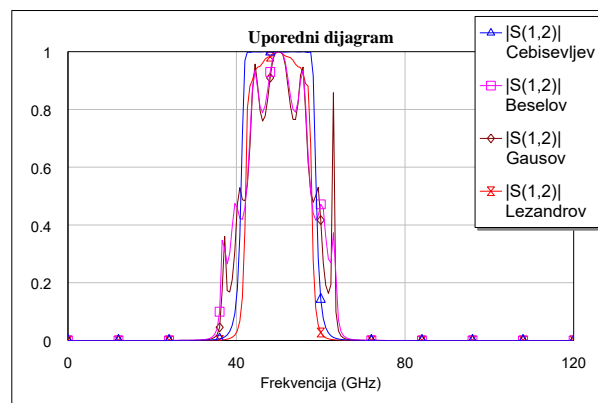

 a) Parametar $S(1,1)$

 b) Parametar $S(1,2)$

Slika 5. Uporedni pregled parametara rasijanja za različite vrste filtara na centralnoj učestanosti 25 GHz sa propusnim opsegom 2.5 GHz.

Na slikama 4 i 5 i u Tabela 1 i 2 su prikazani rezultati simulacija 4 tipa filtra propusnika opsega učestanosti projektovanih u i Filter program. Nivo optimizacije filtara se može uočiti na slici 5, odakle vidimo da najbolje rezultate daje Čebisevljev filtar.

Drugi primjer projektovanja je filtar sa centralnom učestanošću 50 GHz i širinom propusnog opsega 10 GHz. Filtar je reda 7.

Na slici 6 su prikazani uporedni dijagrami parametara rasijanja za Čebisevljev, Beselov, Gausov i Ležandrov filtar.


 a) Parametar $S(1,1)$

 b) Parametar $S(1,2)$

Slika 6. Uporedni prikaz parametara rasijanja za filter propusnik opsega učestanosti sa centralnom frekvencijom 50 GHz i propusnim opsegom 10 GHz.

4. ZAKLJUČAK

Cilj rada je implementacija efikasnih tehnika za sintezu mikrotrakastih filtara sa optimalnim performansama. Filteri su simulirani u softverskom paketu AWR (u sklopu programa iFiltar).

Analiziranjem karakteristika na centralnim frekvencijama, kao i širine propusnog opsega sa dobijenih rezultata simulacija, može se zaključiti da se najbolji rezultati postižu primjenom Čebisevljevog filtra. Optimizacijom filtara na ovaj način smanjuju se takozvani "lažni opsezi".

Dobijeni rezultati uporednih simulacija pokazuju opravdanost korišćenja ovakvih metoda dizajniranja filtara na mikrotalasnim frekvencijama.

LITERATURA

- [1] M.A. Othman, M. Sinnappa, M.N. Hussain, M.Z.A. Abd. Aziz, M.M. Ismail, "Development of 5.8 GHz Microstrip Parallel Coupled Line Bandpass Filter for Wireless Communication System," *International Journal of Engineering and Technology*.
- [2] D. M. Pozar, *Microwave engineering*, 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.
- [3] J.-T. Kuo, W.-H. Hsu, and W.-T. Huang, "Parallel coupled microstrip filters with suppression of harmonic response," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 12, no. 10, pp. 383–385, Oct. 2002.
- [4] M. K. M. Salleh, G. Prigent, O. Pigaglio, and R. Crampagne, "Quarter-Wavelength Side-Coupled Ring Resonator for Bandpass Filters," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 56, no. 1, pp. 156–162, Jan. 2008.
- [5] R. F. Harrington, *Field computation by moment methods*. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1993.
- [6] Pawan Shakhdiwee, "Design and Simulation of Edge-Coupled Stripline Band Pass Filter for U band," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, pp. 1033–1044, Aug. 2013.
- [7] Vladimir Petrovic, Dejan Tosic, and Antonije Djordjevic, *Mikrotalasna pasivna kola*. Beograd, 2010.

PREDLOG ALGORITMA ZA ADAPTIVNI BEAMFORMING A NEW ALGORITHM FOR ADAPTIVE BEAMFORMING

Luka Lazović, Žarko Zečević, Vesna Rubežić i Ana Jovanović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je dat predlog novog beamforming algoritma koji se sastoji od adaptivnog vektora i jednog adaptivnog kompleksnog koeficijenta. Adaptivnim vektorom se vrši poništavanje interferirajućih signala. Uporedo se ažurira kompleksni koeficijent u cilju podešavanja odgovarajućeg pojačanja u pravcu željenog signala. Rezultati simulacija pokazuju da predloženi algoritam brže konvergira i ima manju grešku u stacionarnom stanju od LMS-a.

Abstract: A new beamforming algorithm which consists of the adaptive vector and single adaptive complex coefficient is proposed. By using the adaptive vector, the interfering signals are canceled. At the same time, aimed to adjust the gain in the direction of the desired signal, the complex coefficient is updated. Simulaion results show that the proposed algorithm exhibits faster convergence speed and smaller steady state error compared to the LMS beamformer.

1. UVOD

Sistemi pametnih antena predstavljaju antenski niz sa algoritmima za obradu signala (array processing) u cilju automatske optimizacije i prilagođenja predajnog i/ili prijemnog dijagrama zračenja antenskog niza na konkretni scenario signala, [1]. Uspješan dizajn adaptivnog antenskog sistema zavisi od izbora i performansi beamforming algoritma korišćenog za prilagođenje dijagrama zračenja. Cilj adaptivnog algoritma je da usmjeri glavnu laticu dijagrama zračenja u pravcu željenog signala, istovremeno postavljajući nule na dijagramu zračenja u pravcima neželjenih signala, [2].

Do danas je razvijen veliki broj adaptivnih algoritama, koji se koriste za analizu i sintezu dijagrama zračenja antenskih nizova. Zbog svoje jednostavnosti najčešće korišćeni adaptivni algoritam je Least Mean Square (LMS) i njegove modifikacije, [3, 4]. Osnovni nedostatak LMS algoritma je spora konvergencija i samim tim loše osobine praćenja kretanja izvora neželjenog signala, [5]. U [5] je predložen Combined LMS-LMS beamforming algoritam, čiji je cilj poboljšanje brzine konvergencije konvencionalnog LMS-a. Kod Combined LMS-LMS algoritma, pored poznavanja referentnog signala, potrebno je poznavati i steering vektor željenog signala, [5].

U radu je dat predlog adaptivnog beamforming algoritma, koji se zasniva na modifikovanoj šemi konvencionalnog LMS beamformera. Predloženi algoritam se sastoji iz adaptivnog vektora i adaptivnog kompleksnog koeficijenta koji se ažuriraju u cilju minimizacije greške na izlazu beamformera. Rezultati simulacija pokazuju da predloženi algoritam ima bolje performanse od LMS-a u smislu brzine konvergencije i greške u stacionarnom stanju.

Rad je organizovan na sljedeći način. U drugom poglavlju je opisan teorijski model LMS beamforming algoritma. U poglavlju 3 je opisan predloženi algoritam, dok

su u poglavlju 4 dati numerički rezultati simulacija. Na kraju je dat zaključak.

2. LMS BEAMFORMING

Neka je linearni uniformni antenski niz formiran od N antenskih elemenata, na jednakom međusobnom rastojanju d i neka prima jedan željeni signal i M interferirajućih signala. Prilmljeni signal se može zapisati na sljedeći način:

$$\mathbf{x}(n) = \mathbf{a}(\theta_0)s(n) + \mathbf{A}(\boldsymbol{\theta}_i)\mathbf{s}_i(n) + \boldsymbol{\eta}(n), \quad (1)$$

gdje je $\mathbf{x}(n)$ vektor dimenzija $N \times 1$ koji sadrži primljene simbole na odgovarajućim antenskim elementima, $s(n)$ je željeni signal, $\mathbf{s}_i(n)$ vektor interferirajućih signala od M izvora, a $\boldsymbol{\eta}(n)$ je vektor odbiraka bijelog Gausovog šuma. Sa $\mathbf{a}(\theta_0)$ je označen steering vektor željenog signala, čiji su elementi u funkciji od upadnog ugla željenog signala:

$$\mathbf{a}(\theta_0) = [1 \quad e^{j\psi_0} \quad e^{j2\psi_0} \quad \dots \quad e^{j(N-1)\psi_0}]^T, \quad (2)$$

pri čemu je ψ_0 fazni pomak između dva susjedna elementa niza:

$$\psi_0 = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta_0. \quad (3)$$

Na sličan način se definiše matrica $\mathbf{A}(\boldsymbol{\theta}_i)$ koja predstavlja steering matricu M interferirajućih signala u funkciji od vektora upadnih uglova $\boldsymbol{\theta}_i$.

Prilmljeni signal $\mathbf{x}(n)$ dolazi na ulaz beamformera sa koeficijentima \mathbf{w} , na čijem se izlazu dobija signal $y(n)$:

$$y(n) = \mathbf{w}^H \mathbf{x}(n). \quad (4)$$

Koeficijenti beamformera treba da budu podešeni tako da izlazni signal $y(n)$ bude jednak željenom signalu $s(n)$. Drugim riječima interferirajući signali treba da budu poništeni. Ukoliko je sekvenca željenog signala poznata (pilot signal $d(n)$), koeficijenti beamformera se mogu naći minimizacijom srednje kvadratne greške (MSE), [2]:

$$J(\mathbf{w}) = E\{e(n)^2\} = E\{|d(n) - \mathbf{w}^H \mathbf{x}(n)|^2\}. \quad (5)$$

Optimalno rješenje koje minimizuje (5) je jednako:

$$\mathbf{w}^* = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{p}, \quad (6)$$

gdje je \mathbf{R} autokorelaciona matrica ulaznog signala, a \mathbf{p} kroskorelacioni vektor između ulaznog i željenog signala. Optimalni vektor (6) se može naći iterativnim putem primjenom LMS algoritma, [2]:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu e(n) \mathbf{x}(n), \quad (7)$$

gdje je μ korak algoritma.

Brzina konvergencije LMS algoritma zavisi od odnosa između maksimalne i minimalne sopstvene vrijednosti autokorelacione matrice primljenog signala (eigenvalue spread). Što je ovaj odnos manji, algoritam će brže konvergirati, [6]. Kod LMS-a autokorelaciona matrica ulaznog signala predstavlja sumu tri člana: autokorelacione matrice željenog signala, autokorelacione matrice interferirajućih signala i autokorelacione matrice šuma:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_s + \mathbf{R}_i + \mathbf{R}_\eta. \quad (8)$$

Najbrža konvergencija algoritama se postiže kada je matrica (8) dijagonalna, [6].

3. PREDLOG NOVOG ALGORITMA

Blok dijagram predloženog beamforming algoritma je prikazan na slici 1. Adaptivni vektor $\mathbf{w}(n)$ se ažurira na sljedeći način:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - \mu y_m(n) \mathbf{x}_m(n), \quad (9)$$

gdje je $\mathbf{x}_m(n)$ vektor modifikovanog ulaznog signala:

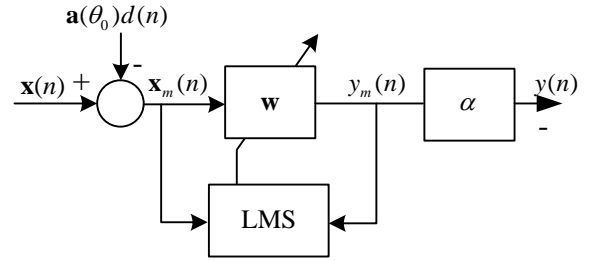
$$\mathbf{x}_m(n) = \mathbf{x}(n) - \mathbf{a}(\theta_0) d(n), \quad (10)$$

dok je $y_m(n)$ definisan na sljedeći način:

$$y_m(n) = \mathbf{w}^H \mathbf{x}_m(n). \quad (11)$$

Sa $\mathbf{a}(\theta_0)$ je označen steering vektor željenog signala, za koji se pretpostavlja da je poznat. Ukoliko je steering vektor nepoznat ili ukoliko se željeni korisnik kreće, onda ga je potrebno iterativno estimirati, [5].

Vektor \mathbf{w} konvergira ka rješenju koje postavlja nule dijagrama zračenja na uglovima interferirajućih signala, a tom prilikom minimizuje šum na izlazu beamformera.



Slika 1. Blok dijagram predloženog beamformera

Koeficijent α se ažurira na sljedeći način:

$$\alpha(n) = \frac{1}{\mathbf{w}(n)^H \mathbf{a}(\theta_0)}, \quad (12)$$

Koeficijentom α se vrši normalizacija dijagrama zračenja tako da pojačanje antene u pravcu željenog signala bude jednako jedinici. Drugim riječima α obezbjeđuje da izlazni signal, koji se dobija kada se primljeni signal \mathbf{x} dovede na ulaz beamformera, bude jednak željenom signalu:

$$e(n) = d(n) - \alpha \mathbf{w}^H \mathbf{x}(n) = 0. \quad (13)$$

Iz (13) proizilazi da u stacionarnom stanju važi sljedeće:

$$\alpha(\infty) \mathbf{w}(\infty) = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{p}, \quad (14)$$

tj. beamformer $\alpha \mathbf{w}$ u srednjem konvergira ka istom rješenju kao LMS beamformer.

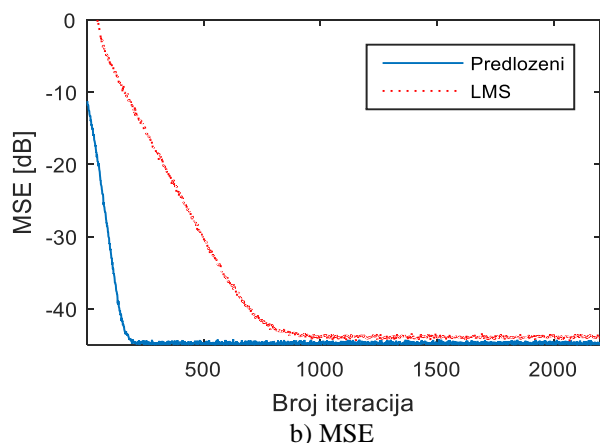
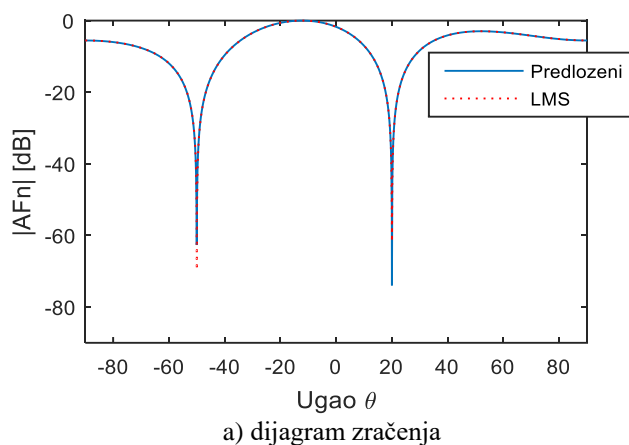
Za razliku od konvencionalnog beamforming LMS algoritma, brzina konvergencije predloženog algoritma zavisi od karakteristika matrice \mathbf{R}_m koja predstavlja sumu autokorelacione matrice interferirajućih signala i autokorelacione matrice šuma. Drugim riječima, uticaj autokorelacione matrice željenog signala je poništen. Na ovaj način se postiže povećanje brzine konvergencije. Maksimalni korak algoritma je jednak:

$$\mu_{\max} = \frac{1}{\text{tr}[\mathbf{R}_i + \mathbf{R}_\eta]}. \quad (15)$$

4. REZULTATI SIMULACIJA

U svim simulacijama kao ulazni signal je korišćen signal opisan jednačinom (1). Analiziran je uniformni linearni antenski niz sa $N=3$, $N=5$ i $N=10$ antenskih elemenata, koji se nalaze na međusobnom rastojanju $d=\lambda/2$. Varijansa bijelog Gausovog šuma je 0.0001. Uporedni dijagrami zračenja dobijeni pomoću LMS i predloženog algoritma su dati u normalizovanim vrijednostima. Vrijednost koraka algoritma je $\mu=0.01$.

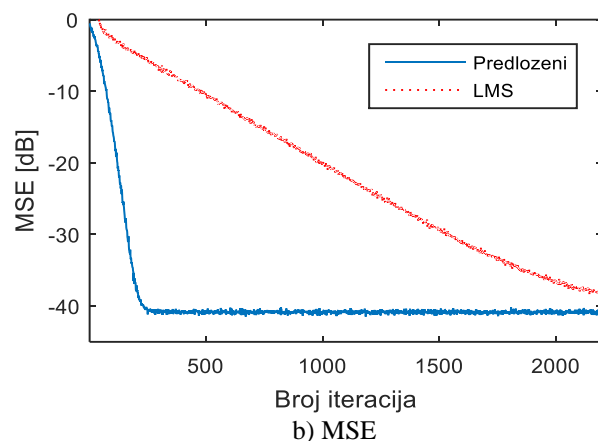
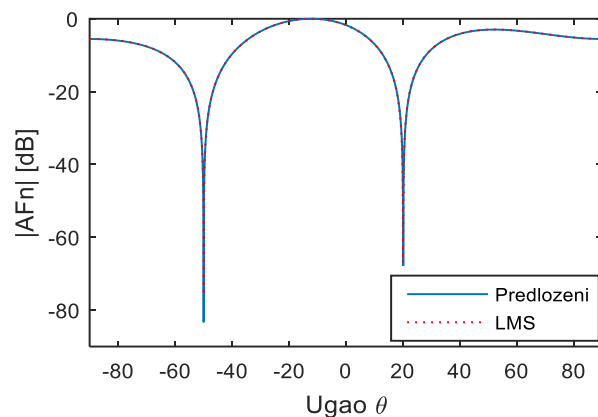
Na slikama 2.a i 2.b su prikazani dijagrami zračenja i MSE razmatranih algoritama za $N=3$, $\theta_0=45^\circ$, i $\theta_i=[-50^\circ 20^\circ]$. Može se uočiti da oba algoritma formiraju slične dijagrame zračenja, s tim što dijagram zračenja predloženog algoritma ima veće slabljenje na uglovima interferencija. Iz tog razloga predloženi algoritam ima nižu vrijednost MSE u stacionarnom stanju (slika 2.b). Vrijednosti eigenvalue spread-a matrica \mathbf{R} i \mathbf{R}_m su 8.45 i 1.84, respektivno. Sa slike 2.b se vidi da predloženi algoritam ima bržu konvergenciju, što je u skladu sa teorijskim očekivanjima.



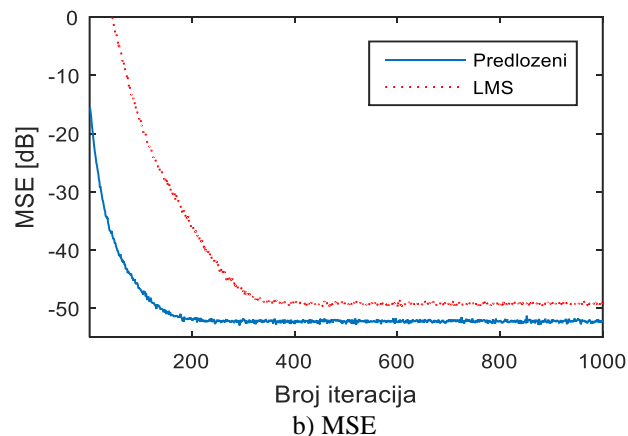
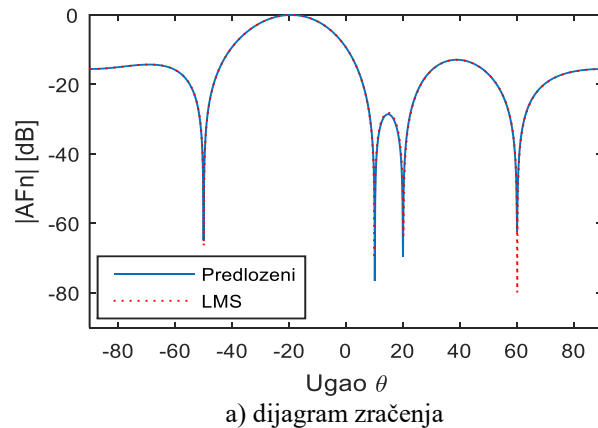
Slika 2. Poređenje razmatranih algoritama za $N=3$

Rezultati simulacija za $N=3$, $\theta_0=30^\circ$, i $\theta_i=[-50^\circ 20^\circ]$ su prikazani na slikama 3.a i 3.b. Vrijednosti eigenvalue spread-a matrica \mathbf{R} i \mathbf{R}_m su 32.31 i 1.84, respektivno. Može se uočiti da predloženi algoritam konvergira istom brzinom kao u prethodnom primjeru, jer mu brzina konvergencije ne zavisi od upadnog ugla željenog signala. Sa druge strane, LMS konvergira sporije, jer je sa promjenom upadnog ugla željenog signala došlo do povećanja eigenvalue spread-a \mathbf{R} -a. Sa stanovišta greške u stacionarnom stanju i dijagrama zračenja, važe isti zaključci kao u prethodnom primjeru.

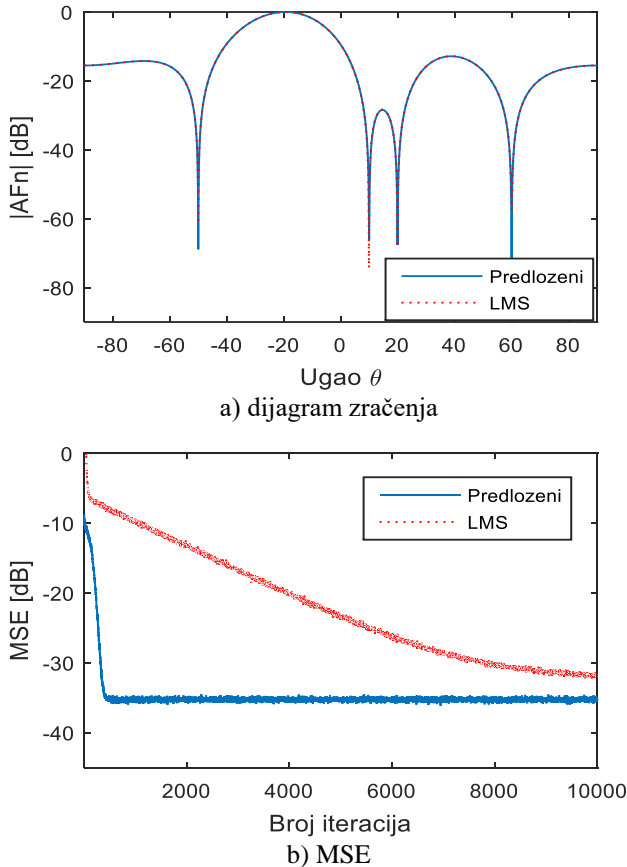
Rezultati simulacija za $N=5$, $\theta_0=-20^\circ$, i $\theta_i=[-50^\circ 10^\circ 20^\circ 60^\circ]$ su prikazani na slikama 4.a i 4.b. Vrijednosti eigenvalue spread-a matrica \mathbf{R} i \mathbf{R}_m su 7.67 i 7.34, respektivno. U ovom primjeru oba algoritma brzo konvergiraju zbog male vrijednosti odnosa sopstvenih vrijednosti. Sa druge strane, predloženi algoritam ima za 4dB nižu vrijednost MSE.



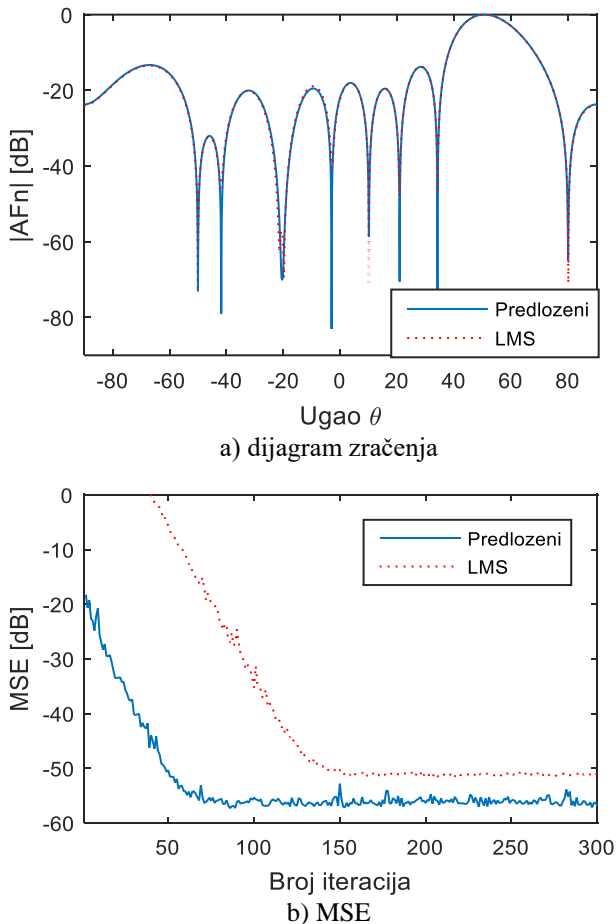
Slika 3. Poređenje razmatranih algoritama za $N=3$



Slika 4. Poređenje razmatranih algoritama za $N=5$.



Slika 5. Poređenje razmatranih algoritama za $N=5$



Slika 6. Poređenje razmatranih algoritama za $N=10$

Na slikama 5.a i 5.b su prikazani dijagrami zračenja i MSE razmatranih algoritama za $N=5$, $\theta_0=30^\circ$, i $\theta_i=[-50^\circ 10^\circ 20^\circ 60^\circ]$. U ovom primjeru eigenvalue spread matrica \mathbf{R} i \mathbf{R}_m je 166.17 i 7.34, respektivno. Zbog povećane vrijednosti eigenvalue spread-a kod LMS-a, poboljšanje predloženog algoritma u odnosu na LMS u ovom primjeru je značajno veće.

Konačno, na slikama 6.a i 6.b su prikazani dijagrami zračenja i MSE razmatranih algoritama za $N=10$, $\theta_0=50^\circ$, i $\theta_i=[-50^\circ 10^\circ 20^\circ 80^\circ]$. Može se uočiti da predloženi algoritam ima bržu konvergenciju i značajno manju MSE, što korespondira nižim vrijednostima dijagrama zračenja u pravcima interferencija.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predložen adaptivni beamforming algoritam, koji se zasniva na modifikovanoj šemi konvencionalnog LMS beamformera. Predloženo rješenje se sastoji iz adaptivnog vektora i adaptivnog kompleksnog koeficijenta. Adaptivni vektorom se vrši poništavanje interferirajućih signala, dok adaptivni kompleksni koeficijent služi za podešavanje pojačanja u pravcu željenog signala.

Rezultati simulacija pokazuju da brzina konvergencije predloženog algoritma ne zavisi od upadnog ugla željenog signala, što je u skladu sa teorijskim razmatranjima. U različitim scenarijima simulacija predloženi algoritam pokazuje bolje performanse od LMS beamforming algoritma u smislu brzine konvergencije i greške u stacionarnom stanju.

LITERATURA

- [1] L.C. Godara, *Smart Antennas*, CRC Press, 2004.
- [2] B. D. Van Veen, K. M. Buckley, "Beamforming: A versatile approach to spatial filtering," *IEEE ASSP Mag.*, vol. 5, pp. 4–24, 1988.
- [3] B. Widrow, P.E. Mantey, L.J. Griffiths, B.B. Goode, "Adaptive antenna systems," in *Proceedings of the IEEE*, vol.55, no.12, pp.2143-2159, Dec. 1967.
- [4] D. T. M. Slock, "On the convergence behavior of the LMS and the normalized LMS algorithms," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, pp. 2811–2825, 1993.
- [5] J.A. Srar, K. Chung, A. Mansour, "Adaptive Array Beamforming Using a Combined LMS-LMS Algorithm," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol.58, no.11, pp. 3545-3557, Nov. 2010
- [6] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 3rd edition, Prentice-Hall, 1996

IMPLEMENTACIJA WIPL-D SOFTVERSKOG PAKETA U PROJEKTOVANJE MULTISEKCIONOG ČEBIŠLJEVLJEVOG TRANSFORMATORA IMPLEMENTATION OF WIPL-D SOFTWARE PACKAGE IN CHEBYSHEV MULTISECTION MATCHING TRANSFORMER DESIGN

Arsenije Maliković, Milica Ljumović, Dragan Filipović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: Za prenosni vod u kojem, u normalnom režimu rada, ne postoje reflektovani elektromagnetni (EM) talasi kaže se da je prilagođen. Postoje različite metode za postizanje prilagođenja i prevenciju dodatnih gubitaka ili lošeg funkcionisanja uređaja. U okviru ovog rada fokusiraćemo se na Čebišljevljev multisekcioni transformator za prilagođenje. Analitička metoda ovog tipa prilagođenja biće objašnjena na primjeru četvorosekcionog transformacija, a verifikacija i validacija dobijenih rezultata u WIPL-D programskom paketu.

Abstract: A transmission line in which reflected EM waves do not exist in normal working mode is referred to as matched. There are different methods of performing the matching and preventing additional losses or malfunctioning of the devices. In this paper, we shall review the Chebyshev multisection matching transformer. An analytical method of this type of matching will be explained on a four-section matching example. Verification of the results obtained will be performed in WIPL-D Microwave software.

1. INTRODUCTION

The computer aided design of microwave circuits and systems dates from the foundation of the Microwave Theory and Techniques Society and birth of the computer era. In its very beginning, it was accepted with great skepticism and scientists relied more on theoretical methods in circuit design and analysis. Rapid development of the computers and their performances led to possibility of addressing complex geometries, as well as modelling and optimizing large circuits. Hence, real design nowadays includes the use of computer hardware, software and information processing in various forms [1].

A transmission line, terminated with some impedance Z_L , that is different from its characteristic impedance Z_0 , will result in a EM wave being reflected from the termination back to the source. This can cause various problems: additional losses, overheating, malfunctioning etc. Therefore, importance of the matching is undoubtable.

The basis for development of the matching methods with multisection transformers is a circuit named quarter-wave transformer [2][3]. It represents a transmission line, exactly one quarter of the wavelength (λ) long and terminated with some known impedance Z_L . This circuit is useful for real load impedance matching to the transmission line and demonstration of the properties of the standing waves on the mismatched line. Another feature of this type of circuit is that it can be extended to multisection designs to provide a broader bandwidth.

Multisection matching transformer may be constructed as serial connection of N transmission line sections between the feeder line with characteristic impedance Z_0 and the load impedance Z_L .

If we assume that all the sections have the same length, l , then all the local reflection coefficients $\Gamma_0, \Gamma_1 \dots \Gamma_N$ will be of the same sign, which makes theory of small reflections

applicable to this case [2]. In accordance to that, we can approximate the overall reflection coefficient as:

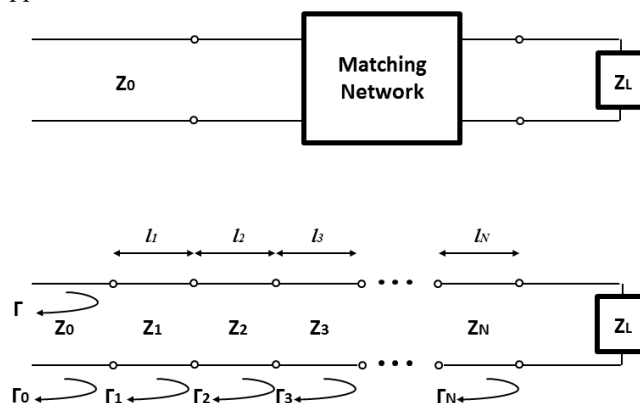


Figure 1: Multisection matching network; general form with reflection coefficients.

$$\Gamma(\theta) \approx \Gamma_0 + \Gamma_1 e^{-j2\theta} + \Gamma_2 e^{-j4\theta} + \dots + \Gamma_N e^{-j2N\theta}, \quad (1.1)$$

where $\theta = \beta l = 2\pi/\lambda l$ is the electrical length of the sections.

If we further assume that reflection coefficients are symmetric along the transformer, then overall reflection coefficient can be presented as:

$$\Gamma(\theta) \approx e^{-jN\theta} [\Gamma_0 (e^{jN\theta} + e^{-jN\theta}) + \Gamma_1 (e^{j(N-2)\theta} + e^{-j(N-2)\theta}) + \dots G(\theta)], \quad (1.2)$$

where the last term is:

$$G(\theta) = \begin{cases} \frac{\Gamma_{N-1} (e^{j\theta} + e^{-j\theta})}{2} & \text{if } N \text{ is odd} \\ \frac{\Gamma_N}{2} & \text{if } N \text{ is even} \end{cases} \quad (1.3)$$

This implies that we may obtain any frequency response given a sufficiently large number of sections with the proper reflection coefficients.

Two most commonly used passband responses are: the binominal (maximally flat) response and Chebyshev (equal-ripple) response [2][3]. In the next chapter, multisection transformer design of equal ripple response will be described.

2. CHEBYSHEV MULTISECTION MATCHING TRANSFORMER

A. Theoretical background

Chebyshev multisection matching transformer can provide larger bandwidths than binominal multisection transformer for a given number of transmission line sections but at the expense of an increased ripple over the passband of the matching network. Chebyshev transformer is designed by equating overall reflection coefficient to Chebyshev polynomials. Using these polynomials we can design matching networks with a reflection coefficient at or below some prescribed level over a wide bandwidth.

Chebyshev polynomials up to the fourth degree are:

$$\begin{aligned} T_0(x) &= 1 \\ T_1(x) &= x \\ T_2(x) &= 2x^2 - 1 \\ T_3(x) &= 4x^3 - 3x \\ T_4(x) &= 8x^4 - 8x^2 + 1 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Higher order Chebyshev polynomials can be determined by using the recursive formula:

$$T_N(x) = 2xT_{N-1}(x) - T_{N-2}(x) \quad (2.2)$$

In order to implement Chebyshev multisection matching transformer, the endpoints of the required passband $(\theta_m, \pi - \theta_m)$ must be mapped onto the range where Chebyshev polynomials satisfy the condition:

$$|T_N(\cos\theta)| \leq 1 \quad (2.3)$$

This mapping is done with the condition:

$$T_N\left(\frac{\cos\theta}{\cos\theta_m}\right) = T_N(\sec\theta_m \cos\theta) \quad (2.4)$$

Inserting the substitution $x = \sec\theta_m \cos\theta$ in the general form of Chebyshev polynomials, we get the following form:

$$T_0(\sec\theta_m \cos\theta) = 1 \quad (2.5a)$$

$$T_1(\sec\theta_m \cos\theta) = \sec\theta_m \cos\theta \quad (2.5b)$$

$$T_2(\sec\theta_m \cos\theta) = \sec^2\theta_m (1 + \cos 2\theta) - 1 \quad (2.5c)$$

$$T_3(\sec\theta_m \cos\theta) = \sec^3\theta_m (\cos 3\theta + 3\cos\theta) - 3\sec\theta_m \cos\theta \quad (2.5d)$$

$$T_4(\sec\theta_m \cos\theta) = \sec^4\theta_m (\cos 4\theta + 4\cos 2\theta + 3) - 4\sec^2\theta_m (\cos 2\theta + 1) + 1 \quad (2.5e)$$

According to the equations above, overall reflection coefficient of a Chebyshev 4-section matching transformer will be of the form:

$$\Gamma(\theta) = Ae^{-j4\theta} T_4(\sec\theta_m \cos\theta) = Ae^{-j4\theta} [\sec^4\theta_m (\cos 4\theta + 4\cos 2\theta + 3) - 4\sec^2\theta_m (\cos 2\theta + 1) + 1] \quad (2.6)$$

while the general form of the 4-section matching transformer is a polynomial obtained from (1.2) and (1.3):

$$\Gamma(\theta) = 2e^{-j4\theta} [\Gamma_0(e^{j4\theta} + e^{-j4\theta}) + \Gamma_1(e^{j2\theta} + e^{-j2\theta}) + \Gamma_2/2] \quad (2.7)$$

It is notable that it is sufficient to calculate Γ_0, Γ_1 and Γ_2 . Due to the symmetry we have $\Gamma_0 = \Gamma_4, \Gamma_1 = \Gamma_3$.

If we recall that maximal magnitude of each Chebyshev polynomial should be unity within a passband, the maximal magnitude of the reflection coefficient within a passband satisfies the condition:

$$|\Gamma_m| = A \quad (2.8)$$

Constant A is determined by the boundary condition when θ approaches 0.

For determining θ_m , the following equation can be used [2]:

$$\sec\theta_m = \cosh \left[\frac{1}{N} \cosh^{-1} \left(\frac{\ln(Z_L/Z_0)}{2\Gamma_m} \right) \right] \quad (2.9)$$

With known local reflection coefficients, characteristic impedances of the sections can then be computed from the following equation:

$$Z_{n+1} = Z_n e^{2\Gamma_n} \quad (2.10)$$

The fractional bandwidth, obtained for this type of transformer, will be of the form:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = 2 - \frac{4\theta_m}{\pi} \quad (2.11)$$

B. Example

Design a Chebyshev matching transformer, consisted of four sections to match a 300Ω load to a 50Ω line. The maximal magnitude of the reflection coefficient in the passband is 0.1. What is the resulting bandwidth?

Using the theory from the previous section, θ_m can be calculated from (2.9). For N=4 and $A=|\Gamma_m| = 0.1$ we get:

$$\sec\theta_m = \cosh \left[\frac{1}{4} \cosh^{-1} \left(\frac{\ln(Z_L/Z_0)}{2\Gamma_m} \right) \right] = \cosh \left[\frac{1}{4} \cosh^{-1} \left(\frac{\ln(300/50)}{2(0.1)} \right) \right] = 1.27 \Rightarrow \theta_m = 38^\circ \quad (2.12)$$

In order to calculate local reflection coefficients, we combine equations (2.6) and (2.7):

$$\begin{aligned} Ae^{-j4\theta} [\sec^4\theta_m (\cos 4\theta + 4\cos 2\theta + 3) - 4\sec^2\theta_m (\cos 2\theta + 1) + 1] &= \\ = 2e^{-j4\theta} [\Gamma_0 \cos 4\theta + \Gamma_1 \cos 2\theta + \Gamma_2/2] & \end{aligned} \quad (2.13)$$

Local reflection coefficients can be computed from (2.13):

$$2\Gamma_0 = A \sec^4 \theta_m \Rightarrow \Gamma_0 = \frac{1}{2} 0.1 \sec^4(38^\circ) = 0.131 \quad (2.14)$$

$$2\Gamma_1 = 4A(\sec^4 \theta_m - \sec^2 \theta_m) \Rightarrow \Gamma_1 = \frac{1}{2} 0.1(\sec^4(38^\circ) - \sec^2(38^\circ)) = 0.2 \quad (2.15)$$

$$\Gamma_2 = A(3\sec^4 \theta_m - 4\sec^2 \theta_m + 1) \Rightarrow \Gamma_2 = 0.1(3\sec^4(38^\circ) - \sec^2(38^\circ) + 1) = 0.239 \quad (2.16)$$

The remaining coefficients are found from the symmetry:
 $\Gamma_0 = \Gamma_4, \Gamma_1 = \Gamma_3$ (2.17)

Now we can calculate characteristic impedances for each section according to (2.10):

$$Z_1 = Z_0 e^{2\Gamma_0} = 65\Omega \quad (2.18a)$$

$$Z_2 = Z_1 e^{2\Gamma_1} = 97.1\Omega \quad (2.18b)$$

$$Z_3 = Z_2 e^{2\Gamma_2} = 156.7\Omega \quad (2.18c)$$

$$Z_4 = Z_3 e^{2\Gamma_3} = 234.2\Omega \quad (2.18d)$$

For a given Γ_m and known impedance ratio Z_L/Z_0 , useful tables for calculating these characteristic impedances can be found in [2].

The resulting bandwidth, calculated with (2.11) is:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = 2 - \frac{4\theta_m}{\pi} = 2 - 4 \left(\frac{38^\circ}{180^\circ} \right) = 1.155 \Rightarrow 115\% \quad (2.19)$$

3. IMPLEMENTATION IN WIPL-D SOFTWARE PACKAGE

The four-section matching transformer, having the parameters obtained in the previous section, will be built and simulated in WIPL-D Microwave software. The results will be presented graphically [3].

WIPL-D is program package for fast and accurate design and simulation of microwave circuits, devices and antennas. Its user friendly interface and built in libraries make it a powerful and easy to use tool within academia and industry. Circuits can be created with built-in or user defined components. One of the advantages of this program package is the possibility of defining the components in four ways: ideal component, analytical component, 3D EM component and data component (when multiport device data is represented by tabular), depending on the requirements. There is a variety of diagrams for circuit simulation results visualization and they include: s-parameters, impedance or admittance parameters, voltages, currents, power. Radiation pattern and near field distribution of surface currents can be represented in 2D or 3D graph. Another feature is possibility of overlapping graphs from different projects for comparison purposes.

The most common applications include design of microwave components: microwave filters, resonators, power dividers, combiners, transistor amplifiers, ferrite components

and circuits etc. as well as antennas and scatterers of arbitrary geometry. Apart from component design, WIPL-D can be applied as well to the problems of impedance matching and tuning, which is of the interest in this paper.

Microwave circuit simulation in WIPL-D consists of the following steps: defining the problem, creating the project and constructing the circuit, saving the project, running the analysis and plotting the results. After the problem is defined and required parameters obtained, we can open a new microwave circuit project by clicking the option New MW Circuit from the File menu of the Main menu bar. First, we define the frequency range in Frequency dialog box from the Edit menu of the Main menu, as shown in Figure 2. Default reference frequency is set to be calculated as the mean value of start and stop frequencies. However, when needed, there is an option for defining the reference frequency manually.

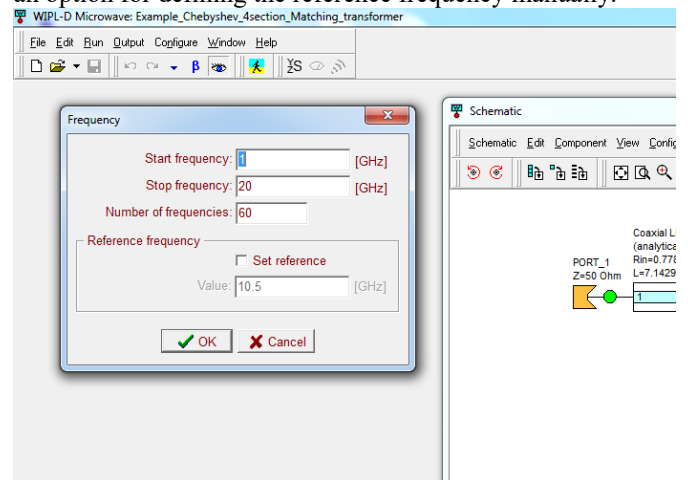


Figure 2: Dialog box for defining a frequency range in a microwave circuit simulation project.

Now we switch to the *Schematic* window in order to build our circuit. All the components are put in the circuit by drag and drop principle from different palettes. Components and their positions in the circuit can be easily added, removed or adjusted. Resistor was added from the palette Lumped by dragging and dropping it in the Schematic window's blank space. Ports of the component, in this case resistor, are marked with numbers 1 and 2. For Chebyshev multisection matching transformer design we used the Coaxial Line component from the palette Coaxial, as shown in Figure 3. Each Coaxial line represents one section of the transformer.

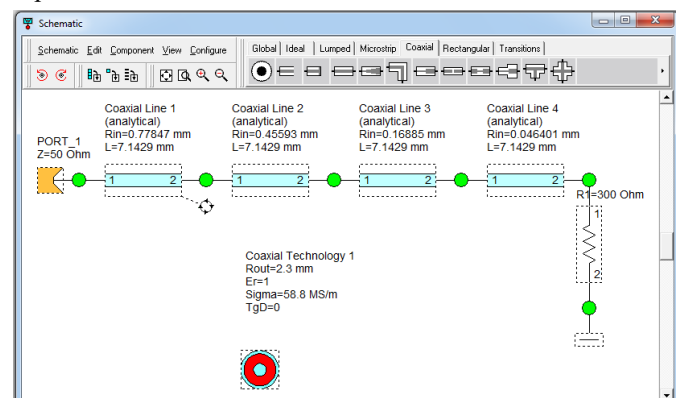


Figure 3: Chebyshev multisection transformer's scheme with Coaxial palette shown.

Double click on the component opens a dialog box of that component and allows us to set the desired component

dimensions, as shown in Figure 4. In our case, we will set the characteristic impedances for each section and L/λ ratio, which should be 0.25 for a quarter-wave transformer. The circuit is saved by clicking Save MW circuit icon.

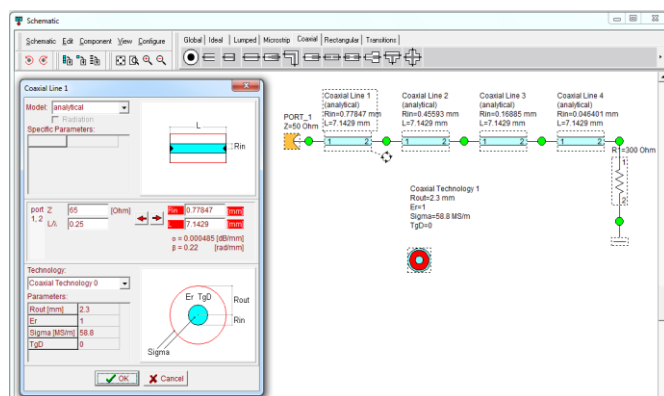


Figure 4: Dialog box for setting and editing component parameters.

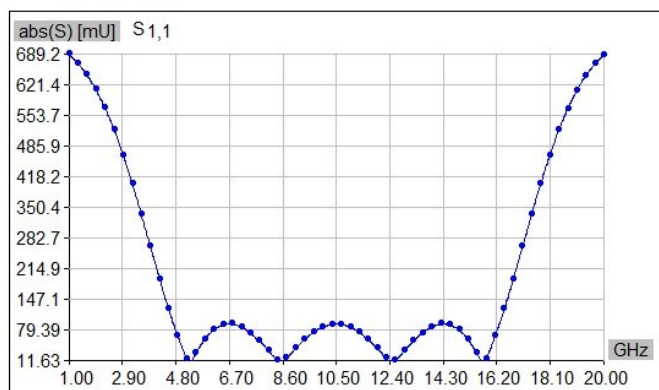


Figure 5: Reflection coefficient (S11 parameter) magnitude.

Simulation is carried out by clicking the Run icon. When finished, results can be displayed by clicking Y,Z,S icon..

Considering the requirements and parameters given, we get that the maximal VSWR in the passband should not exceed:

$$VSWR = \frac{1+\Gamma_m}{1-\Gamma_m} = \frac{1.1}{0.9} = 1.22 \quad (3.1)$$

This corresponds to the results obtained in Figure 6.

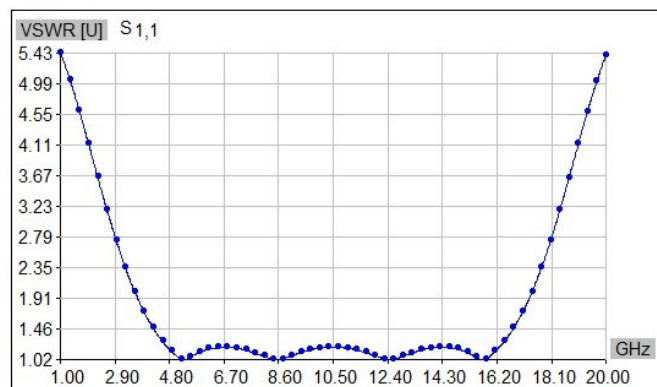


Figure 6: VSWR versus frequency.

We can also verify our frequency range from the Figure 6 according to (2.19):

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{16.54-4.46}{10.5} = 1.15 \quad (3.2)$$

Equations (3.1) and (3.2) confirm the results we obtained analytically.

4. CONCLUSION

In this paper we described design of the Chebyshev multisection matching transformer and its implementation in WIPL-D Microwave software package. The results of a 4-section transformer design, obtained analytically were tested and confirmed by circuit simulation in WIPL-D. Their graphical representations are shown in Figure 5 and Figure 6. Thus, the use of WIPL-D software package provides a possibility of an easier and faster solving this type of matching problems and circuit design with high accuracy.

LITERATURA

- [1] M.B. Steer, J.W. Bandler, C.M. Snowden: "Computer aided design of RF and Microwave Circuits and systems", *IEEE Transactions on Microwave theory and techniques*, VOL. 50, NO. 3, pp:996-1005, March 2002
- [2] D. M. Pozar, *Microwave engineering*, New York: Wiley, 2012
- [3] R.E. Collin, *Foundations for Microwave Engineering*, Wiley, 1992.
- [4] WIPL-D Microwave, Lite V 1.0, Distributed by: Artech House, 2005.

ANALIZA PATCH ANTENE NA OSNOVU REZONATORSKOG MODELA PATCH ANTENNA ANALYSIS BASED ON CAVITY MODEL

Jelena Šoškić, Budimir Lutovac, Dragan Filipović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

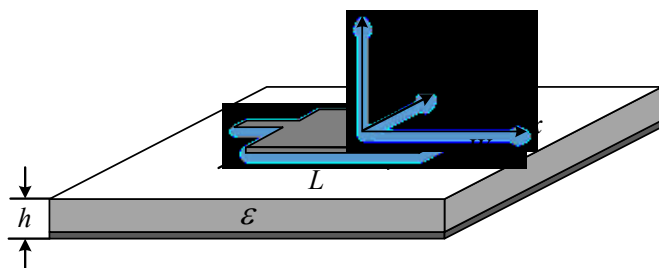
Sadržaj: U radu je predstavljena analiza patch antene pravougaonog oblika. Proračun je zasnovan na tzv. rezonatorskom modelu. Teorijski rezultati su potvrđeni korišćenjem programskog paketa MATLAB. Osim toga, u istom programskom paketu su predstavljene parametri koji su veoma važni za analizu i projektovanje patch antena.

Abstract: This paper presents an analysis of the rectangular patch antenna. The analysis is based on the cavity model. Theoretical results are verified by using the software package MATLAB. Besides, some of the main microstrip patch antenna parameters, which are very important for design and analysis of patch antennas, are presented in the same program package.

1. UVOD

Mikrotrakasta *patch* antena je jedna od najjednostavnijih zračećih struktura koje se mogu realizovati u štampanoj tehnici. Projektovana je kao jednoslojna i sastoji se od četiri dijela: emiter, uzemljena ravan (masa, ekran), supstrat i dio za napajanje. Emiter je veoma tanka metalna pločica smještena na jednoj strani tankog neprovodnog supstrata. Emiter je obično napravljen od tanke bakarne folije obložene metalom otpornim na koroziju, kao što je zlato, kalaj ili nikl. Postoje mnogi oblici emitera, a najčešće korišćeni su pravougaoni i kružni.

Patch antena rezonatorskog tipa sa emiterom pravougaonog oblika je prikazana na slici 1.



Slika 1. *Patch* antena pravougaonog oblika

Patch antena može da se napaja korišćenjem mikrotrakastog voda (kao na slici 1), koaksijalne sonde ili prorezom na uzemljenoj ravni. Obično je projektovanje sa napajanjem pomoću proreza ili sonde kompaktnije.

Prednosti mikrotrakastih antena su male dimenzije, mala težina, prilagodljivost ravnim i neravnim površinama. One zahtijevaju veoma malu zapreminu prilikom montiranja. Jednostavne su i jeftine za proizvodnju. Antene kao i njihovi nizovi imaju veliku primjenu u komunikacionim sistemima i vazдушnim aplikacijama. Međutim, *Patch* antene imaju i neke nedostatke. Glavni nedostaci mikrotrakastih antena su: niska efikasnost, uzak propusni opseg – manji od 5%, mala RF snaga usled malog razmaka između emitera i uzemljene ravni (pa samim tim nisu pogodne za primjene u kojima je potrebna velika snaga), visok stepen kros-polarizacionog zračenja.

Za analizu štampanih antena (u koje spada i *patch* antena) se u najvećem broju slučajeva primjenjuje približni model u obliku rezonatora, koji čine emiter, supstrat i uzemljena ravan (ekran). Metod proračuna po takvom modelu se naziva *rezonatorski*.

Moguć je strožiji pristup proračunu mikrotrakastih i štampanih antena bilo kog tipa. On se sadrži u tome što se sastavi integralna jednačina za struje koje teku po provodnicima antene. Integralna jednačina se može riješiti numeričkim metodama uz pomoć računara. Nakon što se nađe raspodjela struja mogu se, isto kao i kod rezonatorskog metoda, proračunati sve karakteristike antene. Ova dva metoda predstavljena su u literaturi [1] - [4].

2. TEORIJSKE OSNOVE REZONATORSKOG MODELA

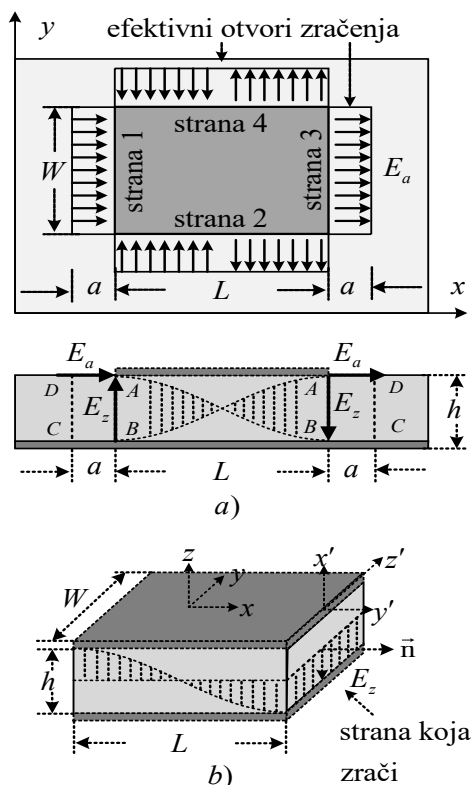
Kod rezonatorskog modela, oblast između emitera i ekrana se može predstaviti kao rezonator sa magnetnim zidovima duž krajeva ($H_{tang} = 0$) i električnim zidovima odozgo i odozdo ($E_{tang} = 0$). Visina h supstrata je obično mali dio talasne dužine, npr. $h = 0.05 \lambda$, a dužina emitera $L \approx 0.5 \lambda$. Kod ovog sklopa zrače ivična polja na krajevima emitera. Polja najmanjeg rezonantnog moda (pod pretpostavkom da je $L \geq W$) data su sa:

$$\begin{aligned} E_z(x) &= -E_o \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right), \text{ za } -\frac{L}{2} \leq x \leq \frac{L}{2} \\ H_y(x) &= -H_o \cos\left(\frac{\pi x}{L}\right), \text{ za } -\frac{W}{2} \leq x \leq \frac{W}{2} \end{aligned} \quad (1)$$

gdje je $H_o = -jE_o/\eta$ i $\eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon}}$ Centar koordinatnog sistema će biti smješten na sredini emitera.

Na slici 2 prikazana su dva jednostavna modela za računanje dijagrama zračenja *patch* antene. Model na slici 2 a) podrazumijeva da se ivična polja prostiru do malog rastojanja a sa strana emitera i mogu biti zamijenjena poljima E_a koja su

tangencijalna u odnosu na površinu supstrata. Četiri proširene ivične površine služe kao efektivni zračeći otvori.



Slika 2: Pojednostavljeni modeli patch antene

Model na slici 2, pod b) pretpostavlja da je supstrat skraćen izvan emitera. Četiri zida dielektričnog supstrata sada služe kao zračeći otvori. Jedino tangencijalno zračeće polje na ovim zidovima je $\mathbf{E}_a = \bar{z}\mathbf{E}_z$, jer je tangencijalno magnetno polje jednako nuli usled graničnih uslova. [5]

Prilikom ove analize, uzemljena ravan se kod oba modela eliminiše korišćenjem teorije preslikavanja. Dijagrami zračenja mogu biti određeni iz površinske magnetne struje \mathbf{J}_{ms} , pri čemu je $\mathbf{J}_{ms} = -2\hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{E}_a$. Efektivna tangencijalna polja mogu biti izražena preko polja E_z , pri čemu se pretpostavlja da je električno polje nenulto jedino duž strana AD i AB.

Izračeno električno polje je jednako:

$$\mathbf{E} = jk \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \bar{\mathbf{r}} \times \mathbf{F}_m = jk \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \bar{\mathbf{r}} \times [\mathbf{F}_{m1} + \mathbf{F}_{m2} + \mathbf{F}_{m3} + \mathbf{F}_{m4}] \quad (2)$$

Vektori \mathbf{F}_m su dvodimenzionalne Furijeove transformacije uzete po otvorima:

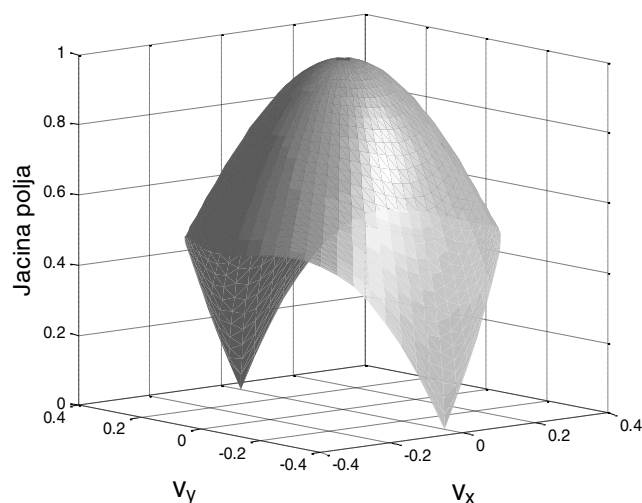
$$\mathbf{F}_m(\theta, \phi) = \int_A \mathbf{J}_{ms}(x, y) e^{jk_x x + jk_y y} dS \quad (3)$$

Integracione površine $dS = dx dy$ su približno $dS = a dy$ za strane 1 i 3, i $dS = a dx$ za 2 i 4. Nakon izračunavanja vektora zračenja i normalizovanog dobitka antene, dobijaju se izrazi za dobitke za E i H ravan kada je u jednačini (1) $\phi = 0^\circ$ i $\phi = 90^\circ$:

$$g_E(\theta) = \frac{|E_\theta|^2}{|E_\theta|_{\max}^2} = |\cos(\pi v_x)|^2, v_x = \frac{L}{\lambda} \sin \theta$$

$$g_H(\theta) = \frac{|E_\phi|^2}{|E_\phi|_{\max}^2} = \left| \cos \theta \frac{\sin(\pi v_y)}{\pi v_y} \right|^2, v_y = \frac{W}{\lambda} \sin \theta \quad (4)$$

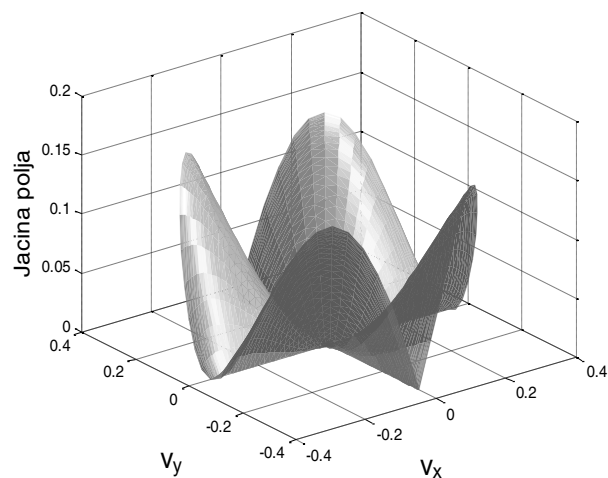
Slika 3 pokazuje dijagram jačine polja u E i H ravni za $W = L = 0.3371 \lambda$, i dielektričnu konstantu $\epsilon_r = 2.2$. Izbor za veličinu L potiče iz uslova rezonancije $L = 0.5\lambda/\sqrt{2.2} = 0.3371 \lambda$.



Slika 3. Dijagram jačine polja sa strana 1 i 3.

Na slici 4 su prikazani jačine polja sa strana 2 i 4, odnosno sa strana koje ne zrače, u slučaju kada je $W = L = 0.3371 \lambda$, $\epsilon_r = 2.2$. Dobici patch antene su dati jednačinom:

$$g(\theta, \phi) = \frac{|E(\theta, \phi)|}{|E|_{\max}^2} = (\cos^2 \theta \sin^2 \phi + \cos^2 \phi) |F(\theta, \phi)|^2 \quad (5)$$



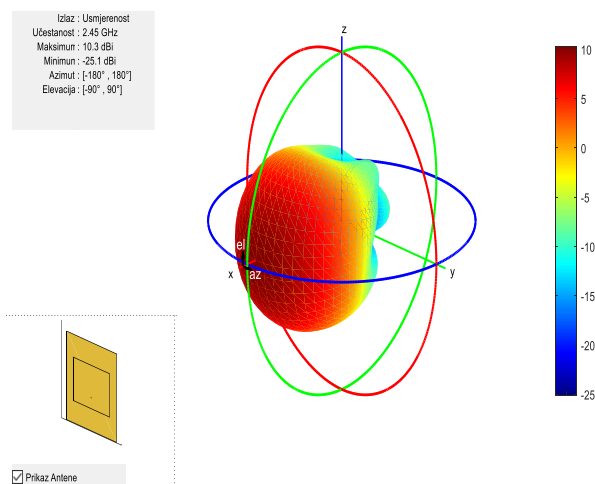
Slika 4. Dijagram jačine polja sa strana 2 i 4.

Veći dio zračenja potiče sa stranica 1 i 3. Zaista, $F(\theta, \phi)$ ima maksimum na bočnoj strani, $v_x = v_y = 0$. Prema tome, stranice 2 i 4 doprinose veoma malo ukupnom zračenju i obično se

moгу zanemariti. Za duжine reda $L = 0.3 \lambda$ do $L = \lambda$, funkcija dobitka ostaje potisnuta za 7 do 17 dB u svim pravcima.

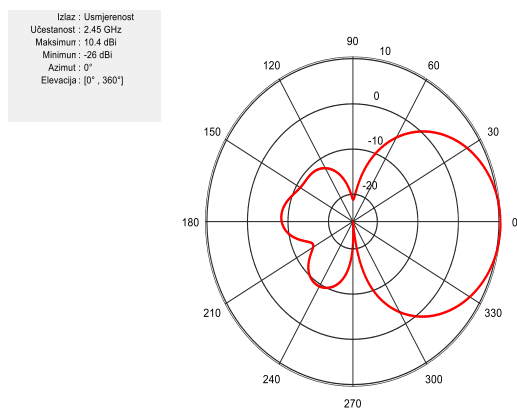
3. NUMERIČKI REZULTATI

Da bi se ilustrovala analiza *patch* antene korišćenjem rezonatorskog modela, na slici 5 je prikazan trodimenzionalni dijagram zračenja. Uzeto je da je za *patch* antenu pravougaonog oblika (prikazanu na slici 1) rezonantna frekvencija $f_R = 2.45 \text{ GHz}$. Bočne latice kod *E*-ravni se pojavljuju zato što je početna pretpostavka da je ekran konačne duжine, a da je dielektrični materijal supstrata skraćen tako da ne pokriva ekran izvan emitera. Ovaj uticaj nije toliko izražen kod dijagrama zračenja u *H*-ravni. Polje za vrijednosti uglova $0^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$ odgovara uglovima koji se nalaze sa iste strane emitera kao i sonda za napajanje. Postojanje ekrana koji je pokriven dielektrikom utiče na veličinu i fazu slike.



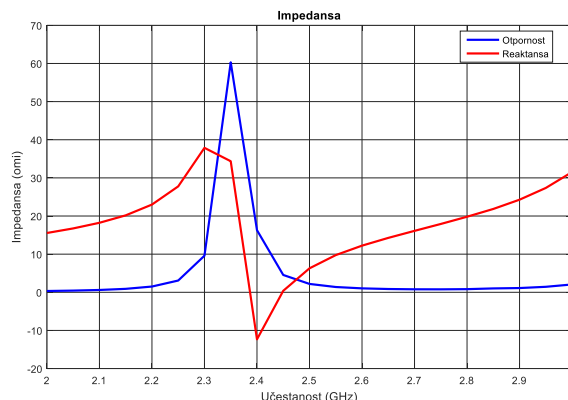
Slika 5. Dijagram zračenja *patch* antene za rezonantnu frekvenciju $f_r = 2.45 \text{ GHz}$.

Za analizu dijagrama zračenja, pa samim tim i direktivnosti *patch* antene, duжina emitera je jednaka polovini talasne duжine, dok je širina 1.5 puta veće od duжine, kako bi se poboljšao propusni opseg. Pokazuje se i da visina supstrata ne utiče na direktivnost dok god je električno mala. Na slici 6 prikazano je ukupno zračenje antene u elevacionoj ravni.



Slika 6. Dijagram zračenja *patch* antene u elevacionoj ravni za rezonantnu frekvenciju $f_r = 2.45 \text{ GHz}$.

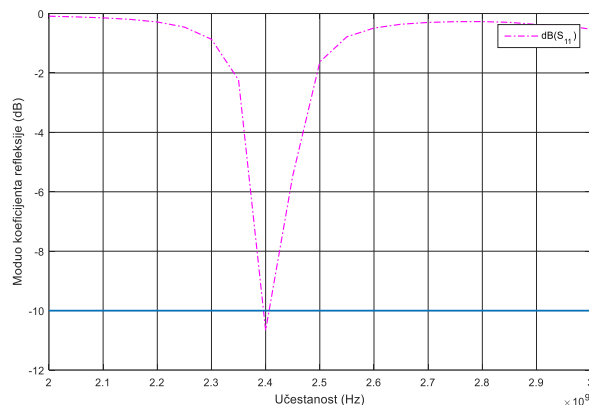
Grafik ulazne impedanse prikazan je na slici 7. On ne zavisi puno od visine supstrata h . Pokazuje se da se vrijednost rezonantne ulazne otpornosti može smanjiti povećanjem širine emitera W . Ovo je prihvatljivo dok god odnos W/L nije veći od 2, zato što u suprotnom dolazi do smanjenja efikasnosti *patch* antene.



Slika 7. Dijagram zavisnosti impedanse *patch* antene od frekvencije kada je $f_r = 2.45 \text{ GHz}$.

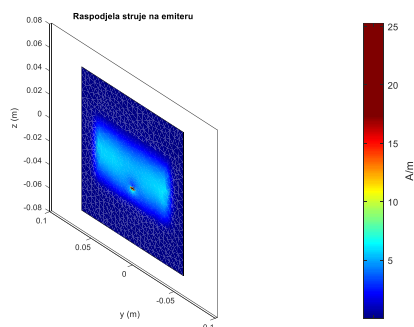
Vidimo da se ulazna impedansa sastoji od realnog i imaginarnog dijela. Imaginarni dio (reaktansa) se javlja usled gubitaka u metalu i dielektriku na kontaktima napojnog voda i emitera.

Na slici 8 je prikazana zavisnost modula koeficijenta refleksije S_{11} od frekvencije.



Slika 8. Prikaz S_{11} parametra

Sa grafika se može vidjeti da je na rezonantnoj frekvenciji koeficijent refleksije jednak nuli, odnosno, antena je prilagođena na napojni vod.



Slika 9. Raspodjela struje na *patch* anteni

Konačno, na slici 9 je prikazana raspodjela površinske gustine struje po anteni. Najveća koncentracija struje je u centralnom dijelu emitera, dok na lijevoj i desnoj strani emitera ima minimalnu vrijednost.

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane teorijske osnove analize *patch* antena pomoću rezonatorskog modela.

Zatim su numeričkim putem dobijeni isti rezultati i grafičkim putem predstavljeni direktivnost, ulazna impdansa, koeficijent refleksije i raspodjela struje. Rezultati su izračunati i predstavljeni pomoći programskog paketa MATLAB [6].

LITERATURA

- [1] Микроэлектронные устройства СВЧ, под ред. Г.И. Веселова, Высшая школа, Москва, 1988.
- [2] R. Bancroft, “*Microstrip and Printed Antenna Design, Second Edition*”, SciTech Publishing, Inc. Raleigh, NC, 2009.
- [3] Robert A. Sainati, “*CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications*”, Artech House; Har/Dskt edition, January 1996.
- [4] F. Alsager, “*Design and Analysis of Microstrip Patch Antenna Arrays*,” Master thesis, University College of Borås, School of Engineering, January 2011
- [5] Sophocles J. Orfanidis “*Electromagnetic Waves and Antennas*”, Department of Electrical and Computer Engineering, Rutgers University, June 2004
- [6] MATLAB, MA: The MathWorks, 2012.

INDEKS AUTORA

B

Babić Marko	225
Bajčeta Milija	165, 185
Bauk Sanja	42
Blagojević Dejan	109, 113
Bojović Bratislav	22
Bojović Hristina	22
Bojović Risto	22
Bošković Marko	53, 57
Brajović Miloš	185, 189
Brodić Darko	109
Bukilić Mladen	18
Bulatović Nikola	177
Bursać Marko	61

C

Cekova Jasna	149
Cekova Katerina	145
Cvetković Boško	57, 69

Č

Čingoski Vlatko	38, 193, 201, 217
Čitkuševa Dimitrovska Biljana	50

Ć

Ćuković Bojan	65
---------------	----

D

Dedić Aleksandar	93
Delibašić Nebojša	205
Delipetrev Blagoj	149
Dervić Alija	85
Duraković Kenan	213
Durković Vladan	197

Đ

Đukanović Slobodan	165, 169, 189
Đurišić Željko	197
Đurović Igor	169

E

Erceg Milena	85
--------------	----

F

Filipović Dragan	229, 237, 241
------------------	---------------

G

Gelev Sašo	"38, 145, 193,"423. 217	"
Grbović Ana	209	

H

Hot Elma	173
----------	-----

J

Janković Dragan	97
Jauković Novak	205
Jevtović Milojko	105
Joksimović Aleksandar	177
Jovanović Ana	221, 225, 229, 233

K

Knežević Mirko	189
Končar Jelena	129
Kosanović Miloš	141
Kosanović Mirko	141
Kostić Dijana	101
Kranjac Mirjana	1
Krstajić Božo	77, 117, 121
Kukuševa Paneva Maja	50

L

Lazarević Mihailo	69
Lazović Luka	221, 225, 229, 233
Laštovička-Medin Gordana	26, 30, 34
Latinović Jelena	185
Latinović Nedeljko	185
Leković Sonja	129
Lutovac Budimir	69, 93, 241

Lj		Rubežić Vesna	221, 225, 229, 233
Ljucović Jelena	6		
Ljumović Milica	237		
M		S	
Maliković Arsenije	237	Savić Nataša	109
Mandić Petar	69	Savić Trifun	177, 181
Maneski Taško	69	Sekulić Petar	165, 169
Marjanović Miloš	97	Sošić Aleksandar	81
Matijević Tripo	6, 18	Spalević Petar	89
Mihailović Andrej	165	Srdanov Aleksa	153, 157, 161
Milenković Aleksandar	97	Stanković Milena	133
Miletić Ana	121, 137	Stanković Ranka	6
Milić Eleonora	133	Stefanov Goce	38, 50, 193, 217
Milivojević Marina	113	Stefanović Radiša	161
Milivojević Zoran	101, 105, 109, 113	Stojanović Violeta	101
Milosavljević Bojana	89	Š	
Milovanović Dragan	153	Šarac Vasilija	38, 50, 3; 5. 217
Mišić Milan	89	Šćepanović Snežana	6, 10
Mraković Ivan	10	Šekara B. Tomislav	57, 69
Mujović Saša	65	Šendelj Ramo	213
		Šoškić Jelena	241
N		Šuh Jelena	14
Nikolić Marko	177	T	
O		Tadić Nikša	85
Obradović Ivan	6	Tomović Slavica	137
		Topalović Ana	189
		Tričković Goran	61
P		U	
Panić Stefan	89	Uskoković Zdravko	77
Parezanović Duško	73		
Pešić Ana	177	V	
Petrevska Biljana	201	Veličković Zoran	101, 105
Petrović Jelena	14	Vidaković Dragan	73
Popović Nataša	125	Vujović Stefan	185, 189
Popović Tomo	77, 117, 125	Vulović Radislav	61
Popović-Bugarin Vesna	165, 173, 185, 189		
Prlinčević Bojan	89		
R		Z	
Radonjić Milutin	117, 181	Zečević Žarko	77, 117, 233
Radulović Aleksandra	121		
Radulović Milovan	57, 205	Ž	
Radulović Tijana	221	Žarić Nikola	177
Radusinović Igor	137		
Rajković Petar	97		
Ratković Kovačević Nada	157		
Ristić Aleksandar	46		
Ristić Sandra	46		

CIP - Каталогизација у публикацији
Национална библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-85775-18-5
COBISS.CG-ID 30320400

ISBN 978-86-85775-18-5



9 788685 775185 >