

IT'13
ŽABLJAK

XVIII

naučno - stručni skup

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'13

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -

Urednik
Božo Krstajić

*Zbornik radova sa XVIII naučno - stručnog skupa
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održanog na Žabljaku od 25. februara do 01.marta 2013. godine*

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2013

Glavni urednik
Prof. dr Božo Krstajić

Izdavač
Univerzitet Crne Gore,
Cetinjska 2, Podgorica
www.ucg.ac.me

Tehnička obrada
Aleksandra Radulović
Centar Informatičnog Sistema
Univerziteta Crne Gore

Tiraž
150

Podgorica 2013.

Sva prava zadržava izdavač i autori

Organizator

Centar Informatičnog Sistema Univerziteta Crne Gore

Pokrovitelji

Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije

Održavanje skupa finansijski pomogli

- * Unija poslodavaca Crne Gore
- * Čikom
- * Pošta Crne Gore
- * Zavod za zapošljavanje Crne Gore

Programski odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Akademik Dr Ljubiša Stanković, CANU
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, Podgorica
Dr Branko Kovačević, Elektrotehnički fakultet, Beograd
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, Beograd
Dr Zoran Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Beograd
Dr Božidar Krstajić, Elektrotehnički fakultet I. Sarajevo
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Dejan Popović, Elektrotehnički fakultet, Beograd
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Igor Đurović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za Informacione Tehnologije, Podgorica
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, Radoviš

Organizacioni odbor

Dr Vujica Lazović, Ministar za informaciono društvo i telekomunikacije

Dr Božo Krstajić, CIS Univerzitet CG

Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

Vladan Tabaš, Čikom

Sekretarijat

Aleksandra Radulović, CIS Univerzitet CG

P R E D G O V O R

Naučno-stručni skup “INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost” (IT’13) obilježio je svoje punoljetstvo i već XVIII put uspješno održan pod Durmitorom. Novina uvedena na prošlogodišnjem Skupu, mogućnost praćenja i učestvovanja na Skupu preko video konferencije, je opšteprihvaćena i postala praksa ovog Skupa. No, bez obzira na ovu mogućnost, više od 2/3 radova je prezentovano na klasičan način jer autori znaju prednosti dolaska i druženja na našoj konferenciji. Povećan je broj prijavljenih i prezentovanih radova, a kvalitet je u konstantnom porastu što ćete se uvjeriti čitanjem ovog Zbornika.

Ovogodišnji Skup su obilježile i veoma zapažene radionice “Campus Best Practice” i “eLearning”. Radionice su zajednički realizovali Računski centar Univerziteta u Beogradu (RCUB), Akademska mreža Srbije (AMRES), CIS UCG i Centar za elektronsko učenje Univerziteta u Beogradu. Učesnici su imali priliku da čuju planove Ministarstva nauke za uspostavljanje naučno-tehnološkog parka u Crnoj Gori, rezultate uspješnih FP7 i IPA projekata i multidisciplinarnu analizu Programa stručnog osposobljavanja lica sa stečenim visokim obrazovanjem u CG. Učešće su uzeli predstavnici Ministarstva za informaciono društvo i telekomunikacije CG, kompanije S&T, Unije poslodavaca CG, CIS-a UCG i Pošte CG.

Osamnaesti rođendan Skupa je proslavljen uz tortu, muziku i svjećice, a učesnicima smo zakazali novi susret naredne godine u većem broju, dobrom zdravlju i boljem raspoloženju.

Sve detaljne informacije o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na poznatom sajtu www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

Tomo Popović AGILNE METODE I ALATI OTVORENOG KODA ZA JAVA PROGRAMIRANJE	1
Žarko Zečević, Božo Krstajić POBOLJŠANJE PERFORMANSI ANC SISTEMA PRIMJENOM NLMS ALGORITMA	5
Luka Filipović, Budimir Lutovac SEGMENTACIJA SLIKE POMOĆU PARALELNOG FUZZY C-MEANS ALGORITMA	9
Dženan Strujić, Budimir Lutovac, Radovan Stojanović PRIMJER PRIMJENE FUZZY KONTROLERA U DRUŠTVENIM MREŽAMA.....	13
Aleksandar Borković PARALELIZACIJA METODA KONAČNIH TRAKA NA VIŠEJEZGARNIM PROCESORIMA	17
Aleksandar Borković O RAZVOJU SOFTVERA OTVORENOG KODA U CILJU EDUKACIJE INŽENJERA.....	21
Veselin N. Ivanović, Nevena Radović, Marko Božović, Zdravko Uskoković IMPLEMENTACIJA ESTIMATORA LOKALNE FREKVENCIJE NESTACIONARNIH MULTIDIMENZIONALNIH FM SIGNALA.....	25
Zoran Zlatev, Vlado Gicev, Vasko Kokalanov, Gabriela Suteva USPOREDBI NA PERFORMANSE UMJETNE GRANICE P3 I P4 STACEY OVISNO O INTERVALU.....	29
Gabriela Suteva, Zoran Zlatev INTERNET TELEFONIJA.....	33
Biljana Citkuseva Dimitrovska, Saso Gelev, Maja Kukuseva IMPLEMENTACIJA MODIFIKOVANOG OSPF PROTOKOL U MREŽNI SIMULATOR.....	37
Aleksandar Dedić JEDAN METOD MJERENJA NAPONA BAZIRAN NA MIKROKONTROLERU	41
Roman Golubovski MULTIPLATFORMNA SINHRONIZACISKA TEHNIKA ZA AKVIZICIJU NA BIAKSIJALNOJ VIBRO-PLATFORMI.....	45
Roman Golubovski METODE SOFTVERSKOG PROCESIRANJA BIO-POTENCIJALA	49
Vasilija Sarac, Saso Gelev, Dragan Minovski, Goce Stefanov, Roman Golubovski SCADA SISTEMI U PROŠIRENJU I AUTOMATIZACII T.S 110/10 kV “DRAČEVO”	53

Sašo Gelev UVOĐENJE FAZI LOGIKE U SISTEM UPRAVLJANJA VATROM.....	57
Sašo Gelev, Ivana Geleva INTELIGENTNA ODEĆA I RAČUNARSKA OPREMA KAO MODNI DETALJ	61
Cveta Martinovska Bande, Dušan Bikov, Dragan Hadzi Kotarov SENZORSKE MREŽE ZA PRAĆENJE I KONTROLU PROIZVODNJE VINA	65
Maja Kukuseva, Biljana Citkuseva Dimitrovska ECDH POTROŠNJA ENERGIJE U SENZORSKIM BEZŽIČNIM MREŽAMA.....	69
Vesna Popović-Bugarin, Filip Radenović, Ljubiša Stanković GENETIČKI ALGORITAM ZA REKONSTRUKCIJU NEDOSTAJUĆIH ODBIRAKA KRATKOTRAJNE FOURIER-OVE TRANSFORMACIJE	73
Luka Lazović, Ana Jovanović UPOREDNI PREGLED PERFORMANSI LMS I NLMS ALGORITAMA U SISTEMIMA PAMETNIH ANTENA.....	77
Zoran Veličković, Saša Matijašević KODOVANJE VIDEO SADRŽAJA ZA REPRODUKCIJU SA MULTIMEDIJALNOG SERVERA U HETEROGENIM MREŽAMA	81
Zoran Veličković, Miloško Jevtović PERFORMANSE PREDIKCIONIH ŠEMA H.264/AVC VIDEO KODEKA	85
Zoran Milivojević, Darko Brodić INHARMONIČNOST BAS SEKCIJE FENDER STRATOCASTER ELEKTRIČNE GITARE.....	89
Vlada Bogosavljević, Zoran Milivojević CIS KOHLEARNI IMPLANT	93
Mirko Kosanović, Miloš Kosanović POVEZIVANJE BEŽIČNIH SENZORSKIH ČVOROVA SA TCP/IP MREŽAMA.....	97
Željko Pekić, Nađa Đikanović STAV O E-LEARNINGU I STILOVI UČENJA	101
Vuko Perišić, Jovana Božović INFORMACIONI SISTEM ZAKONODAVNOG PROCESA (E – PARLAMENT).....	105
Mirko Milošević, Vuko Perišić PRIMJENA INFORMACIONO KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA ZA POBOLJŠANJE TRANSPARENTNOSTI RADA SKUPŠTINE CRNE GORE - UVOĐENJE PARLAMENTARNE TELEVIZIJE.....	109
Milica Gogić PREDLOZI DOPUNA ZAKONSKE REGULATIVE U OBLASTI ELEKTRONSKOG KACELARIJSKOG POSLOVANJA	113

Milica Daković, Aleksandra Radulović, Božo Krstajić SWOT&PESTLE ANALIZA ICT RTD U CRNOJ GORI	117
Jelena Končar, Sonja Leković, Zita Petrović-Katai PRIMENA KONCEPTA MOBILNE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI	121
Peter Podsklan, Biljana Stamatovic BUSINESS PROCESS MODELLING.....	125
Obradović Milovan KORIŠĆENJE INFORMACIONIH TEHNOLOGIJAZA ANALIZU ZDRAVSTVENOG STANJA LEČENE POPULACIJE	129
Marko Simeunović, Igor Đurović, Slobodan Đukanović NEUNIFORMNO ODABRANA KUBIČNA FAZNA FUNKCIJA	133
Igor Đurović, Alen Pelinković, Marko Simeunović, Slobodan Đukanović ESTIMATOR PARAMETARA POLINOMIJALNO-FAZNIH SIGNALA ZASNOVAN NA WIGNEROVOJ DISTRIBUCIJI	137
Pero Bogojević, Milan Barać MEDIA BOX CRNOGORSKOG TELEKOMA.....	141
Gorica Nikolić, Nemanja Ognjanović, Aleksandar Obradović SIGURNOSNI ELEMENTI U NFC TEHNOLOGIJI.....	145
Vidak Kovačević, Milutin Radonjić, Igor Radusinović ANALIZA MODELA MULTICAST SAOBRAĆAJA.....	149
Soko Divanović, Milutin Radonjić, Igor Radusinović, Nebojša Maletić, Mladen Veletić, Dino Kosić, Gordana Gardašević ALGORITMI RASPOREĐIVANJA SA QoS PODRŠKOM KOD KROSBAR KOMUTATORA SA BAFERIMA U UKRSNIM TAČKAMA.....	153
Miloš Odalović, Neđeljko Lekić, Igor Radusinović OPENFLOW: NOSILAC PROMJENA U UPRAVLJANJU MREŽOM	157
Almir Gadžović, Neđeljko Lekić, Igor Radusinović INTERNET OF THINGS KONCEPT: IZAZOVI, PRIMJENE I PROJEKTNE INCIJATIVE.....	161
Andjela Draganić, Irena Orović, Srdjan Stanković FILTRIRANJE SIGNALA U BEŽIČNIM KOMUNIKACIJAMA METODOM TOTALNE VARIJACIJE	165
Andjela Draganić, Irena Orović, Srdjan Stanković KARAKTERIZACIJA MUZIČKIH SIGNALA BAZIRANA NA DEKOMPOZICIJI NA SINGULARNE VRIJEDNOSTI I VREMENSKO-FREKVENCIJSKOJ ANALIZI	169
Zoran Vučetić, Duško Parezanović, Borislav Odadžić, Milenko Pikula MOBILNE TEHNOLOGIJE U NASTAVI MATEMATIKE	173

Veselin Mićanović, Milica Marijanović PLANIRANJE I PRIPREMANJE POČETNE NASTAVE MATEMATIKE PRIMJENOM INFORMACIONE TEHNOLOGIJE.....	177
Nikola Damjanović PRIMJER SIMBIOZE GEOMETRIJE I RAČUNARSKIH NAUKA.....	181
Nikola Bulatović, Zoran Mijanović DISPLEJI BAZIRANI NA PRINCIPU POSTOJANOSTI VIDA.....	184
Andreja Samčović TEHNOLOGIJE HENDOVERA KOD DIGITALNOG VIDEO STANDARDA DVB-H.....	188
Miloš Daković, Stefan Vujović, Ljubiša Stanković REKONSTRUKCIJA ODBIRAKA SIGNALA KORIŠĆENJEM SPARSE SIGNAL ANALIZE.....	192
Petar M. Radulović, Matija M. Tadić KARAKTERIZACIJA INDUSTRIJSKIH PROCESA U ZATVORENOJ SPREZI PRIMJENOM MODIFIKOVANOG RELEJNOG EKSPERIMENTA I FAZNO ZAKLJUČANE PETLJE.....	196
Milovan Radulović, Jadranka Radović, Đorđe Đuričić, Biljana Šćepanović, Goran Pavlović, Duško Lučić RAZVOJ ALUMINIJSKIH STUBOVA DALEKOVODA OD IDEJE DO MONTAŽE POMOĆU BIM SOFTVERSKIH RIJEŠENJA.....	200
Miloš Brajović, Aleksandar Drašković, Miloš Daković, Ljubiša Stanković RAZMATRANJE NUMERIČKE IMPLEMENTACIJE NEKIH VREMENSKO- FREKVENCIJSKIH REPREZENTACIJA I NJIHOVIH ROBUSTNIH FORMI.....	204
Ana Aligrudić, Milica Pejanović-Djurišić ENERGETSKA EFIKAŠNOST U MOBILNIM RADIO MREŽAMA.....	208
Milenko Mosurović, Goran Šuković O SLOŽENOSTI JEDNOG PROŠIRENJA DESKRIPTIVNE LOGIKE SI.....	212
Goran Šuković, Milenko Mosurović GENERISANJE MODULARNIH NEURONSKIH MREŽA PRIMJENOM SISTEMA LINDENMAJERA I GENETSKIH ALGORITAMA.....	216

AGILNE METODE I ALATI OTVORENOG KODA ZA JAVA PROGRAMIRANJE AGILE PRACTICES AND OPEN SOURCE SOFTWARE TOOLS FOR JAVA PROGRAMMING

Tomo Popović, *Texas A&M University, College Station, Texas, USA*

Sadržaj: U ovom radu je prikazana implementacija Scrum procesa za agilni razvoj softvera u Javi. Prikazani pristup je fokusiran na softverska preduzeća manje i srednje veličine uz korišćenje razvojnih alata koji dolaze iz sveta otvorenog koda. Ponuda razvojnih alata za Javu je veoma široka i kvalitetna. Čak je i sama Java razvojna platforma softver otvorenog koda. Rad ilustruje agilne metode, izbor alata, i iskustvo sa Scrum procesom. Pragmatična upotreba agilnih metoda i izabranih alata omogućava uspešno uvođenje kontrole kvaliteta i ISO 9001:2008 sertifikaciju.

Abstract: This paper discusses implementation of Scrum process for agile software development in Java. The approach is focused on small to medium enterprises and use of development tools coming from the open source software world. There is a wide spectrum of high quality tools for Java development platform, which is also an open source software. The paper describes agile practices, tools selection, and experience with Scrum. The pragmatic use of agile practices and selected tools can be used for successful adoption of a quality management system and ISO 9001:2008 certification.

1. INTRODUCTION

The popularity and awareness about open source software (OSS) has rapidly risen over the last 10 years. This is due to various reasons, but mainly because of the wide availability of the Internet and increased quality of the software offered by the OSS communities. This paper focuses on Java development tools coming from the OSS world and describes how these tools can successfully be used in small to medium software development enterprises.

In the software development methodology, we have also witnessed some dramatic changes in the approach to how to efficiently develop high quality software. More and more companies are moving away from the traditional "waterfall" approach towards iterative and incremental processes called agile development. Being agile means better collaboration within team members and with customers, as well as frequent software releases that allow for continuous reflection, verification, and exposure to scrutiny. The idea is to create environment for efficient navigation of the project. The focus is on the users and new value while maintaining sustained quality of the software product.

The approach described in this paper illustrates implementation of the agile process called Scrum. By using only the OSS tools, this approach can successfully be implemented in a small to medium business enterprises for software development to enable successful ISO9001 certification [1].

2. SCRUM AND AGILE PRACTICES

What is Agile? Agile software development assumes a set of lightweight development methods that enable efficient, iterative, and incremental process for development and maintenance of a software product. It promotes evolutionary thinking, adaptive process, and effective response to change. The incremental iterations are typically time-boxed, which allow for easy process navigation, corrections, and rapid response to requirements changes. The agile processes can be recognized by understanding the values introduced in the Agile manifesto back in 2001 (Table 1). The items in the left

column are important to the development process, but the items shown in the left column are valued more [2]. Agile processes are lean with an emphasis on collaboration and communication between the developers, users, and other stakeholders. The focus of this collaboration is bringing the new value to the user in the most efficient way.

Table 1: Values from the Agile Manifesto

More value	Important, but less value
Individuals and interactions	Processes and tools
Working software	Detailed documentation
Customer collaboration	Contract negotiation
Responding to change	Following a plan

Scrum process is one of the most popular agile frameworks for completing complex projects (see Figure 1). The process is defined around time-boxed iterations, called Sprints, which are typically fixed to 2-4 weeks. Management of the process includes a continuous update of the product specifications called Product Backlog. For each iteration, the team as a whole sits together, selects a set of doable items from the product backlog, and breaks them down into tasks containing more detailed description of the work. Each day during the sprint the team gathers for Daily Scrum meetings – short, typically stand up meetings, where the team members inform each other of the progress and activities. The daily meetings are not meant to be reporting to superiors, but to keep everyone up to date and to expose possible obstacles that need to be resolved. At the end of the sprint it is expected to provide a potentially shippable increment. At the Review Meeting the team demonstrates newly implemented features, fixed bugs, or other product related artifacts. The presentations, slides and progress reports are not considered to be valuable. The emphasis is on a live demo of the new features and their value for the user. After the each sprint, the team can have a Retrospective Meeting to analyze good and bad practices, and discuss possible improvements to the process itself. The process defines roles such as Product Owner, ScrumMaster, and team members. The process artifacts that support collaboration and communication are Product Backlog (requirements, feature list), Sprint Backlog

(tasks list, sprint “to-do” list), and product or sprint burn-down charts. More details on Scrum can be find in [3].

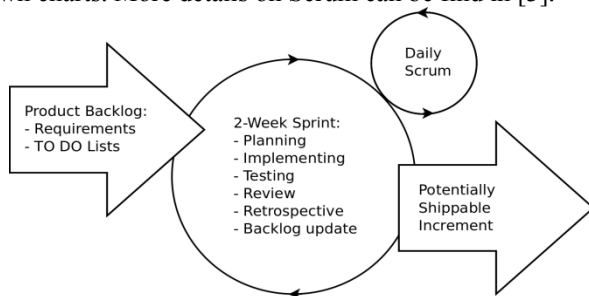


Figure 1. Scrum is one of the most popular agile processes

Agile Practices. There are several practices explored and used to improve agile software development. These practices are not required, but, if applied properly, may be improving the efficiency and quality of the development process. Each team can adopt or discover their own practices that help them improve their process, collaboration, and communication. The following is the list of practices that were used on multiple occasions and have been proven to improve the efficiency and add the value to the development process:

- User Stories have a key role in managing software product requirements [4]. The concept is to capture the description of the feature or functionality in a short one to two sentence form. Widely adopted template is: “As a <role>, I want <goal/desire> so that <benefit>”. User stories capture the functionality as seen by the user and spell out the relationship between the feature and benefits/values it brings to the user. The requirements are quickly defined using user stories, and the details can be left for some later conversations that take place at the time of the implementation.
- Pair Programming was introduced with Extreme Programming process and is a technique in which two developers share one workstation with one keyboard [5]. They can take turns in who is writing and who observing the coding. While programming, the two continuously review each other's code as it is being typed in. The programmers switch roles in the process, which allow them to swap focus back and forth between the current specific implementation task and the bigger picture. This technique is believed to lead to cleaner, more efficient code, with less bugs. It is very helpful when programmers are facing seemingly impossible tasks.
- On-board Customers is an important concept that plays key role in successful projects. Since agile development is iterative and iterations tend to be as short as two weeks, it comes almost natural to keep the customers in the loop throughout the process. The review meetings in Scrum, for example, are a good place for customers to observe the progress and enjoy in the excitement as new features become available. Also, having the close collaboration and frequent communication with customers provides a channel for customer feedback. This can be critical when navigating the project.
- Short Iterations make lots of sense if the team wants to stay agile. The length should be between two to four weeks. Anything longer than that introduces risks associated with change of scope, deteriorated communication with the customer, and teams falling back

to traditional waterfall practices. The shorter iterations require better short-term planning and tasks being broken into the granularity level that is manageable within the desired duration. A good “rule of thumb” is that the user stories should be sized to be doable within one iteration.

- Simple Design is the key to avoid gold-plating. It is not unusual that developers and even project managers fall into a trap of adding unnecessary requirements and tasks that on the surface may be appealing, but in reality do not bring any new value to the user. Both the developers and project managers should always ask themselves if there is a simpler solution. The gold-plating can happen during the requirements specification effort or it can be introduced by developers.
- Continuous Reflection is inherently present in Scrum during sprint reflection meet. The idea is that the developers, sometimes together with customers, periodically revisit their practices, evaluate issues and solutions and come up with possible improvements to the process.
- Collective Ownership of code encourages everyone to contribute, review, and improve the code. The idea behind this practice is to avoid developers claiming that they are not responsible for the product because the part someone else worked on does not work. Collective ownership implies that all developers need to be interested in all aspect of the software product under development, they want to learn, and help when their help is needed. Throughout the process the coders learn from looking at each other code, but they also fix bugs, refactor the code, and improve the product. Collective ownership is also a part of risk management as the team do not end up in a situation that certain parts of the product are maintained or managed by only one person.
- Refactoring is a practice in which all the team members are welcomed and encouraged to continuously review and improve the existing code. Refactoring can mean adding useful comments to the code, improving the readability and style, improving implemented functionality, renaming the variables and methods, etc. The goal is to restructure and clean the code without changing its external behavior. Refactoring is tightly related to collective ownership. It significantly improves the maintainability of the software code and can extend the life of the product.
- Automated Testing is another crucial discipline that glues collective ownership, refactoring, and other agile practices together. Developers are encouraged to write tests in a form of unit tests and acceptance tests as their code is being developed [6]. Unit tests are supposed to test smaller units of the code such as functions or methods. The acceptance tests are typically written in accordance to the software specifications. Having the code covered with unit and acceptance tests enables the whole team to safely engage into collective ownership and refactoring practices. The team can rely on the test suite to watch over the entire code repository and alert the developers should some new changes break the working product. Automated testing is especially powerful when implemented together with continuous integration solutions.
- Continuous Integration (CI) utilizes so called build servers that automatically, several times a day, check out

all the project code and then perform building and automated testing of the latest version. The build servers assume quickly verify if the latest changes to the code still build, pass all the unit tests, and pass all the acceptance tests. Developers are quickly notified if something is broken or some test failed. The powerful combination of automation and test suite provide for regression and integration testing so that there are no big surprises in later stages of the project. It is of course critical that both unit and system-wide tests are designed and implemented to provide for sufficient coverage of the code.

3. DEVELOPMENT TOOLS

The focus in this article is on developing software products using Java programming language and related technologies. This section describes a set of tools, all coming from OSS world, that have been selected to implement Agile development in a small business enterprise:

- Platform. The platform selected for developing software is Java [7]. There are several Java development kit (JDK) implementations and Sun (acquired by Oracle) has made JDK available as OSS under the name OpenJDK. Important thing about Java is that it is widely accepted by schools and industry around the globe. Java is platform-independent and it is supported by variety of operating systems. It works on Linux, Windows, Mac OS X, and other operating systems. In our case, Linux was used both on the servers and workstations. There is a variety of OSS libraries that make life of a Java developers easier.
- Integrated Development Environment (IDE). There are various programming editors and IDEs available in OSS. NetBeans and Eclipse are excellent choices for Java [8,9]. Besides being free, which is great, both NetBeans and Eclipse are considered top quality IDEs for programming in Java and other languages. They provide various aids such as syntax highlight, easy access to help and JavaDoc, refactoring, debugging, testing, etc. They also provide a plugin mechanism that enables quick addition of new functionalities.
- Version control (VC) is critical for managing the code. VC repository allows multiple developers to work on the same project and easily track changes. It can also provide an "undo" function when we need to go back. VC typically provide various labeling and tagging features, which are used to mark releases, test branches, and future development. For the Java development we selected Subversion [10]. It is designed to be used with Java and similar languages, and it is very easy to install and maintain.
- Configuration management (CM) includes all the practices for managing the resources, assets, and controls through consistent versions, naming, dependency management, and automation. Version control, namely Subversion, takes care of managing the versions, branches, and centralized repository. It is also a foundation for automation and implementation of the continuous integration. Configuration management should provide for an easy migration of the code from one developer station to another. To some extent this is handled by Ant scripts and project file generated by the IDE [11]. However, one big issue remaining is dependency management. Apache Maven provides a very good dependency and configuration management and lots of Java developers opt for it [12]. In our example, we used Maven plugin for Netbeans for managing projects from within Netbeans IDE. Apache Archiva can be used for in-house hosting of the internally developed libraries shared by various applications [13].
- Testing Automation. Java has a pretty good support for automated testing. Unit tests can be done using JUnit, which is very well supported by IDEs and CI servers. There are also very good tools for acceptance testing such as FitNesse and Conordion [14,15]. The acceptance tests are combined with live requirements specifications in a form of Wiki or HTML pages. Failing tests are highlighted red, while passing ones are in green. Success/failure of the acceptance tests is even noted in the output files (i.e. Conordion HTML pages). Depending on the application type, additional testing tools can be employed as well. All of these tools combined with the support from IDE and CI servers make a good setup for regression testing.
- Continuous Integration (CI). An excellent open source CI build server called Jenkins is a perfect option as it is very easy to obtain, install, and configure [16]. It can be used for various types of automated building and deployment. It supports Subversion, Maven, and automatically runs JUnit tests. The results are continuously posted and refreshed on its web interface.
- Project Management. There are various OSS programs aimed at Scrum project management. One such tool is ScrumDo that can successfully be used to manage user stories, iterations, and tasks [17]. There is plenty of tools for agile project management, but also some of more generic nature like ProjectLibre [18]. Besides ScrumDo, one can successfully use a custom spreadsheet document.
- Issue Tracking systems are used by teams to manage and maintain lists of issues and bugs. The items in the list can be created, updated, resolved, and so on. Consistent and pragmatic use of issue tracking software is considered one of the critical practices for software development. There are several OSS issue tracking solutions. In our case we opted for Bugzilla, which is easy to obtain, install [19]. Besides the use for software development projects, issue tracking systems can play an important role in the company's quality management system as tools like Bugzilla can be used for management of corrective and preventive actions required for ISO9001.
- Documentation. There is sometimes a misunderstanding that agile processes do not require documentation. That is completely wrong. The agile approach values working software more over the documentation. However, the documentation of the requirements, architecture, tests, technology choices, and finally user documentation is needed and critical for the success of a project. The "usual suspect" in Java project is JavaDoc, which is very useful for documenting the actual code. There are also various OSS applications that can support the documentation effort: a) LibreOffice, which is a full blown office suite [20]; b) Dia which provides easy creation and editing of technical diagrams [21]; c) Gimp which is a powerful photo and image editing tool [22]; and many others.

4. SETUP AND EXPERIENCE

Development Setup. An example of the setup comprised of the tools described in the previous section is depicted in Figure 2. The setup was implemented in a small business software consulting and development enterprise. The back bone of the configuration is the development server, which runs Linux-Apache-MySQL-PHP (LAMP) [23]. LAMP servers are widely used for various web-based applications and it is fairly simple to install Linux servers in this configuration. For example, Ubuntu server comes with this installation option, which automatically adds all the LAMP components and dependencies [24]. The development server hosts Subversion for code repository, Maven for library repository, Bugzilla for issue tracking, and dedicated space for in-house file backup. The development PC runs desktop Linux and development tools including OpenJDK, NetBeans, JUnit, Concordion, and others. The office PC includes a web browser such as Firefox, LibreOffice, Dia, and Gimp. All of these and other programs can be installed on a single machine used by a team member. The Linux distribution used in the given setup is Ubuntu Long-Term-Support (LTS), versions 10.04, and more recent 12.04. Ubuntu LTS releases come with 5-year support and updates and are recommended for use in production environment. Finally, the CI server acts as another team member. It periodically checks out the latest version of the code on the development server. Jenkins performs the build process and runs the automated tests. It reports the errors to the team and posts the update on its web pages.

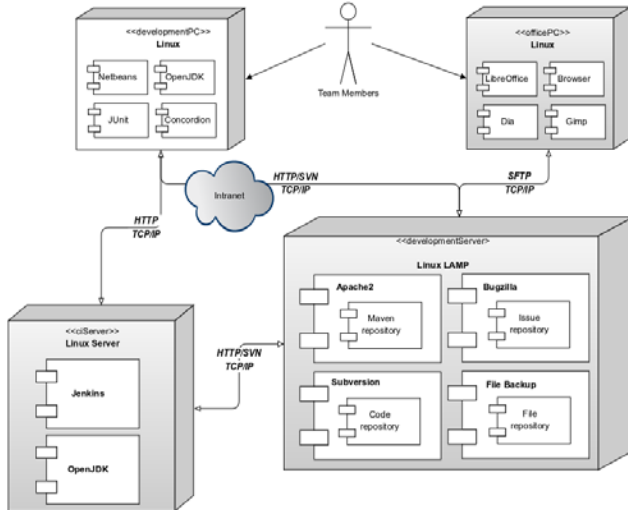


Figure 2. Example: Java development tools setup

Experience. The setup has successfully been used in a small business environment for two type of development activities: a) migration of the C/C++ code base into Java; and b) development of the new projects from scratch. Migrating from C/C++ to Java turned out to be straightforward due to the similarities between the languages. Another aspect was the availability of various OSS libraries for Java that helped to avoid dependency on third-party commercial libraries. Various commercial libraries for C++ have been successfully replaced by using OSS libraries available for Java (handling of images, archives, PDF, etc). As for development of the new projects, the described solution worked very well. Both the developers and end users appreciated the fact that Java is

platform-independent and how easy can new applications be deployed. We had a very positive experience with development of web-based applications, as well as Java Web Start applications.

Finally, a very interesting outcome resulted from the use of Scrum and OSS tools for Java development. It streamlined the adoption of the quality management system defined by the ISO 9001:2008 standard. The pragmatic use of the proposed tools and Scrum enabled easy mapping of the process artifacts to ISO 9001 requirements. This is extremely important, especially for small and medium software enterprises as being ISO 9001 certified increases the visibility and acceptance by future clients.

5. CONCLUSIONS

Values of agile practices, Scrum, and open source tools for Java development are discussed from a perspective of small to medium sized enterprise.

The paper describes the OSS tools setup for software development using Java platform. Presented approach can be successfully used for various types of projects.

The use of agile practices and OSS tools supports the implementation of a quality management system and can help the ISO 9001:2008 certification.

LITERATURE

- [1] ISO 9001:2008, ISO Std., "Quality Management Systems – Requirements," May 2008.
- [2] Agile Manifesto. [online] <http://www.agilemanifesto.org>
- [3] K. Schwaber, "Agile Project Management with Scrum," Microsoft Press, 1 ed., Mar 2004.
- [4] M. Cohn, "User Stories Applied," Addison-Wesley, 1 ed., Mar 2004.
- [5] K. Beck, C. Andres, "Extreme Programming Explained: Embrace Change," 2nd ed., Addison-Wesley, Nov 2004.
- [6] L. Crispin, J. Gregory, "Agile Testing," Addison-Wesley Pro., 1 ed., Jan 2009.
- [7] Java JDK. [online] <http://java.oracle.com>
- [8] Netbeans IDE. [online] <http://netbeans.org>
- [9] Eclipse IDE. [online] <http://eclipse.org>
- [10] Apache Subversion. [online] subversion.apache.org
- [11] Apache Ant. [online] <http://ant.apache.org>
- [12] Apache Maven Project. [online] <http://maven.apache.org>
- [13] Apache Archiva. [online] <http://archiva.apache.org>
- [14] Concordion. [online] <http://concordion.org>
- [15] FitNesse. [online] <http://fitnesse.org>
- [16] Jenkins. [online] <http://jenkins-ci.org>
- [17] ScrumDo. [online] <http://scrumdo.org>
- [18] ProjectLibre. [online] <http://projectlibre.org>
- [19] Bugzilla. [online] <http://bugzilla.org>
- [20] LibreOffice office suite. [online] <http://libreoffice.org>
- [21] Dia Diagram Editor. [online] <https://live.gnome.org/Dia>
- [22] Gimp – The GNU Image Manipulation Program. [online] <http://gimp.org>
- [23] D. Dougherty, "LAMP: The Open Source Web Platform," ONLamp, [online] <http://onlamp.com>
- [24] Ubuntu Linux. [online] <http://ubuntu.com>

POBOLJŠANJE PERFORMANSI ANC SISTEMA PRIMJENOM NLMS ALGORITMA PERFORMANCE IMPROVEMENT OF ANC SYSTEMS BY NLMS ALGORITHM

Žarko Zečević, Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj: U radu je dat predlog poboljšanja adaptacije ANC sistema pomoću NLMS algoritma. Predloženi pristup podrazumjeva korišćenje NLMS adaptivnog algoritma za identifikaciju nepoznatog sistema. Na osnovu adaptiranih koeficijenata periodično se računaju koeficijenti drugog adaptivnog filtra koji služi za generisanje greške na izlazu sistema. Na ovaj način se povećava brzina konvergencije i smanjuje greška u stacionarnom stanju. Teorijski rezultati, izvedeni za slučaj idealne estimacije sekundarne putanje, potvrđeni su rezultatima uporednih simulacija.

Abstract: In this paper a new approach for adaptation improvement of an ANC systems by NLMS algorithm is proposed. Proposed approach use an NLMS adaptive algorithm for identification of the unknown system. On the basis of this coefficients a second adaptive filter, used for output error generating, is periodically updated. In this way the convergence speed is increased and the error in stationary state is decreased. Theretical results, performed for the ideally secondary path estimation, are confirmed by simulation results.

1. UVOD

FxLMS je modifikacija LMS algoritma koja najčešće nalazi primjenu u Active Noise Canceled (ANC) sistemima, [1]. Blok dijagram FxLMS-a prikazan je na sl. 1. Blok S predstavlja sekundarnu putanju i ona uključuje funkciju prenosa A/D i D/A konvertora, zvučnika, mikrofona itd. [1, 2]. Blok \hat{S} predstavlja estimaciju sekundarne putanje.

Postizanje što veće brzine konvergencije jedan je od ključnih zahtjeva koji se postavlja u ANC sistemima. Brzina konvergencije zavisi od raspona sopstvenih vrijednosti autokorelacione matrice filtriranog ulaznog signala, [1], [2]. Što je ovaj odnos bliži jedinici algoritam će brže konvergirati. Raspon sopstvenih vrijednosti je jednak jedinici jedino ako su odbirci filtriranog signala statistički nezavisni (bijeli šum), [2], [3].

Ako na ulazu FxLMS-a dolazi bijeli šum filter sekundarne putanje će ga korelisati. Odbirci filtriranog signala više neće biti nezavisni. Drugim riječima, raspon sopstvenih vrijednosti će se povećati, dok će se brzina konvergencije smanjiti, [1]. Karakteristike konvergencije, kao i uticaj grešaka u modelovanju sekundarne putanje na stabilnost FxLMS-a analizirane su u [4]-[7].

Predložene su brojne modifikacije FxLMS-a čiji je cilj povećanje brzine konvergencije. Jedna od njih, opisana u [8], zasniva se na modifikovanom blok dijagramu FxLMS-a kojim se uklanja kašnjenje koje unosi sekundarna putanja, čime se omogućava korišćenje većeg koraka algoritma (MFxLMS).

Self Orthogonalizing FxLMS algoritam (SOFxLMS), opisan u [9], povećava brzinu konvergencije u uslovima bijelog šuma. Računski jednostavnija varijanta ovog algoritma prezentovana je u [10]. Kombinacija SoFxLMS-a i

MFxLMS-a omogućava dodatno povećanje brzine konvergencije, [11].

Greška u stacionarnom stanju FxLMS-a je drugi bitan kriterijum za ocjenu kvaliteta rada ANC sistema. Ona zavisi od niza faktora: koraka algoritma, minimalne greške sistema, reda adaptivnog filtra, reda sekundarne putanje [5]. Ono što je karakteristično za FxLMS je to da uvijek postoji višak srednje kvadratne greške, bez obzira na to da li ima aditivnog šuma, [5]. S ciljem pronalaženja kompromisa između brzine konvergencije i greške u stacionarnom stanju FxLMS može koristiti sve one varijante promjenljivih koraka koje su predložene za LMS, [3].

U ovom radu je dat predlog adaptacije ANC sistema pomoću dva filtra. Jedan filter služi za identifikaciju nepoznatog sistema pomoću normalizovanog LMS-a. Istovremeno, na osnovu identifikovanih koeficijenata i koeficijenata sekundarne putanje računaju se koeficijenti drugog adaptivnog filtra s ciljem minimizacije izlazne greške sistema. Na ovaj način se postiže povećanje brzine konvergencije, a i otklanja višak srednje kvadratne greške koji potiče usljed same prirode FxLMS-a. Teorijska izvođenja prezentovana u radu potvrđena su rezultatima simulacija.

Rad je organizovan na sljedeći način. U drugom dijelu je dat kratak opis FxLMS-a, MFxLMS-a i SOFxLMS-a, nakon čega je u trećem dijelu prezentovan novi algoritam. U četvrtom i petom dijelu su analizirane performanse predložene algoritma i rezultati simulacija, respektivno. Konačno, na kraju je dat zaključak.

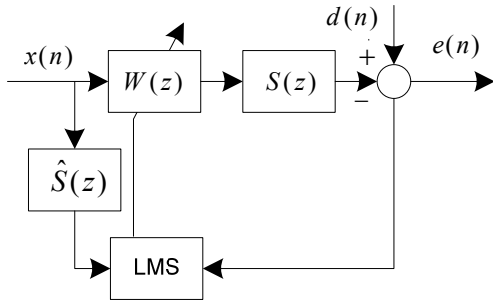
2. FxLMS ALGORITAM

FxLMS algoritam minimizuje signal greške podešavanjem koeficijenata adaptivnog filtra, nakon kojeg slijedi filter sekundarne putanje. Signal greške se definiše na sljedeći

način:

$$e(n) = d(n) - \mathbf{W}(n)^T \mathbf{X}_s(n) \quad (1)$$

gdje je $d(n)$ željeni signal, $\mathbf{X}_s(n)$ vektor filtriranog ulaznog signala, a $\mathbf{W}(n)$ adaptivni težinski vektor (sl. 1).



Slika 1. Blok dijagram FxLMS-a

Optimalno rješenje koje minimizuje signal greške je:

$$\mathbf{W}^* = \mathbf{R}_{ss}^{-1} \mathbf{p}_s, \quad (2)$$

gdje je \mathbf{R}_{ss} autokorelaciona matrica filtriranog ulaznog signala, a \mathbf{p}_s kroskorelacioni vektor između filtriranog ulaznog signala i željenog signala.

S ciljem da minimizuje grešku, FxLMS iterativno ažurira koeficijente adaptivnog filtra koristeći sljedeću iterativnu formulu:

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + \mu e(n) \mathbf{X}_s(n), \quad (3)$$

gdje je μ korak algoritma, a $\mathbf{X}_s(n)$ estimacija vektora filtriranog ulaznog signala.

Iz (3) se lako izvodi maksimalni korak algoritma, [2]:

$$\mu_{\max} = \frac{1}{N \bar{x}_s^2}, \quad (4)$$

gdje je N red adaptivnog filtra, a \bar{x}_s^2 srednja snaga filtriranog ulaznog signala.

Treba obratiti pažnju da je stvarni signal greške jednak:

$$e(n) = d(n) - \mathbf{Y}(n)^T \mathbf{S}. \quad (5)$$

Korišćenje signala (5) u iterativnoj formuli FxLMS-a unosi kašnjenje koje smanjuje brzinu konvergencije. U [6] je eksperimentalno pokazano da je maksimalni korak algoritma tačnije određen sa:

$$\mu_{\max} = \frac{1}{(N + \Delta) \bar{x}_s^2}, \quad (6)$$

gdje je Δ kašnjenje koje unosi sekundarna putanja.

MFxLMS algoritam vrši rekonstrukciju željenog signala s ciljem dobijanja signala greške datog jednačinom (1). Na taj način se otklanja kašnjenje koje unosi sekundarna putanja i omogućava korišćenje maksimalnog koraka određenog sa (4).

SOFxLMS algoritam, predložen u [9], koristi sljedeću iterativnu formulu:

$$\mathbf{W}(n+1) = \mathbf{W}(n) + \mu \mathbf{X}_s(n) \mathbf{C} e(n), \quad (7)$$

gdje je \mathbf{C} inverzna autokorelaciona matrica ulaznog signala (bijeli šum) koja se određuje na početku rada algoritma:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^{M-1} S_i^2 & \sum_{i=0}^{M-2} S_i S_{i+1} & \dots & \sum_{i=0}^{M-N} S_i S_{i+N-1} \\ \sum_{i=0}^{M-2} S_i S_{i+1} & \sum_{i=0}^{M-1} S_i^2 & \dots & \sum_{i=0}^{M-N+1} S_i S_{i+N-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=0}^{M-N} S_i S_{i+N-1} & \sum_{i=0}^{M-N+1} S_i S_{i+N-2} & \dots & \sum_{i=0}^{M-1} S_i^2 \end{bmatrix}^{-1}. \quad (8)$$

SOFxLMS algoritam za bijele šumove ima brzinu konvergencije sličnu LMS-u.

Važno je napomenuti da FxLMS i njegove modifikacije u stacionarnom stanju ne dostižu minimum srednje kvadratne greške, čak i slučaju kada nema aditivnog šuma. Konkretno za FxLMS višak srednje kvadratne greške isnosi [5]:

$$J_{ex}(n) = \frac{\mu \bar{x}_s N J_{\min}}{2 - \mu \bar{x}_s (N + \Delta)}, \quad (9)$$

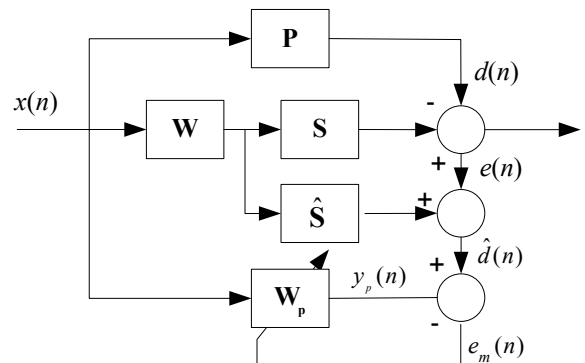
gdje je J_{\min} minimalna greška sistema. Višak srednje kvadratne greške raste sa povećanjem reda adaptivnog filtra.

3. NOVI ALGORITAM ZA ANC SISTEME

Blok dijagram predloženog algoritma dat je na slici 2. Cilj ovog algoritma je da se izvrši rekonstrukcija željenog signala:

$$\hat{d}(n) = e(n) + \mathbf{Y}_w(n)^T \hat{\mathbf{S}} = d(n) - \mathbf{Y}_w(n)^T (\mathbf{S} - \hat{\mathbf{S}}), \quad (10)$$

gdje je $\mathbf{Y}_w(n)$ vektor izlaznog signala iz adaptivnog filtra $\mathbf{W}(n)$ (dimenzija $N \times 1$).



Slika 2. Predlog adaptacije ANC sistema

Estimirani željeni signal se koristi za identifikaciju nepoznatog sistema \mathbf{P} koristeći LMS iterativnu formulu:

$$\mathbf{W}_p(n+1) = \mathbf{W}_p(n) + \mu \mathbf{X} e_m(n), \quad (11)$$

gdje je \mathbf{W}_p adaptivni vektor dužine $N+M$, dok je $e_m(n)$ modifikovani signal greške:

$$e_m(n) = \hat{d}(n) - \mathbf{W}_p^T \mathbf{X}. \quad (12)$$

Na osnovu koeficijenata filtra $\mathbf{W}_p(n)$ potrebno je na neki način ažurirati koeficijente adaptivnog filtra $\mathbf{W}(n)$. Ako se

usvoji da je ulazni signal jednak bijelom Gausovom šumu jednačina (2) se može zapisati na sljedeći način:

$$\mathbf{W}^* = (\mathbf{S}_k \mathbf{S}_k^T)^{-1} \mathbf{S}_k \mathbf{P} = \mathbf{S}_k^\dagger \mathbf{P}, \quad (13)$$

gdje je \mathbf{S}_k konvoluciona matrica definisana na sljedeći način:

$$\mathbf{S}_k = \begin{bmatrix} S_0 & S_1 & \dots & S_{M-1} & \dots & 0 \\ 0 & S_0 & \dots & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_0 & \dots & S_{M-1} & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & S_{M-2} & S_{M-1} \end{bmatrix}_{N \times N+M}, \quad (14)$$

a \dagger je oznaka za pseudoinverznu matricu.

S obzirom da se \mathbf{S}_k^\dagger može odrediti na početku rada algoritma, filter $\mathbf{W}(n)$ se može iterativno računati na sljedeći način:

$$\mathbf{W}(n) = \mathbf{S}_k^\dagger \mathbf{W}_p(n) \quad (15)$$

Umjesto u svakoj, adaptivni filter $\mathbf{W}(n)$ se može ažurirati u svakoj N -toj iteraciji da bi se smanjila računaska složenost na red $O(N+M)$, gdje je N red adaptivnog filtra.

4. PERFORMANSE PREDLOŽENOG ALGORITMA

Radi jednostavnosti u ovom radu će biti razmatran slučaj kada je sekundarna putanja estimirana bez greške. Pod tim uslovom estimacija željenog signala biće idealna, a modifikovani signal greške biće jednak:

$$e_m(n) = d(n) - \mathbf{W}_p^T \mathbf{X}. \quad (16)$$

Nakon uvrštavanja (16) u (11) i matematičkog sređivanja dobija se:

$$\Delta \mathbf{W}_p(n+1) = \Delta \mathbf{W}_p(n) (\mathbf{I} + \mu \mathbf{\Lambda}), \quad (17)$$

gdje je $\Delta \mathbf{W}_p$ vektor greške, a $\mathbf{\Lambda}$ matrica sopstvenih vrijednosti autokorelacione matrice ulaznog signala. Konvergencija vektora greške zavisi samo od karakteristika ulaznog signala. Za bijeli šum \mathbf{W}_p će konvergirati ka vektoru \mathbf{P} maksimalnom mogućom brzinom. Pod uslovom da nema aditivnog šuma vektor greške će konvergirati ka nula vektoru, tj. nepoznati sistem će biti identifikovan bez greške. Samim tim i adaptivni vektor \mathbf{W} će konvergirati ka optimalnom rješenju bez bijasa. Drugim riječima, greška na izlazu sistema biće minimalna, za razliku od FxLMS-a i njegovih modifikacija kod kojih uvijek postoji višak srednje kvadratne greške. U slučaju da je željeni signal zašumljen postojaće greška u estimaciji vektora \mathbf{W}_p , a samim tim i vektora \mathbf{W} . Međutim, i u ovom slučaju predloženi algoritam će imati manju grešku u stacionarnom stanju jer će FxLMS imati višak srednje kvadratne greške koji nastaje usljed njegove prirode, kao i višak srednje kvadratne greške koji nastaje usljed aditivnog šuma.

Za bijele šumove predloženi algoritam će konvergirati maksimalnom brzinom, slično kao i SOFxLMS. Veća brzina konvergencije se može postići ukoliko se umjesto LMS-a za identifikaciju sistema koristi Normalizovani LMS, [3]. Za korelisane šumove brzina konvergencije zavisice samo od

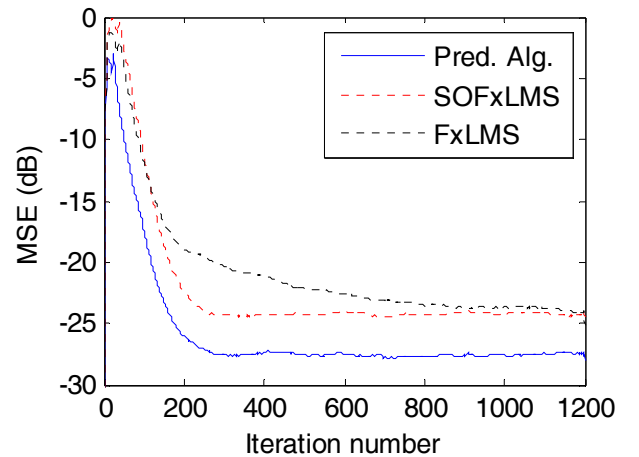
raspona sopstvenih vrijednosti autokorelacione matrice ulaznog signala. Sa druge strane, kod SOFxLMS-a brzina konvergencije zavisi od raspona sopstvenih vrijednosti proizvoda $\mathbf{R}_{ss} \mathbf{C}$ koji je najčešće nepredvidljivog karaktera.

5. REZULTATI SIMULACIJA

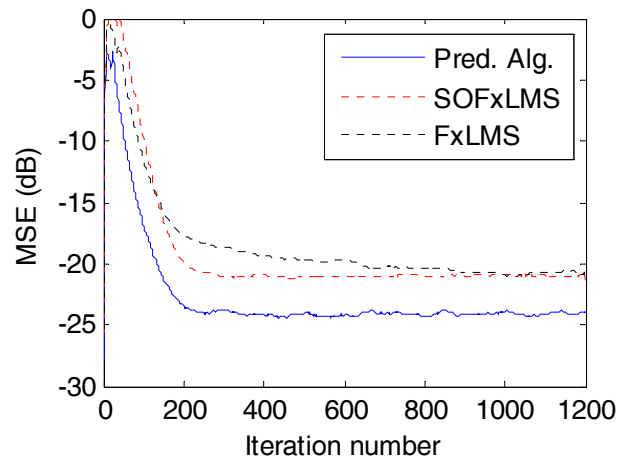
Biće prezentovana dva primjera. Na graficima je prikazana srednja kvadratna greška (MSE). Sekundarna putanja, reda $M=10$ i presječne frekvencije 0.7π , je generisana pomoću Matlab funkcije *fir1*. Nepoznati sistem je generisan pomoću *randn* funkcije u Matlab-u. Simulacijama su izvršena poređenja predloženog algoritma (varijanta sa NLMS-om) sa SOFxLMS-om i FxLMS-om. Za svaki od algoritama korišćen je korak koji obezbjeđuje najbržu konvergenciju.

Primjer A

U ovom primjeru red adaptivnog filtra \mathbf{W} je $N=30$, a red adaptivnog filtra \mathbf{W}_p je 40. Na slici 3 su prikazane MSE karakteristike razmatranih algoritama u slučaju kada na izlazu sistema nema aditivnog šuma, a na slici 4 MSE karakteristike kada je odnos signal šum jednak 20 dB.



Slika 3. Poređenje algoritama za $N = 30$



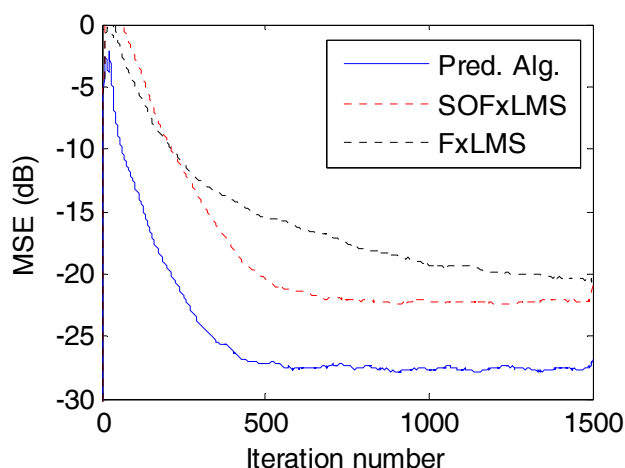
Slika 4. Poređenje algoritama za $N = 30$ i $\text{SNR}=20\text{dB}$

Može se uočiti da u oba slučaja predloženi algoritam brže konvergira i od SOFxLMS-a i od FxLMS-a. Osim brže konvergencije predloženi algoritam ima manju grešku u stacionarnom stanju (oko 5 dB).

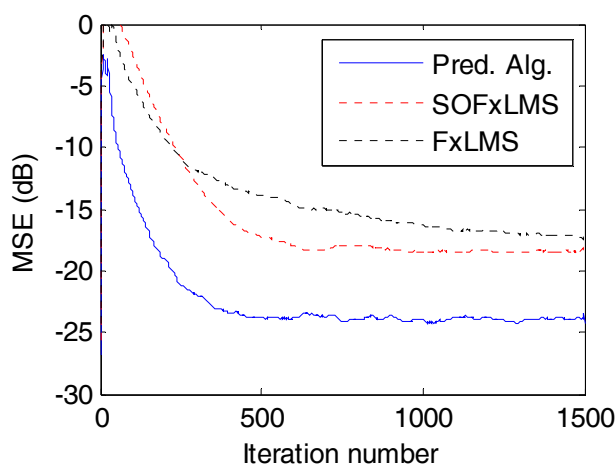
Primjer B

U ovom primjeru red adaptivnog filtra \mathbf{W} je $N = 80$, a red adaptivnog filtra \mathbf{W}_p je 90. Na slikama 5 i 6 su prikazane MSE karakteristike razmatranih algoritama u slučaju kada na izlazu sistema nema aditivnog šuma i u slučaju kada je odnos signal šum jednak 20 dB.

U oba slučaja predloženi algoritam brže konvergira u odnosu na SOFxLMS i FxLMS. Osim brže konvergencije predloženi algoritam ima značajno manju grešku u stacionarnom stanju (oko 8 dB). U ovom primjeru SOFxLMS ima nešto manju grešku u stacionarnom stanju od FxLMS-a. Razlog za to je što maksimalna vrijednost koraka kod ovog algoritma ne obezbjeđuje i najbržu konvergenciju.



Slika 5. Poređenje algoritama za $N = 80$



Slika 6. Poređenje algoritama za $N = 80$ i $\text{SNR}=20\text{dB}$

6. ZAKLJUČAK

U radu je dat predlog poboljšanja adaptacije ANC sistema. Predloženi algoritam koristi LMS (NLMS) za identifikaciju nepoznatog sistema. Uporedo na osnovu

identifikovanih koeficijenata nepoznatog sistema i koeficijenata sekundarne putanje računaju se koeficijenti drugog adaptivnog filtra (filtra koji prethodi sekundarnoj putanji) s ciljem minimizacije greške na izlazu sistema.

Predloženi algoritam ima značajno veću brzinu konvergencije u odnosu na FxLMS, i sličnu brzinu konvergencije SOFxLMS algoritmu (za bijele šumove). Poboljšanje brzine konvergencije u odnosu na SOFxLMS postiže se korišćenjem NLMS-a za identifikaciju nepoznatog sistema, što je i potvrđeno rezultatima simulacija.

Predloženi algoritam ima i manju grešku u stacionarnom stanju u odnosu na FxLMS i njegove modifikacije. Ukoliko na izlazu sistema nema aditivnog šuma neće biti bijasa u estimaciji nepoznatog sistema i višak srednje kvadratne greške biće otklonjen. Ako aditivni šum pak postoji, postojeće i višak srednje kvadratne greške, ali će biti manji nego kod FxLMS-a.

LITERATURA

- [1] S. Kuo and D. R. Morgan, "Active Noise Control Systems", New York: Wiley, 1996.
- [2] S. J. Elliot, "Signal Processing for Active control", Academic Press, New York, 2001.
- [3] Simon Haykin, "Adaptive Filter Theory", Prentice Hall, 2002.
- [4] I. Tabatabaei, W. H. Abdulla, "Theoretical convergence analysis of FxLMS algorithm", Signal Processing, pp. 3046-3055, 2010.
- [5] S. D. Snyder, C. H. Hansen, "The Effect of Transfer Function Estimation Errors on the Filtered LMS Algorithm", IEEE Trans. Signal Process., vol. 42, no. 4, Apr. 1994.
- [6] I. Tabatabaei Ardekani, W. H. Abdulla, "Effects of Imperfect Secondary Path Modeling on Adaptive Active Noise Control Systems", IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. PP, pp. 1-11, 2011.
- [7] S. D. Snyder, C. H. Hansen, "The Effect of Transfer Function Estimation Errors on the Filtered LMS Algorithm", IEEE Trans. Signal Process., vol. 42, no. 4, Apr. 1994.
- [8] E. Bjarnason, "Active noise cancellation using a modified form of the filtered-XLMS algorithm", in Proc. Eusipco Signal Processing V, Brussels, 1992.
- [9] Ž. Zečević, B. Krstajić, "Povećanje brzine konvergencije FxLMS algoritma u uslovima bijelog šuma", TELFOR 2011. Beograd, Nov. 2011.
- [10] Ž. Zečević, B. Krstajić, "Brzi Modifikovani Filtered-X Algoritam", ETRAN 2012. Zlatibor, Jun 2012.
- [11] Ž. Zečević, B. Krstajić, "Modifikovani SOFxLMS Algoritam", TELFOR 2013. Beograd, Nov. 2013.

SEGMENTACIJA SLIKE POMOĆU PARALELNOG FUZZY C-MEANS ALGORITMA IMAGE SEGMENTATION USING PARALLEL FUZZY C-MEANS ALGORITHM

Luka Filipović, *Centar informacionog sistema, Univerzitet Crne Gore*
Budimir Lutovac, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj: U radu je predstavljen modifikovani Fuzzy C-means algoritam za klasterizaciju slike pogodan za primjenu u distribuiranom računarskom okruženju. Paralelizacija algoritma ubrzava zahtjevni proces obrade koristeći više računarskih resursa. Izmijenjeni Fuzzy C-means algoritam sem Euklidove distance vrši analizu i susjednih piksela generišući slike otpornije na šum.

Abstract: This paper presents modified Fuzzy C-means algoritam for image clusterization which is suitable for use in distributed computer enviroment. Parallelization of algorithm speeds-up demanding processing using available computer resources. Modified C-means algoritam calculates Euclidian distance and analyze neighbouring pixels, minimizing noise in resulting images.

1. UVOD

Segmentacija slike i dijeljenje slike u homogene regione bazirane na zajedničkim karakteristikama predstavlja ključni zadatak u oblasti analize slike i multimediji. Klastering je jedna od dostupnih metoda koja se ogleda u klasifikaciji piksela baziranoj na sličnostima. Najčešći pristup za rješavanje problema metodom klasteringa je primjena Fuzzy klastering algoritama. Slika se analizira kao ulazni podatak i kroz iteracije algoritam generiše grupe slika koje objedinjavaju pojedinačni klasteri. Izdvajaju se K-means algoritam, koji obradu vrši brže, ali grublje i nepreciznije, i C-means algoritam koji preciznije računa pripadanje piksela klasteru. Kao mane Fuzzy C-means algoritma ističu se osjetljivost na šum i dugačko vrijeme izvršavanja [1][2].

U radu je predstavljen Fuzzy C-means algoritam za paralelnu klasterizaciju slike i njegova modifikacija koja kao rezultat daje slike otpornije na šum. Paralelizacija aplikacije koja simulira modifikovani algoritam skratila je vrijeme izvršavanja upošljavajući više računarskih resursa, tj više jezgara procesora koji su danas instalirani na skoro svakom korisničkom računaru.

2. FUZZY C-MEANS KLASTERING

Fuzzy C-means (FCM) [3] predstavlja metod klasterizacije koji omogućava jednom skupu podataka, kod nas piksela jedne slike, razdvajanje na dva ili više klastera. Razvijen je od strane Dunn-a 1973 godine, a poboljšan 1981 godine od strane Bezdek-a i često se koristi za prepoznavanje uzoraka. Bazira se na minimizaciji objektivne funkcije:

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \mu_{ik}^m |p_i - v_k|^2 \quad (1)$$

gdje je A - objektivna funkcija, n - broj piksela, c - broj klastera, μ - stepen pripadnosti klasteru, m - realan broj veći od 1, p_i - i-ti piksel u slici, v_k - centroid k-tog klastera, $|p_i - v_k|$ - Euklidova distanca.

Fuzzy segmentacija se izvodi kroz iterativnu funkciju optimizacije objektivne funkcije (1) uz dodatno ažuriranje člana μ_{ij} i klusterskih centara v_k koristeći jednačinu:

$$\mu_{ik} = \frac{1}{\sum_{l=1}^c \left(\frac{|p_i - v_k|}{|p_i - v_l|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (2)$$

FCM algoritam se uspješno primjenjuje u segmentaciji medicinskih, geoloških i satelitskih slika. Postoji nekoliko rešenja koje poboljšavaju kvalitet rezultata segmentacije, od kojih se najviše rešenja bazira na poboljšanju tolerancije šuma. Poboljšanja se postižu korištenjem podataka iz susjednih piksela analiziranog piksela pri računanju stepena pripadnosti μ_{ik} svakog klastera ponaosob [2][4].

2.1 Modifikovani Fuzzy C-means algoritam

U cilju poboljšanja nivoa tolerancije na šum FCM algoritma predložen je Robust Fuzzy Local Information C-means Clustering (FLICM) [5] algoritam koji uključuje i novi G_{ki} faktor i temelji se na korištenjem informacija susjednih piksela. [2] G_{ki} je definisan kao:

$$G_{ki} = \sum_{\substack{j \in w_i \\ j \neq i}} \frac{1}{d_{ij} + 1} (1 - \mu_{kj})^m |p_j - v_k|^2 \quad (3)$$

gdje je i piksel u centru prozora, j susjedni piksel u okviru prozora, d_{ij} Euklidova distanca između i-tog i j-tog piksela, μ_{kj} stepen pripadnosti j-tog piksela klasteru k, v_k - centroid k-tog klastera, $|p_j - v_k|$ Euklidova distanca između p_j i v_k , w - broj okolnih piksela koji se uzimaju u obzir kod kalkulacije.

Uvrštavanjem G_{ik} u osnovnu jednačinu objektivne funkcije ona postaje :

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c [\mu_{ik}^m |p_i - v_k|^2] + G_{ki} \quad (4)$$

a pripadnost svakog piksela klasteru se računa kao

$$\mu_{ik} = \frac{1}{\sum_{l=1}^c \left(\frac{|p_i - v_k|^2 + G_{ki}}{|p_i - v_l|^2 + G_{li}} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (5)$$

Kako G_{ki} faktor uključuje okolne piksele u razmatranje on smanjuje šum i pruža bolju segmentaciju slike, ali povećava robusnost algoritma i povećava vrijeme izračunavanja. Ukoliko se uključi veći broj okolnih piksela u razmatranje doći će do većeg broja kalkulacija i time vremena izvršavanja potrebnog za svaku iteraciju. Ako je w broj okolnih piksela uzetih u razmatranje biće potrebno $(2w+1)^2$ više operacija, tako da se za recimo $w=1$ piksela izvršava 9 puta više operacija, dok za $w=2$ čak 25 puta više operacija i sl.

Kako bi se poboljšala efikasnost modifikovanog FCM algoritma uvodi se i novi faktor za izračunavanje stepena pripadnosti svakog piksela određenom klasteru - H_{ik} . Bazira se na prostornoj Euklidovoj distanci do centroida svakog klastera i definiše se kao

$$H_{ik} = \frac{d_{ik}}{1 + \sum_{l=1}^c d_{il}} \quad (6)$$

gdje je d_{ik} prostorna Euklidova distanca između i -tog piksela i centra k -tog klastera.

Uvođenjem promjenljivih H_{ik} i G_{ik} algoritam brže konvergira. Kada uvedemo i faktor H_{ik} pripadnost svakog piksela klasteru se računa kao:

$$\mu_{ik} = \frac{1}{\sum_{l=1}^c \left(\frac{|p_i - v_k|^2 + G_{ki}}{|p_i - v_l|^2 + G_{li}} \right)^{\frac{2}{m-1}} - H_{ik}} \quad (7)$$

Za potrebe simulacije modifikovanog FCM algoritma Christophe Gauge i Sreela Sasi [2] razvili su aplikaciju, o čijoj će paralelizaciji, biti riječi u nastavku rada.

3. PARALELIZACIJA MODIFIKOVANOG FCM ALGORITMA

Zahvaljujući širokoj dostupnosti višejezgarnih procesora, čak i na personalnim računarima, moguće je ubrzati vremena izvršavanja pojedinih aplikacija. Međutim, većina aplikacija je dizajnirana kao serijska, tj da koristi samo jedno jezgro, tako da pri pokretanju programa na najnovijim mašinama ne vidimo veliko poboljšanje u brzini izvršavanja. Ključ poboljšanja performansi leži u paralelizaciji koda i raspodjeli posla na više jezgara. U prošlosti, paralelizacija je zahtijevala programiranje upravljanja i sinhronizacije niti na najnižem nivou, ali sada je sa podrškom Microsoft-ove platform Visual Studio i .NET framework-a 4 sa paralelnim ekstenzijama sve postalo dostupnije [6].

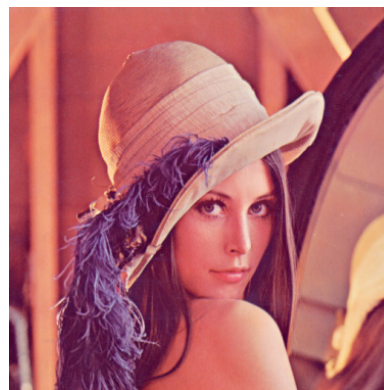
Iako modifikovan, otporniji na šum i optimizovan da se izvršava brže, Fuzzy C-means algoritam je segmentaciju slike na klasterne izvršavao veoma dugo. Zbog toga je pristupljeno

realizaciji verzije za paralelno izvršavanje. Kako je implementacija algoritma urađena na .NET platformi bilo je prirodno i paralelizaciju napraviti na istoj.

Multithreading API predstavlja novinu u .NET 4 platformi za iskorištavanje procesora sa više jezgara, a njeni djelovi su: Parallel LINQ (PLINQ), Task Parallelism Constructs, The Parallel Class i Concurrent Collections & Coordination Data. Za paralelizaciju korišten je Task Parallel Library (TPL), biblioteka zadužena za API-je i instrukcije u System.Threading i System.Threading.Tasks prostoru imena. TPL automatski skalira stepen iskorištenja svih dostupnih jezgara, čime se maksimiziraju performace koda, dok se programeru omogućava da se više posveti samom cilju izvršavanja programa.

Kako se proces klasteringa sa FCM algoritmom obavlja kroz iteracije čiji su rezultati zavisni, na njima nije bilo moguće napraviti paralelizaciju. Paralelizacija je izvršena na zahtjevnijim operacijama za svaki klaster pojedinačno - izračunavanje G_{ik} , H_{ik} i stepena pripadnosti. Time se dobila paralelna verzija aplikacije u kojoj se smjenjuju serijski i paralelni kod. Na taj način, broj niti koje se izvršavaju bio je limitiran sa brojem jezgara procesora ili sa brojem klastera koji se trebaju izdvojiti iz unijete slike. Najviše pažnje je posvećeno paralizaciji petlji, za šta je korišten Parallel.For metod koji instrukcije u okviru petlje izvršava na više jezgara.

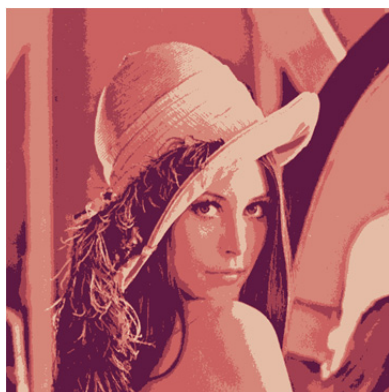
Simulacije su vršene na Intel Core i3 M330 @ 2.13 GHz procesoru sa 2 jezgra i mogućnošću pokretanja 4 niti istovremeno. Za demonstraciju je korištena slika "Lena" (slika 1) dimenzija 256 x 256 i 512 x 512, a obrada je vršena za izdvajanje 5 i 10 klastera iz slika. Na slici 2 prikazani su rezultati klasterizacije na 5 klastera, dok je na slici 3 prikazana segmentirana slika kao finalni rezultat.



Slika 1. Originalna slika (Lena)



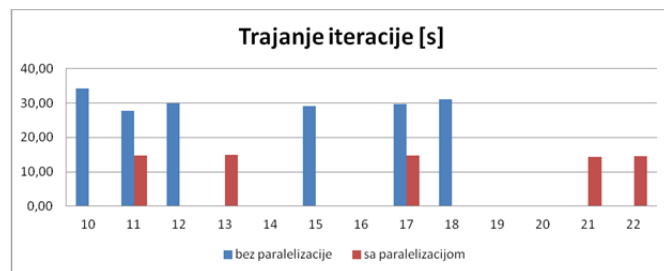
Slika 2. Rezultat klasterizacije FCM algoritmom na 5 klastera



Slika 3. Segmentirana slika

Na segmentiranoj slici primjećujemo da su svi detalji očuvani, dok je sa slike umjereno uklonjen šum.

Pri testiranju serijske i paralelne verzije aplikacije sa slikom dimenzija 512 x 512 piksela sa 5 klasera svi proračuni su završeni za minimum 10, a maskimum 22 iteracije. Rezultati trajanja iteracije prikazani su na slici 4, gdje se primjećuje da su paralelne verzije imale u prosjeku dva puta kraće izvršavanje.



Slika 4. Prosječno vrijeme trajanja iteracije

Prosječna vremena trajanja iteracija i ubrzanje aplikacije za sve tipove mjerenja prikazane su u tabeli 1.

Dimenzija slike	broj klastera	Prosjek izvršavanja [s/iteraciji]		ubrzanje
		serijska verzija	paralelna verzija	
256x256	5	6,51	3,76	1,73
256x256	10	30,29	14,68	2,06
512x512	5	19,23	9,20	2,09
512x512	10	76,43	38,05	2,01

Tabela 1. Vrijeme izvršavanja i ubrzanje aplikacije

Primjećuje se da je ubrzanje aplikacije u prosjeku 2 puta. Iako se očekivalo nešto veće ubrzanje ovo se može opravdati paralelizacijom samo određenih, zahtjevnijih, djelova, dok su manje zahtjevni ostali da se izvršavaju serijski.

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana modifikovana verzija Fuzzy C-means algoritma za segmentaciju slike koja je otpornija na šum, kao i paralelizacija implementiranog FCM algoritma. Analizom rezultata dobijenih primjenom predloženog algoritma, na različite dimenzije slike i različit broj klastera (tabela 1.), primjetno je ubrzanje u opsegu od 1.73 do 2.09 puta na Intel Core i3 procesoru sa 2 jezgra i mogućnošću pokretanja 4 niti istovremeno. Zaključujemo i da bi pri pokretanju aplikacije na procesorima novije generacije, koji su u mogućnosti da pokrenu više niti, ubrzanje bilo značajno veće.

Za obradu većih slika, npr. slike snimane satelitima, ili obradu u realnom vremenu, djelotvornija bi bila hibridna paralelizacija koja bi omogućila izvršavanje FCM algoritma na više servera, a koja u osnovi sadrži model paralelizacije prikazan u radu. Prezentovani algoritam je realizovan na .NET platformi i može se izvršavati na personalnim računarima sa Windows operativnim sistemom, kao i serverima na istoj platformi. Na Linux platformi se može izvršiti slična paralelizacija sa OpenMP setom funkcija.

LITERATURA

- [1] Hoel Le Capitaine and Carl Frélicot, *A fast fuzzy c-means algorithm for color image segmentation*, Laboratoire Mathématiques, Image et Applications, Université de La Rochelle, France

- [2] Christophe Gauge and Sreela Sasi, *Modified Fuzzy C-means clustering algorithm with spatial distance to cluster center of gravity*, Department of Computer and Information Science, Gannon University, Erie, PA, U.S.A.
- [3] James C. Bezdek, *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, New York: Plenum, 1981.
- [4] Chuang Keh-Shih, Tzeng Hong-Long, Chen Sharon, Wu Jay, and Chen Tzong-Jer, *Fuzzy c-means clustering with spatial information for image segmentation*, Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 30, no. 1, pp. 9-15, January 2006.
- [5] Stelios Krinidis and Vassilios Chatzis, *AA Robust Fuzzy Local Information C-means Clustering Algorithms*, Image Processing, IEEE Transactions on, pp. 1-1, 2010.
- [6] Humayun Khan Pathan, *Multicore Programming With .NET 4 Parallel Extensions*, Infosys white paper, Maj 2011, <http://www.infosys.com/microsoft/resource-center/Documents/multicore-programming.pdf>

PRIMJER PRIMJENE FUZZY KONTROLERA U DRUŠTVENIM MREŽAMA AN EXAMPLE OF FUZZY CONTROLLER IMPLEMENTATION IN SOCIAL NETWORKS

Dženan Strujić, *Fakultet za informacione tehnologije*
Budimir Lutovac, Radovan Stojanović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je predložen fuzzy logički kontroler koji se koristi pri donošenju odluke za izbor najboljeg prijatelja u personalizovanim sistemima za elektronsko učenje. Primjenom predloženog kontrolera omogućeno je definisanje sopstvenih zahtjeva i želja o izboru relevantnih vidova komunikacije i sortiranja raspoloživih rezultata. Detaljno je opisan problem komunikacije među prijateljima na primjeru scenarija, dok je razvoj fuzzy kontrolera urađen je u Java programskom jeziku.

Abstract: In this paper we have presented fuzzy logical controller that is used in decision making in the process of the best friend in personalized systems for e-learning. The definition of personal requests and wishes on choice of relevant communication and sorting types is enabled by using the suggested controller. We have described in detail the problem of communication between friends on example scenario, while fuzzy controller is programmed in Java.

1. UVOD

U stvarnosti, većina odluka može zavistiti od raznih eksternih i/ili internih faktora. Takve zavisnosti podrazumijevaju uslovljenost između zahtjeva koji su definisani. U personalizovanim sistemima za elektronsko učenje, svaki student može definisati svoje sopstvene želje i tako prilagoditi platformu za učenje prema sopstvenim željama [2][6]. Nedavne studije o društvenoj komunikaciji i saradnji studenata su pokazale veliki uticaj na njihove rezultate i uspjehe [3][4][7]. Imajući sve to u vidu, možemo otići korak dalje, i omogućiti studentima da definišu sopstvene zahtjeve i želje o izboru relevantnih vidova komunikacije, a raspoložive rezultate sortirati korišćenjem metoda i tehnika fuzzy logike [5][8].

U ovom radu, razvijen je fuzzy kontroler nazvan *FuzzyPeer* koji je zasnovan na fuzzy pravilima, praveći cijeli proces automatizovanim, kada je povezan sa Moodle platformom. Razvoj *FuzzyPeer* kontrolera, urađen je u Java programskom jeziku [9][16].

Tačnije, komunikacija među vršnjacima može biti izazvana različitim očekivanjima i potrebama (npr. opšta pitanja oko organizacije časova, pomoć koja je potrebna pri učenju i razumijevanju nekih tema itd.). Nekim studentima, potrebni su hitni odgovori, dok su drugima neophodni odgovori samo dobrih studenata ili apsolvencata.

U radovima [3][5][10] analizirane su mogućnosti formalizacije i tumačenja definisanja prioriteta za odabir najpovoljnijih rezultata različitim alatima i tehnikama. Rezultati su pokazali da ne postoji najbolji način za određivanje rangiranja. Jedan od načina koji može dati odgovor na pomenute zahtjeve je primjena fuzzy logike. Iz ovog razmatranja proizilaze sledeći problemi: (i) karakterizacija vršnjaka pri komunikaciji u skladu sa odabranim kriterijumima, (ii) definisanje specifičnih zahtjeva i želja u skladu sa tim.

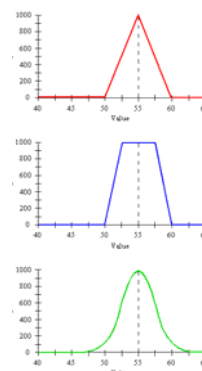
U sledećim poglavljima opisani su teoretski aspekti funkcionisanja fuzzy kontrolera, konkretna potreba za razvojem fuzzy kontrolera, kao i sam razvoj. Na kraju rada

predstavljena su zaključna razmatranja sa posebnim osvrtom na dalja istraživanja u ovom pravcu.

2. FUZZY LOGIKA I FUZZY LOGIČKI KONTROLER

Koncepte fuzzy logike uveo je profesor Lofti Zedeh 1960 godine [1][9]. Fuzzy logika se bazira na teoriji fuzzy skupova, a koja se temelji na "stepenima istine", umjesto uobičajne boolean logike "tačno ili netačno" [11]. Baš kao i ljudsko razumijevanje i fuzzy logika koristi lingvističke promjenljive. Fuzzy logika zahtijeva relacijsku povezanost lingvističkih promjenljivih sa njihovim numeričkim vrijednostima.[1]

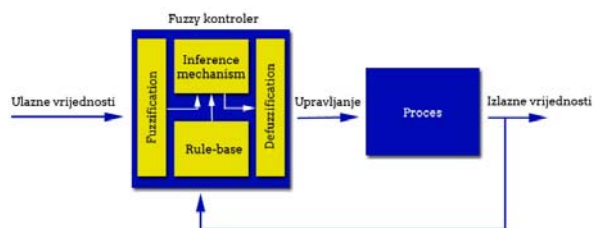
Funkcije pripadnosti imaju ulogu da odrede stepen pripadnosti neke promenljive skupu. Pripadnost jedne promenljive u fuzzy skupu nije precizno definisana, već se pripadnost jedne promenljive mjeri npr. u procentima. Mjere pripadnosti su skalarni i mogu da uzimaju vrijednosti od 0 do 1 [12]. Fuzzy logika razlikuje različite oblike funkcija pripadnosti (Slika 1.) neke promenljive kao što: trougaone, trapezoidne, linearne, Gaussova. [13][18]



Slika 1. Oblici funkcija pripadnosti

Logički fuzzy kontroleri imaju zadatak da prave mapiranje između ulaza i izlaza koristeći metode i tehnike fuzzy logike. Glavni elementi jednog fuzzy logičkog

kontrolera su moduli za: fazifikaciju, logička IF-THEN pravila, interfejs i defazifikaciju kao što je prikazano na Slici 2 [8][9][11].



Slika 2. Glavni elementi fuzzy kontrolera

Blok za fazifikaciju unutar fuzzy kontrolera omogućava skaliranje realnih vrijednosti u fuzzy vrijednosti, dok blok za defazifikaciju omogućava skaliranje fuzzy vrijednosti u realne vrijednosti [10]. Obrada ulaznih vrijednosti vrši se prema logičkim IF-THEN pravilama. Blok za fuzzy pravila omogućava definisanje znanja o tome kako je najbolje kontrolisati rad sistem.

U radovima [8][13-14] možemo naći različite metode i tehnike za projektovanje fuzzy kontrolera, koje bi trebalo da omoguće jasnu metodologiju za ostvarivanje željenih performansi i specifikacija koje kontroler treba da ispuni. Ove metode i tehnike razlikuju se u pristupu, pa se definišu različite grupe fuzzy kontrolera: linearni, robusni, nelinearni, adaptivni, zasnovani na prostoru stanja itd. [11][15]

3. POTREBA ZA FUZZY KONTROLEROM

U ovom dijelu rada prikazana je potreba za implementacijom fuzzy kontrolera predstavljanjem scenarija realnog problema, kao i konkretna implementacija FuzzyPeer kontrolera. FuzzyPeer kontroler sadrži glavne elemente logičkog kontrolera odnosno, blok za fazifikaciju, pravila procjenjivanja i defazifikaciju.

Realna potreba za implementacijom fuzzy kontrolera, zasniva se na potrebi pronalaska potencijalnog i najpogodnijeg vršnjaka za komunikaciju prilikom učenja. Da bi ilustrovali problem komunikacije među vršnjacima u sredini u kojoj uče, prikazaćemo sledeći scenario: Marko je student koji želi hitno naći prijatelja za pomoć za sutrašnji ispit iz programiranja. On preferira dobre studente ili dobre apsolvente sa svog smjera, prijatelje sa dobrim znanjem o programiranju, prijatelje koji brzo odgovaraju. On takođe preferira razgovor na svom materinjem jeziku i nekog ko je zainteresovan za F2F (face-to-face) kontakt. Sve su to Markovi zahtjevi koje on uzima u obzir prilikom odlučivanja kome da se obratiti. S druge strane, svi raspoloživi prijatelji (tj. prijatelji koji nijesu zauzeti, bez preopterećenog broja poruka, isl.) trebaju biti obilježeni na osnovu kriterijuma važnih za Marka: smjer, informacije o polju profesionalne specijalizacije, govorni jezici, brzina odgovora, itd. Na primjer, jedan od dostupnih razgovor sa Markom je Miloš - dobar student sa njegovog smjera, ali ne odgovara brzo na poruke. S druge strane, tu je Maja, koja se profesionalno bavi programiranjem, vrlo brzo odgovara, ali njen maternji jezik nije isti kao Markov. Problem je donošenje zaključka koji učenik više odgovara Marku za razgovor, Miloš ili Maja?

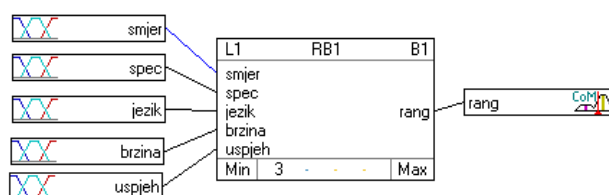
4. RAZVOJ KONTROLERA

Kako bi rangirali vršnjake dostupne za razgovor koristićemo metode fuzzy logike. U definisanju fuzzy IF-THEN pravila, uzećemo u obzir želje, ciljeve učenja i visoko rangirane ciljeve studenta kako bi pronašao odgovarajući prioritet i važnost kriterijuma od svih kriterijuma dostupnih studenata za komunikaciju. Ciljevi na visokom nivou i ciljevi studenta su specificirani i označeni kao fuzzy promjenjive. Svaka fuzzy promjenjiva je označena setom vrijednosti, koje imaju različite mogućnosti opisivanja te promjenjive. Kontroler ima pet ulaznih promjenjivih i to:

- **smjer** (vrijednosti: različit, malo različit, isti),
- **područja profesionalne specijalizacije** (vrijednosti: ista, nije potpuno ista, ali povezane, potpuno različiti),
- **maternji jezik** (vrijednosti: napredni nivo, srednji, početni nivo, nepoznat jezik),
- **brzina odgovora** (vrijednosti: kratka, srednja, duga).
- **studentov uspjeh na fakultetu** (vrijednosti: loš, dobar, vrlo dobar, odličan)

Korišćenjem IF-THEN pravila na osnovu unijetih vrijednosti ulaznih parametara, trebamo rangirati studente za komunikaciju i dodjeliti im izlazne vrijednosti: loš, nije loš, srednji, solidan, pogodan, odličan, extra, student za komunikaciju.

Nakon što smo identifikovali ulazne promjenjive, izlazne vrijednosti je moguće definisati na osnovu fuzzy kontrolera za rangiranje prikazanog na slici 3.



Slika 3. Šema fuzzy kontrolera za rangiranje

Prikazana šema fuzzy kontrolera (Slika 3.) razvijena je u paketu FuzzyTech. Ključni indikatori u modelu su ulazne promjenjive u kontroler sa definisanim pravilima koje procjenjuju izlaznu krajnju vrijednost rangiranja.

Relativna važnost između vrijednosti (ili fuzzy promjenjive) X i Y se definiše s pretpostavkom da je vrijednost (ili fuzzy promjenjiva) X važnija od vrijednosti (ili fuzzy promjenjive) Y kreiran je veći broj fuzzy pravila. Da bi definisali važnost promjenjivih unutar fuzzy pravila definisaćemo sledeće uslove za fuzzy promjenjive:

1. brzina odgovora je puno važnija od istog smjera i dobrih studenata
2. isti jezik je važniji od drugih problema osim brzine odgovora
3. ako je neko dobar ili vrlo dobar student na svom fakultetu, vrijeme odgovora je mnogo važnije od jezika, inače je suprotno.
4. kratko vrijeme odgovora je puno važnija od dugog vremena odgovora i važnije je od srednjeg vremena odgovora;
5. jezik u skupu jezika, sa kojim je neko dobro upoznat (napredni nivo) je važniji od onog koji je samo djelimično upoznat s jezikom (srednji nivo), također, što je izuzetno

važno u odnosu na one koji nisu upoznati sa jezikom uopšte (nepoznat jezik), i ako je neko djelimično upoznat sa jezikom (srednji nivo) je vrlo važniji u odnosu na one koji sa jezikom nisu upoznati uopšte (nepoznat jezik);

6. ako jezik nije jedan od onih sa kojim učenik nije upoznat uopšte (nepoznat jezik), isti smjer je važan;
7. vrlo dobar student je puno prikladniji za komunikaciju nego dobar i izuzetno je važan u odnosu na lošeg studenta;
8. ako su studenti sa istog smjera, dobar student je važniji od lošeg.

Implementacija predloženog fuzzy kontrolera urađena je u Java programskom jeziku sa bibliotekama *jFuzzyLogic* i *JChart*. Biblioteka *jFuzzyLogic* za razvoj kontrolera u Javi omogućava jednostavnije kreiranje dijelova fuzzy kontrolera. Dok korišćenjem biblioteke *JChart* omogućavamo kreiranje grafičkih dijagrama fazifikacije i defazifikacije promenljivih [16]. Koraci koji su odrađeni prilikom razvoja fuzzy kontrolera su:

1. kreiranje fuzzy promenljivih,
2. kreiranje funkcija za fazifikaciju,
3. kreiranje funkcija za defazifikaciju,
4. kreiranje pravila,
5. kreiranje interfejsa,
6. evaulacija pravila.

Kreiranje ulaznih promenljivih primjenom *jFuzzyLogic* biblioteke urađena je na način prikazanom na slici 4, dok je deklarisanje izlazne promenljive urađen kao na slici 5.

```
VAR_INPUT
    SMJER : REAL;
    SPEC : REAL;
    JEZIK : REAL;
    BRZINA : REAL;
    USPJEH : REAL;
END_VAR
```

Slika 4. Primjer deklarisanja ulaznih promenljivih

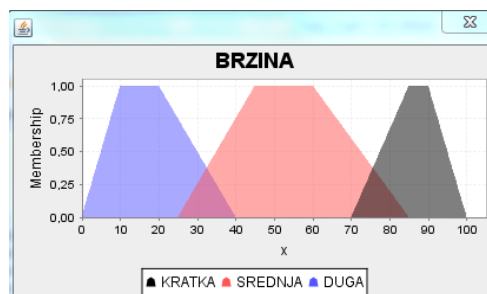
```
VAR_OUTPUT
    RANG : REAL;
END_VAR
```

Slika 5. Primjer deklarisanja izlazne promenljive

Zbog velikog broja definisanih funkcija pripadnosti za promenljive, na slici 6 prikazana je brzina odgovora studenta na postavljena pitanja. Promjenljiva brzina ima, tri opisne vrijednosti koje su u intervalu od 0-100. Ova funkcija pripadnosti je definisana nad trapezoidnim skupom pripadnosti vrijednosti promenljive brzina. Grafički prikaz funkcije pripadnosti brzina prikazana je na slici 7.

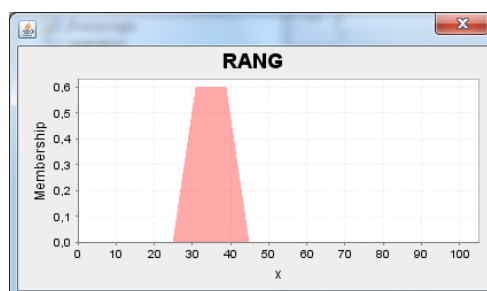
```
FUZZIFY BRZINA
    TERM DUGA := trape 0 10 20 40;
    TERM SREDNJA := trape 25 45 60 85;
    TERM KRATKA := trape 70 85 90 100;
END_FUZZIFY
```

Slika 6. Funkcija pripadnosti za promenljivu brzina



Slika 7. Grafički prikaz funkcije pripadnosti brzina

Kao što se može vidjeti na slici 8 korišćena metoda za defazifikaciju je Maximum (MoM). Korišćenjem ovog metoda izlazne vrijednosti je vrlo lako implementirati u Java aplikacijama [8-11][16][18].



Slika 8. Grafički prikaz defazifikacije

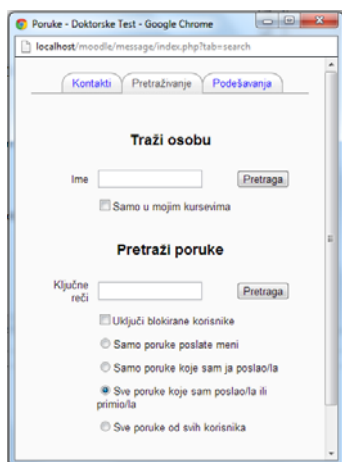
Razvijeni kontroler sadži veliki broj pravila. Najznačajnija pravila koja su definisana prikazana su na slici 9. Prilikom kreiranja pravila u fuzzy kontroleru, treba voditi računa da se maksimalno definiše pet vrijednosti neke ulazne promenljive, koje najbolje opisuju neki pojam [18]. U protivnom, u samom kreiranju pravila može doći do kombinatorne eksplozije [10][14].

```
RULE 1 : IF BRZINA IS KRATKA AND (SMJER IS ISTI OR SMJER IS MALO_RAZLICIT) ..
RULE 2 : IF BRZINA IS KRATKA AND (SMJER IS ISTI OR SMJER IS MALO_RAZLICIT) ..
RULE 3 : IF BRZINA IS SREDNJA AND SMJER IS ISTI AND JEZIK IS SREDNJE AND ..
RULE 4 : IF (BRZINA IS SREDNJA OR BRZINA IS KRATKA) AND SMJER IS ISTI AND ..
RULE 5 : IF BRZINA IS KRATKA AND SPEC IS ISTI OR JEZIK IS NAPREDNI THEN ..
RULE 6 : IF BRZINA IS KRATKA AND JEZIK IS NAPREDNI THEN RANG IS ODLICAN; ..
RULE 7 : IF BRZINA IS KRATKA AND JEZIK IS NEPOZNAT OR JEZIK IS POCETNI) ..
RULE 8 : IF BRZINA IS SREDNJA AND JEZIK IS NAPREDNI AND USPJEH IS ODLICAN ..
RULE 9 : IF BRZINA IS SREDNJA AND JEZIK IS NAPREDNI AND USPJEH IS V_DOBAR ..
RULE 10 : IF BRZINA IS SREDNJA AND JEZIK IS SREDNJE AND USPJEH IS ODLICAN ..
RULE 11 : IF BRZINA IS DUGA AND JEZIK IS NAPREDNI AND SMJER IS MALO_RAZLICIT ..
RULE 12 : IF BRZINA IS SREDNJA AND JEZIK IS POCETNI OR JEZIK IS NEPOZNAT ..
```

Slika 9. Dio definisanih pravila u fuzzy kontroleru

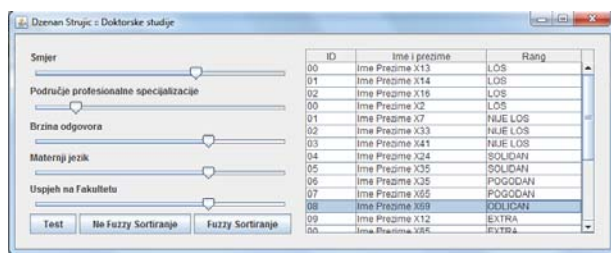
5. IMPLEMENTACIJA FUZZY KONTROLERA

Standardni izgled interfejsa koji se nalazi u Moodle platformi, za preporuku prijatelja prikazan je na slici 10. [17]. Uz korišćenje razvijenog kontrolera ovaj modul može poboljšati svoje mogućnosti. Na taj način, kreiran je interfejs koji implementira predhodno razvijeni fuzzy kontroler. Interfejs aplikacije prikazan je na slici 11 .



Slika 10. Standardni interfejs za pretragu partnera u Moodle okruženju

Nakon poziva kreiranog interfejsa, svi trenutno dostupni korisnici su rangirani prema opadajućem redosledu na temelju dobijenih rezultata primjenom fuzzy kontrolera i student se može odlučiti sa kojim prijateljem će razgovarati. Testiranje kreiranog kontrolera korišćenjem interfejsa predstavlja važnu ulogu. Korišćenjem testnih podataka možemo odrediti pravilnost rada kontrolera kao i opravdanost u određivanju ulaznih i izlaznih promjenljivih i njihovih vrijednosti. Nakon izvršenog testiranja, optimizovanja rada fuzzy kontrolera, interfejsa se može primijeniti nad "živim" podacima u realnom sistemu.



Slika 11. Interfejs pretrage prijatelja sa funkcijom rangiranja uz korišćenje fuzzy kontrolera

6. ZAKLJUČAK

U skoro svakom sistemu za elektronsko učenje postoji opcija razmjene poruka između korisnika sistema. Kada poruke šaljete za pomoć u rješavanju nekog problema, tada očekujete od kolege da vam što prije i bolje odgovori na vaše pitanje. Uvijek prije početka komunikacije, vi pravite rangiranje na osnovu vaših uslova koga prvo da kontaktirate. U radu je predstavljen fuzzy kontroler koji taj proces uspješno automatizuje, i samu proceduru odabira prijatelja podiže na veći nivo. Proces rangiranja urađen je korišćenjem fuzzy logičkih pravila, jer za razliku od klasične logike, fuzzy logika je mnogo bliža ljudskom načinu razmišljanja.

Buduća istraživanja i nadogradnja kreiranog fuzzy kontrolera može se odvijati u više pravaca. Definitivno u budućim istraživanjima treba uključiti mogućnost da jedan student može ocijeniti svakog korisnika nakon komunikacije i taj podatak uključiti kao jedan od uslova za optimalno rangiranje. Osim toga, potrebno je omogućiti da korisnik može odrediti specifične zahtjeve za buduće razgovore. Na

primjer, da može definisati vrstu razgovora (npr. potrebne servisne informacije, potrebna pomoć u razumijevanju, itd.), nivoje hitnosti (npr. extra hitno), itd.

U budućnosti u tom smjeru podrazumijeva se dalje poboljšanje razvijenih usluga i korisnika studija iz različitih tačaka analize, poput jednostavnosti korištenja, poboljšanje procesa učenja, itd.

LITERATURA

- [1] R. Rojas, *Neural Networks*, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
- [2] Dž. Strujić, R. Šendelj, "Architecture of systems for creating dynamically adaptive personalized systems for e-learning using semantic technologies", *2012 International Conference on Education Technology and Computer – ICETC Cape Town*, 2012.
- [3] Z. Jeremić, N. Milikić, J. Jovanović, F. Radulović, M. Brković, V. Devedžić, "OP4L: Online Presence Enabled Personal Learning Environments", *IEEE ERK 2011 conference*, Septembar 2011.
- [4] M. Brković, D. Milošević, Z. Jeremić, "Upotreba društvenih mreža za unapređenje kolaboracije u elektronskom učenju", *Tehnika i informatika u obrazovanju 4. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak*, Jun 2012.
- [5] I. Ognjanovic, R. Sendelj, "Making Judgments and Decisions about Relevant Learning Resources", *IEEE ERK 2011 conference*, Septembar 2011.
- [6] Dž. Strujić, R. Šendelj, "Concepts of modern systems for e-learning based on semantic technologies", *Mediterranean Conference on Embedded Computing IEEE MECO – 2012*, 2012.
- [7] Dž. Strujić, R. Šendelj, "Integriranje eLearning alata i okruženja primjenom web servisa", *Infofest 2011*, Septembar 2011.
- [8] N. Milanović, V. Urošević, "Primena fazi logičkih kontrolera uz pomoć Labview Intelligent Control Toolkit-a", *YuInfo 2011 Kopaonik*, Mart 2011.
- [9] <http://control.etfbl.net/MVI/Fuzzy.pdf>
- [10] G. Klepac, Z. Merkaš, "Provođenje scoringa pomoću fuzzy ekspertnih sustava", *10. konferencija Hrvatske udruge Oracle korisnika Umag*, Oktobar 2005.
- [11] http://automatika.etf.bg.ac.rs/files/predmeti_sa_master_studija/razlicite_primene_fuzzy_logike.pdf
- [12] Z. C. Yildiz, *A Short Fuzzy Logic Tutorial*, Bilkent University, Ankara, April 2010.
- [13] V. Tasić, *Uvod u Fuzzy logiku – Fuzzy sistemi*, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu
- [14] D. Perakovic, V. Remenar, I. Grgurevic, "Possibility of applying fuzzy logic in the e-Learning system", *CECIIS FOI HR*, April 2008.
- [15] M. Nilashi, N. Janahmadi, "Assessing and Prioritizing Affecting Factors in E-Learning Websites Using AHP Method and Fuzzy Approach", *Information and Knowledge Management*, vol 2, pp 46, 2012.
- [16] <http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/index.html>
- [17] <http://moodle.org>
- [18] M. Hellmann, *Fuzzy Logic Introduction*, Laboratoire Antennes Radar Telecom, France

PARALELIZACIJA METODA KONAČNIH TRAKA NA VIŠEJEZGARNIM PROCESORIMA PARALLELIZATION OF FINITE STRIP METHOD ON MULTI-CORE PROCESSORS

Aleksandar Borković, *Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banjaluka*

Sadržaj: U radu se istražuju efekti paralelizacije programskog koda za proračun površinskih konstrukcija na višejezgarnim procesorima. Predmetni proračun je zasnovan na geometrijski nelinearnoj formulaciji von Karmanovog tipa dok je diskretizacija kontinuuma izvršena metodom konačnih traka. Paralelizacija je izvršena u programskom paketu Matematika.

Ključne riječi: paralelizacija, metod konačnih traka, geometrijski nelinearna analiza

Abstract: Parallelization effects of program code for calculation of spatial structures on multi-core processors are investigated. This calculation is based on geometrically nonlinear formulation of von Karman type while discretization of continuum is performed by using the Finite Strip Method. Parallelization is implemented into software package Mathematica.

Keywords: parallelization, Finite Strip Method, geometrically nonlinear analysis

1. UVOD

Proračun građevinskih konstrukcija se standardno sprovodi diskretizacijom kontinualne sredine na konačan broj elemenata. Opšti postupak koji se zasniva na ovoj ideji je metod konačnih elemenata (MKE). S druge strane, ovdje predstavljen metod konačnih traka (MKT) ima znatne prednosti pri analizi određenih klasa konstrukcija [1]. To su uglavnom one kod kojih je jedna dimenzija dominantna u odnosu na druge dvije: ljsuke, ploče, tankozidni nosači itd. Prednost MKT je u manjem potrebnom stepenu diskretizacije te u harmonijskim funkcijama koje se koriste za aproksimaciju polja pomjeranja u podužnom pravcu. Ove funkcije obezbjeđuju kompatibilnost svih izvedenih veličina za razliku od polinoma koji se standardno koriste u MKE.

Linearna analiza obično nije zahtjevnija za savremene računare bez obzira na broj korištenih elemenata/traka. S druge strane, nelinearna analiza, u kojoj se prati pomjeranje konstrukcije tokom deformisanja, zahtijeva znatne računarske resurse te je paralelizacija MKE/MKT programa veoma aktuelno područje istraživanja [2, 3, 4]. Naime, od inženjera se konstantno traže što tačniji i brži proračuni sve kompleksnijih konstrukcija usljed rastućih funkcionalnih, estetskih i ekonomskih zahtjeva.

S obzirom na to da su jeftini višejezgarni procesori već duže dostupni na tržištu, aktuelna je izrada programa koji će moći koristiti sva dostupna jezgra. Paralelizacija MKT programa je u ovom radu urađena u programskom paketu Wolfram Matematika (*Wolfram Mathematica*). Ovaj softver od verzije 7 dozvoljava paralelizovanje procesa na lokalnom računaru, tj. podjelu rada na pojedina jezgra procesora [5]. Paralelno izvršavanje u Matematici je zasnovano na pokretanju i kontrolisanju više radnih (*slave, local*) kernela unutar jednog master kernela. Osnovna funkcija kernela jeste upravljanje resursima računara tj. dozvoljavanje određenim programima da koriste te resurse. Svaka kopija Matematike dolazi sa svim komponentama i alatima potrebnim za

kreiranje i pokretanje paralelnih proračuna. Značajno je što su komponente paralelnog procesiranja skoro potpuno napisane u programskom jeziku Matematika te su nezavisne od hardvera.

2. ODREĐIVANJE RAVNOTEŽE SISTEMA

Primjenom principa o minimumu totalne potencijalne energije Π [1] dobijaju se jednačine ravnoteže

$$\delta\Pi = \frac{\partial\Pi}{\partial\mathbf{q}}\delta\mathbf{q} = 0. \quad (1)$$

S obzirom na to da su varijacije pomjeranja $\delta\mathbf{q}$ po definiciji različite od nule, iz ove jednačine slijedi

$$\frac{\partial\Pi}{\partial\mathbf{q}} = \Psi = 0. \quad (2)$$

Dakle, parcijalni izvodi potencijalne energije po parametrima pomjeranja moraju biti jednaki nuli. Ovim diferenciranjem formiran je vektor neuravnoteženih sila (VNS) Ψ , te se uslov ravnoteže svodi na određivanje konfiguracije mehaničkog sistema u kojoj će sve sile biti uravnotežene.

U ovom radu razmatra se von Karmanova formulacija [1] te je (2) sistem nelinearnih jednačina čije se rješenje mora tražiti nekim iterativnim postupkom od kojih je Njutn-Rapsonov (*Newton-Raphson*) najčešće u upotrebi. Ovaj metod se zasniva na razvoju funkcije u okolini tačke u Tajlorov (*Taylor*) red pri čemu se zadržava samo linerani član

$$\Psi(\mathbf{q}^0 + \Delta\mathbf{q}^0) \approx \Psi(\mathbf{q}^0) + \frac{\partial\Psi}{\partial\mathbf{q}}\Delta\mathbf{q}^0 = \Psi(\mathbf{q}^0) + \mathbf{K}_T(\mathbf{q}^0)\Delta\mathbf{q}^0 \quad (3)$$

$$\Psi = 0 \Rightarrow \Delta\mathbf{q}^0 = -\mathbf{K}_T^{-1}\Psi$$

gdje je sa \mathbf{K}_T označena tangentna matrica krutosti (TMK) sistema koja u stvari predstavlja Hesijan (*Hessian*) totalne potencijalne energije. Ovim je izvršena linearizacija problema, tj. umjesto određivanja kompletne nelinearne funkcije tražimo njene vrijednosti u diskretnim tačkama. Nakon što se odredi tačnije pomjeranje

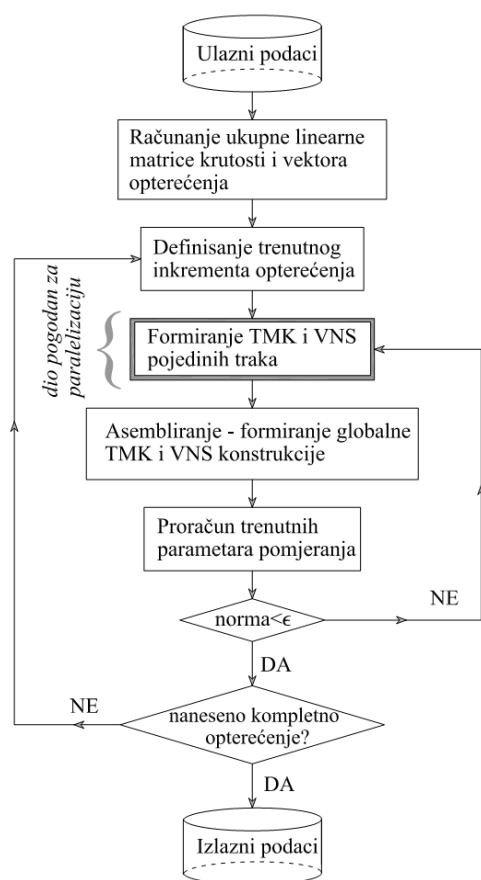
$$\mathbf{q}^1 = \mathbf{q}^0 + \Delta\mathbf{q}^0, \quad (4)$$

formiraju se nova TMK i VNS te se postupak ponavlja dok neki zadani kriterij konvergencije ne bude zadovoljen. Uobičajen kriterij konvergencije jeste da norma vektora neuravnoteženih sila mora biti manja od nekog zadatog malog broja, recimo $\varepsilon=0.001$.

U cilju približnog određivanja cjelokupnog nelinearnog odziva konstrukcije, umjesto samo jednog ravnotežnog položaja, ukupno opterećenje se dijeli na određen broj inkremenata. Povezivanjem rezultata dobijenih za svaki usvojeni inkrement opterećenja približno se opisuje nelinearno ponašanje konstrukcije. Opisani pristup analize sistema predstavlja inkrementalno-iterativnu proceduru.

3. ALGORITAM PRORAČUNA

Algoritam sekvencijalnog geometrijski nelinearnog MKT programa, pripremljenog za paralelizaciju, je prikazan na slici 1. Dio koda koji se nameće za paralelizaciju jeste formiranje TMK i VNS traka, s obzirom na to da su proračuni po pojedinim trakama međusobno nezavisni. Nedostatak ovog pristupa jeste veće zauzeće memorije. Naime, TMK i VNS pojedinih traka za odgovarajuće članove reda moraju biti upamćene prije asembliranja. U slučaju kada se kod izvršava sekvencijalano ove matrice se po formiranju odmah postavljaju u globalne matrice i ne moraju biti pamćene.



Slika 1. Uprošćen dijagram toka nelinearnog MKT programa

Osnovni ulazni podaci standardnog proračuna su geometrijske i materijalne karakteristike konstrukcije te spoljašnje opterećenje. Potom definišemo stepen diskretizacije modela usvajanjem određenog broja konačnih traka i njihovog rasporeda te broja članova reda koje koristimo u proračunu. Na osnovu ovih podataka vrši se proračun integrala potrebnih za formiranje matrica krutosti i vektora opterećenja. Konačno, neophodno je definisati inkremente opterećenja i kriterij konvergencije.

U cilju dobijanja većeg efekta paralelizacije posebno je izdvojen proračun vektora opterećenja i linearne matrice krutosti konstrukcije jer su oni konstantni tokom proračuna. Potom se otvara petlja po inkrementima opterećenja u okviru kojih se vrše iteracije u okviru Njutn-Rapsonove procedure. Mogućnost paralelizacije leži u formiranju TMK i VNS za svaku traku na zasebnom kernelu. Po formiranju svih matrica i vektora vrši se asembliranje (slaganje) matrica pojedinih traka u globalnu matricu i globalni vektor strukture. Tada se određuje trenutni položaj konstrukcije i provjerava se da li je uslov konvergencije zadovoljen. Ako jeste, prelazi se na novi inkrement opterećenja, a u suprotnom se vrši nova iteracija. Postupak se ponavlja sve dok se ne nanese ukupno opterećenje.

Osnovni izlazni podaci MKT programa su parametri pomjeranja u čvornim linijama iz koji se potom mogu izvući svi preostali potrebni podaci: pomjeranja, deformacije i sile u svakoj tački konstrukcije. Takođe, moguće je i sve rezultate predstaviti grafički.

Dimenzije matrice krutosti u MKT zavise od vrste trake, broja čvornih linija (nl) i od broja članova reda (nh). U slučaju trake sa četiri stepena slobode u čvornoj liniji red matrice krutosti je $4nxn \times nnt$. Međutim, broj čvornih linija utiče samo linearno na povećanje vremena potrebnog za proračun dok broj članova reda učestvuje sa četvrtim stepenom. Naime, elementi TMK i VNS su određuju u četverostrukoj petlji po članovima reda [1].

4. MOGUĆNOSTI PARALELIZACIJE

Označimo sa P dio programa koji se može paralelizovati a sa $(1-P)$ dio koji se ne može paralelizovati (ostaje sekvencijalan). Tada je, prema Amadalovom (*Amadahl*) zakonu [6], maksimalno ubrzanje koje se može ostvariti upotrebom N procesora, tj. jezgara

$$S(N) = \frac{1}{(1-P) + \frac{P}{N}} \quad (6)$$

S obzirom na to da učešće dijela koji paralelizujemo u MKT programu teži ka 1 u slučaju velikog stepena diskretizacije slijedi da ubrzanje MKT programa zavisi od kompleksnosti proračuna. Jednostavniji proračuni će biti manje a kompleksniji više ubrzani. Za najintenzivnije proračune ubrzanje može biti veoma blisko broju jezgara N .

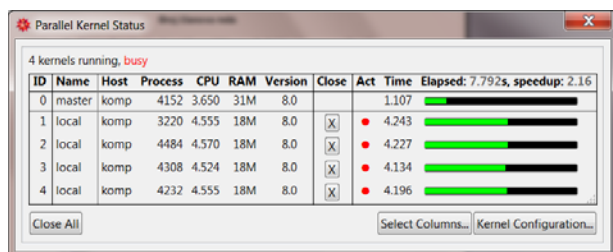
Maksimalno ubrzanje unapređenog sekvencijalnog programa, gdje je jedan dio ubrzan p puta, je ograničeno nejednakošću

$$\text{maksimalno ubrzanje} \leq \frac{p}{1 + f(p-1)} \quad (7)$$

Ovdje je $f(0 < f < 1)$ dio vremena (prije unapređenja) proveden u dijelu koji nije unapređen. Slijedi da je bitno minimizirati veličinu f , što se u MKT programu realno i ostvaruje kada proračun zahtijeva mnogo inkremenata a unutar njih i mnogo iteracija. S obzirom da formiranje TMK i VNS traka uzima većinu vremena provedenog u jednoj iteraciji slijedi da je za kompleksne proračune f blisko nuli. Iz ovoga slijedi da ubrzanje kompletnog MKT programa može biti blisko ubrzanju paralelizovanog dijela.

U predstavljenom istraživanju paralelizacija je izvršena u programskom paketu Matematika 8. Petlja u okviru koje se formiraju TMK i VNS traka je paralelizovana korištenjem ugrađene funkcije *ParallelDo* koja raspoređuje dijelove *Do* petlje na dostupne kernele. Funkcija *SetSharedVariable* je korištena da označi zajedničke promjenljive za radne kernele a to su upravo matrice u koje su pamćene TMK i VNS pojedinih traka za sve članove reda.

Za praćenje efekata paralelizacije zgodno je iskoristiti opciju *Parallel Kernel Status* čiji je karakterističan prikaz dat na slici 2. U njoj se može očitati postignuto ubrzanje sračunato kao odnos između vremena potrebnog za sekvencijalno izvođenje koda i onog utrošenog primjenom paralelnog procesiranja. Takođe su po pojedinim kernelima prikazani broj procesa i zauzeće memorije.



Slika 2. Parallel Kernel Status u slučaju 4 aktivna kernela

Za sagledavanje ukupnog efekta paralelizacije cijelog programa korištena je funkcija *AbsoluteTiming* koja mjeri realno vrijeme potrošeno na određene dijelove proračuna.

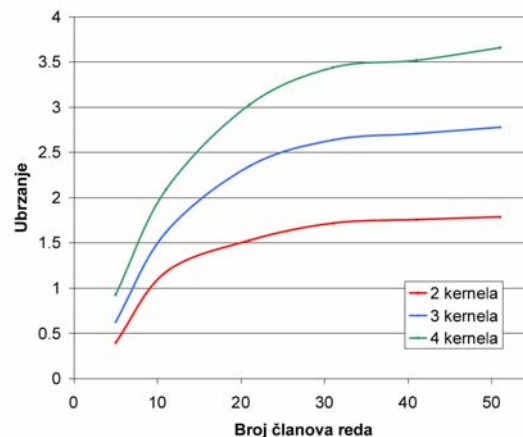
5. NUMERIČKI PRIMJER

U cilju provjere razmatranih teoretskih postavki izvršen je jedan numerički eksperiment. Svi predstavljeni rezultati su dobijeni sa procesorom Core 2 Quad Q6600 na 2.4 GHz, koji je na tržištu od 2007. godine. Realna trenutna cijena ovog procesora je oko 50 EUR. S druge strane, *Starter* verzija Matematike košta oko 500 EUR.

Analizira se čelična elastična ploča ($E=210$ GPa, $\nu=0$) dimenzija 2x4 m koja je slobodno oslonjena po kraćim ivicama. Ploča je opterećena jednako podijeljenim opterećenjem od 200 N/m². S obzirom na to da je usvojeno

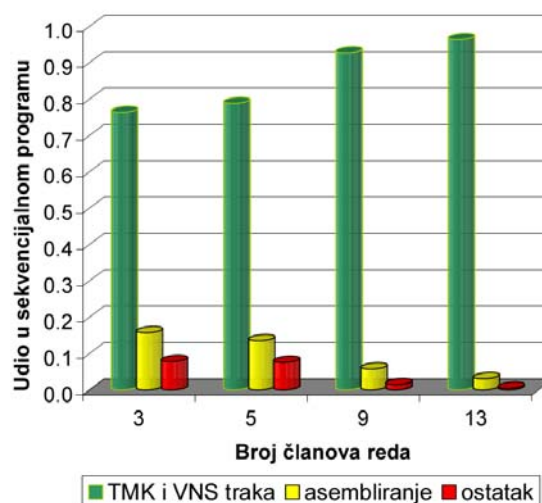
opterećenje simetrično po dužini, analizira se samo uticaj neparnih članova reda jer parni nemaju uticaj [1].

Prvo je posmatrano ubrzanje samo unapređenog dijela programa (p u jednačini 8) u funkciji broja članova reda, slika 3. Broj traka je jednak broju korištenih kernela u cilju sagledavanja maksimalnog mogućeg ubrzanja. S obzirom da ubrzanje varira u pojedinačnim pokretanjima programa, usvojena je aritmetička sredina.



Slika 3. Ubrzanje unapređenog dijela programa

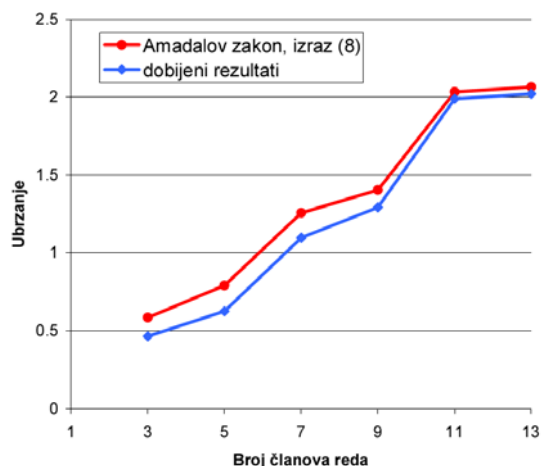
Potom je posmatran realan proračun gdje je u okviru 5 inkremenata opterećenja programu trebala ukupno 31 iteracija da dođe do konvergencije rješenja. Na slici 4 je prikazan udio pojedinih dijelova programa u kompletnom sekvencijalnom proračunu u funkciji broja članova reda pri čemu su korištene 4 konačne trake. Udio formiranja TMK i VNS traka je veličina P u jednačini (7) dok je zbir udjela asembliranja i ostatka veličina f u jednačini (8). Radi orijentacije, vrijeme sekvencijalnog proračuna za 13 članova reda i 4 trake iznosi oko 540 s.



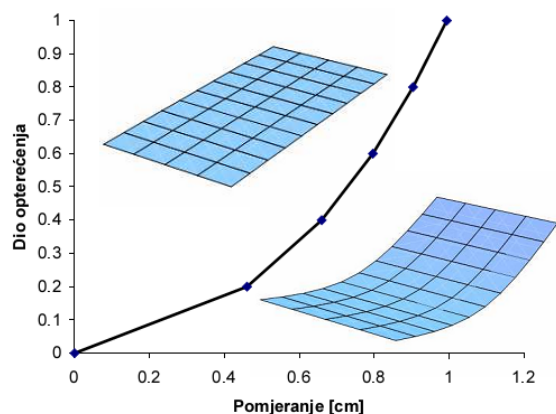
Slika 4. Udio pojedinih dijelova sekvencijalnog programa

Potom je provjereno vrijeme proračuna kompletnog programa prije i nakon paralelizacije. Korištena su 4 kernela,

svaki za po jednu traku. Na slici 5 je prikazano maksimalno ubrzanje programa prema izrazu (8) u funkciji usvojenog broja članova reda. Dobijene vrijednosti su upoređene sa rezultatima dobijenim u ovom eksperimentu. Konačno, na slici 6 je data promjena ugiba srednje tačke ploče u funkciji pet inkremenata opterećenja. Takođe je prikazana i skica ploče prije i poslije deformisanja.



Slika 5. Poređenje jednačine (8) sa dobijenim rezultatima



Slika 6. Zavisnost sila-pomjeranje; skica ploče prije i poslije deformisanja

6. DISKUSIJA

Rezultati prikazani na slici 3 pokazuju da u slučaju kompleksnih proračuna ubrzanje programa teži ka teoretskom maksimumu (7) za određen broj procesora. Dio programa koji je moguće paralelizovati zavisi od broja članova reda koje želimo uključiti u proračun, slika 4.

Broj traka ne utiče znatno na ubrzanje programa ako je jednak cjelobrojnom umnošku broja dostupnih jezgara. U suprotnom, u posljednjem prolazu petlje po trakama neće biti iskorišteni svi dostupni kerneli te se donekle smanjuje efekat paralelizacije što je namjerno isključeno u ovom radu. S obzirom na to da broj traka utiče samo linearno na povećanje obima proračuna, mnogo je interesantnije posmatrati uticaj broja članova reda.

Sa slike 4 je očigledno da dio programa koji se može i jeste paralelizovan teži ka 1 za veliki broj članova reda. Iz ovoga slijedi da efekti paralelizacije mogu biti značajni što je vidljivo sa slika 3 i 5. Naime, na slici 5 se vidi da dobijeni rezultati potpuno prate izraz (8) te da za veliki broj članova reda nejednakost (8) teži ka jednakosti.

Na slici 6 je ukazano da se posmatrana konstrukcija ponaša izuzetno nelinearno te je intenzivan proračun neophodan. Ovdje je korišteno 5 inkremenata opterećenja što je blizu minimuma potrebnog za ovakav proračun.

7. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući širokoj dostupnosti povoljnih višezgarnih procesora danas je moguće značajno ubrzati programske kodove za proračun konstrukcija uz veoma mala ulaganja u hardver. Programski paket Matematika omogućava zgodno programsko okruženje za implementaciju ovakvih pristupa. Iako je početno ulaganje u softver nešto veće, ova jednokratna investicija se može brzo opravdati.

Analizirani efekti paralelizacije MKT programa su značajni i skoro u potpunosti se poklapaju sa teoretskim predviđanjima.

Zahvalnost

Ovaj rad je dijelom podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije; broj projekta: TP 36008.

LITERATURA

- [1] D. D. Milašinović, "The Finite Strip Method in Computational Mechanics", Faculties of Civil Engineering, Subotica, Budapest, Belgrade, Birografika, 1997.
- [2] D. D. Milašinović, A. Borković, Ž. Živanov, P. S. Rakić, M. Nikolić, L. Stričević, M. Hajduković, "Large displacement stability analysis of thin plate structures: Scope of MPI/OpenMP parallelization in harmonic coupled finite strip analysis", Advances in Engineering Software, u štampi, dostupno online na adresi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.advensoft.2012.11.002>
- [3] B. H. V. Topping, A. I. Khan, "Parallel Finite Element Computations", Saxe-Coburg Publications, 1996.
- [4] W. Bangerth, C. Burstedde, T. Heister, M. Kronbichler, "Algorithms and Data Structures for Massively Parallel Generic Adaptive Finite Element Codes", ACM Transactions on Mathematical Software, Volume 38, pp 14.1-14.28, 2011.
- [5] <http://reference.wolfram.com>
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Amdahl's_law

O RAZVOJU SOFTVERA OTVORENOG KODA U CILJU EDUKACIJE INŽENJERA ON OPEN SOURCE SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ENGINEERING EDUCATION

Aleksandar Borković, *Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Banjaluka*

Sadržaj: U radu se razmatra korist razvoja softvera otvorenog koda u cilju obrazovanja budućih inženjera građevinarstva. Dostupnost otvorenih kodova može zainteresovati studente za učenje. Predstavljeno je nekoliko programa izrađenih u okviru diplomskih i završnih radova na AGGF-u.
Ključne riječi: obrazovanje inženjera, softver otvorenog koda

Abstract: Benefit of development of open-source software for the civil engineer education is considered in this Paper. Availability of this programs can motivate students for learning. Some of open-source codes developed on AGGF in scope of student's senior theses are presented.

Keywords: engineering education, open-source software

1. UVOD

Trenutna praksa obrazovanja inženjera građevinarstva podrazumijeva obučavanje studenata radu u vlasničkim softverima za proračun kompleksnih konstrukcija. Proračun se standardno provodi primjenom metoda konačnih elemenata (MKE) u nekom od komercijalnih softverskih paketa: Tower, SAP2000, ABAQUS, ADINA itd. Ovi programski paketi, bez obzira na dostupne priručnike, uglavnom predstavljaju 'crne kutije' za krajnje korisnike. Neophodno je uložiti mnogo truda da bi se ovi paketi koristili sa razumijevanjem.

Posljednjih godina je veoma aktuelno organizovanje nastave uz pomoć računarskih algebarskih sistema (*Computer Algebra System - CAS*). Osnovna karakteristika ovih sistema je da rade sa matematičkim izrazima u simboličkom obliku. Trenutno postoji nekoliko ovakvih sistema na tržištu: MATLAB, Mathcad, Maple, Matematika (*Wolfram Mathematica*) itd. Primjer elegantnog koncepta učenja studenata osnovama teorije plastičnosti pomoću Matematike se može naći u [1]. Kursevi MKE se, međutim, mogu organizovati korištenjem isključivo programa otvorenog koda (*open source software - OSS*) [2] ili otvorenog koda u vlasničkom softveru [3]. Interesantan pristup učenju matematike uz pomoć Matematike je dat u [4].

Na Arhitektonsko-građevinsko-geodetskom fakultetu (AGGF) Univerziteta u Banjaluci, u okviru predmeta Metod konačnih elemenata i Dinamička analiza konstrukcija, posljednjih godina je izrađeno nekoliko jednostavnih OSS za proračun građevinskih konstrukcija. Svi ovi kodovi su napisani u komercijalnom programskom paketu Matematika te može biti upitno da li je riječ o OSS. S druge strane, korištenjem besplatnog Matematika CDF čitača moguće je besplatno proučavati i koristiti ove kodove te slijedi da jeste u pitanju OSS. Treba napomenuti da studentska edicija Matematike košta oko 100 EUR i potpuno je funkcionalna.

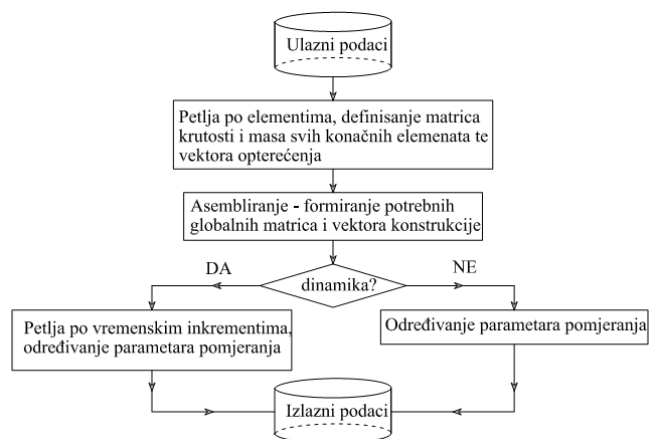
Izrada sličnih kodova je bila tema mnogih radova tokom proteklih decenija, međutim, mnogim od njih nije dostupan izvorni kod. Programi predstavljeni u ovom radu se mogu

preuzeti na zvaničnim stranama predmeta [5, 6]. Prvi koraci na izradi predstavljenog OSS su započeti od strane autora 2006, da bi se posljednjih godina pojavila tendencija da studenti biraju završne radove upravo iz oblasti teorije konstrukcija uz zadatak da razviju sopstveni kod. Predmetni nastavnik i mentor na svim radovima je profesor Dragan Milašinović pri čemu su veliku podršku studenti imali od strane profesora Gligora Radenkovića.

Na internetu je dostupan veliki broj otvorenih MKE kodova [7]. Problem u korištenju ovih kodova jeste da su oni teško razumljivi studentima kojima programiranje nije primarno interesovanje. Upravo ovo je jedan od osnovnih motiva za formiranja jednostavnih kodova čitljivih prosječnom studentu građevinarstva.

2. TRENUTNO RAZVIJEN OSS

Osnovni dijagram toka jednog MKE programa izgleda kao na slici 1. Ipak, svaki od predstavljenih kodova ima svoje specifičnosti. Svi korišteni konačni elementi su zasnovani na Bernoulli-Euler (BO) hipotezi o ravnim presjecima izuzev jednog u kome je uzet u obzir uticaj deformacije smicanja prema Timošenkovoj (T) teoriji.

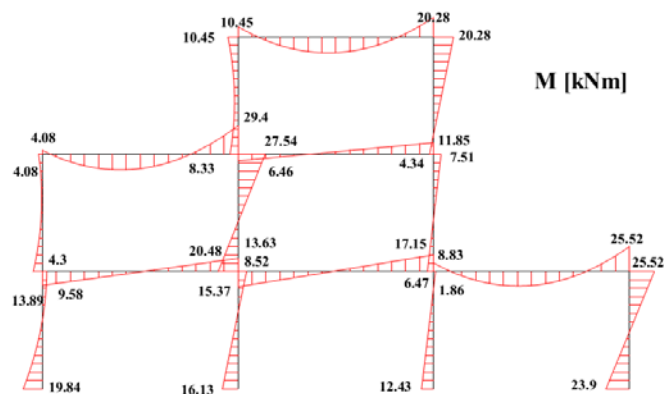


Slika 1. Uprošćen dijagram toka MKE programa

Cilj izrade predstavljenih kodova nije dobijanje efikasnog i optimizovanog softvera, nego jasno implementiranje teorije koja se uči na prvom ciklusu studija u programski kod čitljiv studentima i inženjerima građevinarstva. Ako se u doglednoj budućnosti ukaže prilika za izradu efikasnih softvera tada će ovi kodovi poslužiti kao odlična osnova. Generalno, razvijeni su kodovi za statičku i dinamičku analizu konstrukcija i to za ravanske i prostorne linijske sisteme. Osnovne teoretske postavke na kojima su zasnovani ovi programi se mogu naći u standardnoj literaturi [8, 9, 10, 11]. S obzirom da se u okviru prvog ciklusa studija ne izučavaju površinski nosači, odgovarajući konačni elementi se trenutno proučavaju samo na baznom nivou. Daje se kratak pregled 6 karakterističnih programa. Prva slova oznake definišu da li je element sa uključenim smicanjem (T) ili bez (BO). Potom slijedi definisanje tipa proračuna: dinamički (D) ili statički (S), te na kraju oznaka za nosače u ravni (2D) ili prostoru (3D).

2.1 Statika ravanskih nosača - BOS2D

Ovaj OSS je prvi izrađen, 2010, i njegov kostur je djelo autora da bi potom bio doradivan od strane Saše Kovačevića. BOS2D radi sa tri tipa štapa koji se javljaju u teoriji konstrukcija: obostrano kruto vezanim štapom, štapom sa jedne strane kruto a sa druge zglavkasto vezanim te sa obostrano zgloбно vezanim štapom. Program je specifičan upravo zbog korištenja ova tri tipa štapa jer komercijalni softver uglavnom koriste samo obostrano kruto vezani štap pri čemu se zgloбna veza simulira kratkim štapom smanjene krutosti. Zbog uvođenja tri tipa štapa, program je donekle izgubio na jednostavnosti, ali je sa edukativne strane veoma bitna implemetacija sva tri tipa štapa koja se izučavaju u teoriji konstrukcija. Na slici 1 je prikazan primjer dijagrama momenata savijanja jedne ramovske konstrukcije dobijen ovim programom.



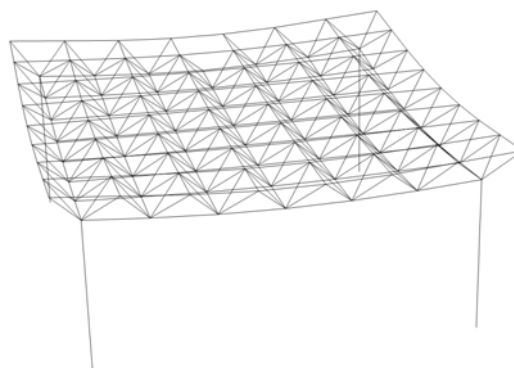
Slika 2. Dijagram momenata savijanja - BOS2D

2.2 Statika ravanskih nosača prema Timošenku - TS2D

U ovom OSS se uzima u obzir i uticaj smičućih deformacija koje dolaze do značaja kod kratkih elemenata. Bitna karakteristika TS2D je da se u njemu koristi pristup modeliranja zgloбnih veza kratkim elementom smanjene krutosti. Kod je na bazi već postojećih izradio Siniša Pijetlović. Zbog upotrebe samo jednog tipa štapa program je veoma jednostavan i zgodan za korištenje u nastavi.

2.3 Statika prostornih nosača - BOS3D

Zbog toga što je riječ o trodimenzionalnom modelu, BOS3D je najkompleksniji OSS od predstavljenih. Izradio ga je Saša Kovačević. Program koristi tri tipa štapa što omogućava analitičko definisanje veze preko sfernog zgloba. Na slici 3 je dat deformisani položaj jedne prostorne krovne rešetke koju je zgodno modelirati u ovom programu.



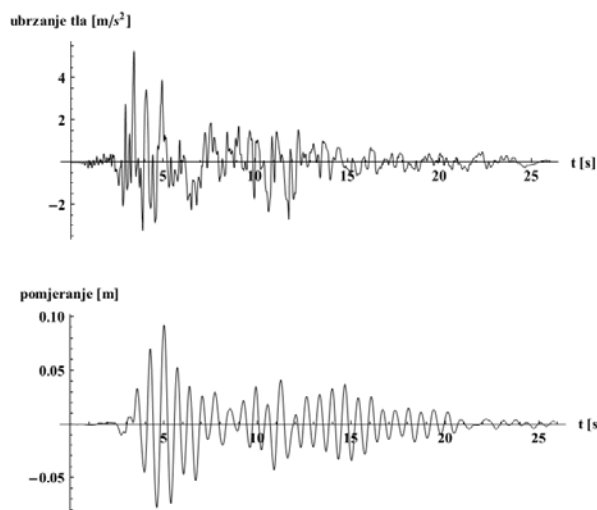
Slika 3. Deformisan oblik prostorne krovne rešetke

2.4 Dinamika ravanskih nosača - BOD2D

Na osnovu postojećih kodova, BOD2D je izradio Radovan Vukomanović uz kasnije izmjene od strane Saše Kovačevića. Karakteristično je da se ovdje jednačina kretanja rješava modalnom superpozicijom. Studentima je posebno interesantna mogućnost animacije svojstvenih oblika oscilovanja modelirane konstrukcije. Jedan primjer stohastičke pobude i odgovora konstrukcije je dat na slici 4.

2.5 Dinamika prostornih nosača - BOD3D

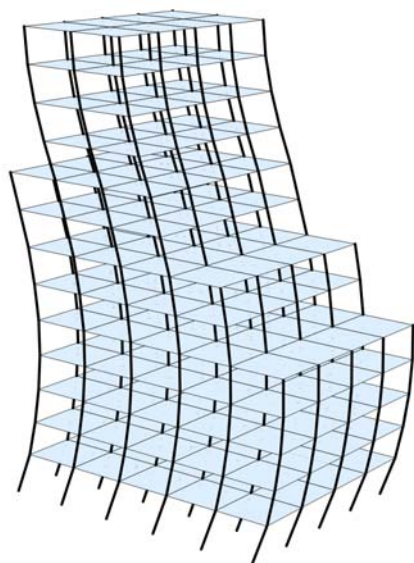
Karakteristično za ovaj OSS jeste da se jednačina kretanja rješava direktnom integracijom pri čemu se može birati između nekoliko različitih postupaka. U programu BOD3D zglobovi se modeliraju elementom smanjene krutosti. Kod je na bazi postojećih izradio Ognjen Mijatović.



Slika 4. Zapis zemljotresa i pomjeranje konstrukcije

2.6 Uticaj zemljotresa na ortogonalne ramovske konstrukcije - BOES3D

BOES3D je napisao Daniel Ilić. Karakteristika ovog OSS jeste da se bazira na važećim propisima za izgradnju objekata u seizmički aktivnim područjima. Iako mu je u osnovi princip MKE, matrica krutosti konstrukcije se izvodi direktnom metodom a proračun se zasniva na metodi *ekvivalentnog statičkog* opterećenja [11]. Svojtveni oblik oscilovanja jedne višespratne konstrukcije dobijen ovim programom je prikazan na slici 5.



Slika 5. Svojtveni oblik oscilovanja višespratne zgrade

3. NEKA RAZMATRANJA O IZRADI OSS

Interesovanje studenata građevinarstva za programiranje je izazvalo veliko iznenađenje među kolegama na AGGF-u. U svjetlu Bolonjskog procesa, studenti koji završe prvi ciklus građevinarstva se posmatraju kao zamjena za dosadašnje građevinske tehničare. Stoga se smatra da im teoretska znanja nisu od primarnog značaja. Međutim, određen broj studenata se svake godine zainteresuje za teoriju konstrukcija kao i za njenu implementaciju u okviru odgovarajućeg programskog koda. Na slici 6 su data imena i broj studenata koji su radili OSS na AGGF-u u posljednje tri godine.

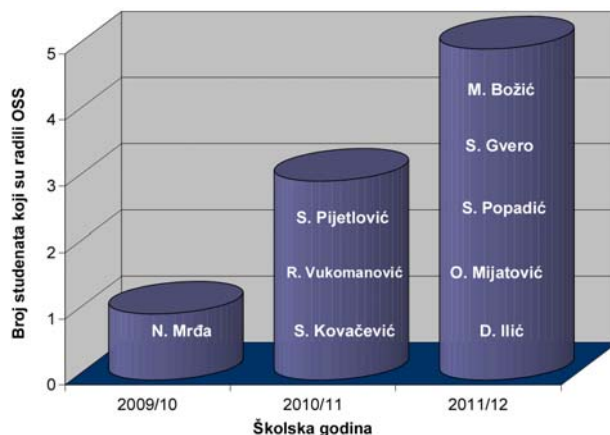
Inženjerski posao zahtijeva formiranje i upotrebu algoritama te je automatizacija proračuna oduvijek bila neophodna. Mnogi iskusni građevinski inženjeri su napravili baze svojih programa, često rađenih u Excelu. Sa razvojem novih tehnologija i softvera neophodno je prilagoditi se i uzeti ono najbolje što se nudi. Upotreba CAS programskih paketa postaje neophodnost u obrazovanju a istovremeno mogu biti veoma koristan alat u rukama inženjera.

Jedan od osnovnih načina za osposobljavanje za rad u praksi, pored same prakse, jeste posmatranje i razumijevanje zavisnosti izlaznih podataka od ulaznih. U pitanju je takozvano *stvaranje osjećaja* za posmatrani problem. Upravo ovo omogućava izrada i proučavanje predstavljenog OSS.

Primjedba na predstavljeni pristup može biti to što se studenti odvlače od praktičnih predmeta koji će većini biti osnova u profesionalnoj praksi. Međutim, ovaj argument ne stoji jer studenti koji ovladaju strukturom MKE programa su svakako u stanju da lako savladaju i praktične aspekte proračuna građevinskih konstrukcija koji se zasnivaju na aktuelnim propisima i definisanim algoritmima.

Inženjeri građevinarstva prvog ciklusa, svidalo se to nekom ili ne, sve više koriste gotove softverske pakete za proračun konstrukcija. Veoma je važno razviti kod studenata zdravu dozu skepticizma prema rješenjima koja dobijaju vlasničkim softverom te ukazati na značaj mogućnosti provjere dobijenih rezultata. Da bi oni to mogli uraditi, neophodno je razviti im fundamentalno razumijevanje mnogih oblasti. Lakše je zainteresovati studente za gradivo ako im se omogući uvid u to kako stvari funkcionišu te ukaže da princip nije prekomplikovan. Ovakvim pristupom ćemo dobiti studente koji razvijaju softver i koji će svakako sakupiti značajnu količinu znanja. S druge strane, manje zainteresovani studenti se ne moraju baviti programiranjem ali se od njih traži da kroz jednostavne primjere nauče osnovne koncepte na kojima se zasniva vlasnički softver. Tako grade osnovu za kritički pristup dobijenim rezultatima.

Bitna prednost izrade sopstvenih programa jeste mogućnost njihovog modifikovanja. Tako je, recimo, veoma jednostavno staviti kompletan program u petlju po nekoj veličini te izvršiti parametarsku analizu u potrazi za optimalnom konstrukcijom.



Slika 6. Broj studenata koji su radili OSS u okviru završnog rada na AGGF-u po školskim godinama

Značajno je napomenuti elegantan način izvođenja jednačina i rješavanja zadataka teorije konstrukcija u interaktivnom programskom paketu kakav je Matematika. Studenti mogu da mijenjaju ulazne parametre i posmatraju šta se dešava sa izlazom. Lakše je učiti kada se koncepti predstavljaju interaktivno. Prije pojave CAS-a studenti su provodili većinu vremena računajući zadatke a veoma malo na izvođenju jednačina te analizi i obradi rezultata.

Ostaje pitanje da li predstavljeni pristup generalno daje značajnu ili inkrementalnu korist studentima.

4. ZAKLJUČAK

Izrada softvera otvorenog koda, čitljivog za neprogramere, je probudila veliko interesovanje među studentima građevinarstva. Mnogi od njih su u kratkom roku odlučili da završne radove prvog ciklusa rade iz teorije konstrukcija pri čemu je jedan od zadataka bio upravo programiranje ovih jednostavnih i korisnih kodova. Budući inženjeri građevinarstva koji shvataju principe na kojima se zasniva vlasnički softver će lakše naći kvalitetne načine za modeliranje i proračun konstrukcija od onih koji softverske pakete koriste po principu 'crne kutije'.

Razvoj sopstvenih softvera je veoma bitan, pogotovo u zemljama u razvoju. To je jedna od rijetkih oblasti u kojoj naša tehnološka zaostalost ne igra veliku ulogu te se uz veliku količinu rada možemo ravnopravno uključiti u svjetske tokove.

Zahvalnost

Zahvaljujem se svim kolegama koji su doprinijeli da predstavljeni OSS bude napravljen.

Ovaj rad je dijelom podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije; broj projekta: TP 36008.

LITERATURA

- [1] Y. Jiang, C. Wang, "On Teaching Finite Element Method in Plasticity With Mathematica", Computer Applications in Engineering Education, vol 16, No 3, 2008, 233-242
- [2] W. A. Siswanto, A. S. Darmawan, "Teaching Finite Element Method Of Structural Line Elements Assisted By Open Source Freemath", Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 4(10), pp 1277-1286, 2012
- [3] S. Pomeranz, "Using a Computer Algebra System to Teach the Finite Element Method", International Journal of Engineering Education, Vol. 16, Part 4, pp 362-368, 2000.
- [4] M. Tasić, P. Stanimirović, I. Stanimirović, M. Petković, N. Stojković, "Some useful Mathematica Teaching examples", Facta Universitatis, Ser. Elec. Energ., vol 18, No. 2, pp 329-344, April 2005.
- [5] <http://agfbl.org/predmeti/dak>
- [6] <http://agfbl.org/predmeti/mke>
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_finite_element_software_packages
- [8] M. Sekulović, "Metod konačnih elemenata", Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [9] M. Sekulović, "Teorija linijskih nosača", Građevinska knjiga, Beograd, 2011.
- [10] G. Radenković, "Statika linijskih nosača", Građevinska knjiga, Beograd, 2011.
- [11] B. Ćorić, S. Ranković, R. Salatić, "Dinamika konstrukcija", Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1998.

IMPLEMENTACIJA ESTIMATORA LOKALNE FREKVENCIJE NESTACIONARNIH MULTIDIMENZIONALNIH FM SIGNALA

IMPLEMENTATION OF THE LOCAL FREQUENCY ESTIMATOR OF THE NONSTATIONARY MULTIDIMENSIONAL FM SIGNALS

Veselin N. Ivanović, Nevena Radović, Marko Božović, Zdravko Uskoković, *Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: *U radu je predstavljen estimator lokalne frekvencije nestacionarnih dvodimenzionalnih (2D) FM signala. Dizajnirani sistem se oslanja na prostorno-promjenljivi pristup u analizi 2D nestacionarnih signala u realnom vremenu, koristeći prostorno-frekvencijske metode bazirane na 2D Wigner-ovoj distribuciji, oslobođenoj prisustva kros članova. Estimacija se implementira funkcijom pokretne matrice i nizom komparatora, čijom upotrebom se određuje prisustvo lokalne frekvencije u posmatranoj tački 2D signala. Osim toga, razvijeni estimator dozvoljava višestruku detekciju lokalne frekvencije u posmatranoj tački 2D signala, što ga čini pogodnim za primjenu u slučaju multikomponentnih signala. Imajući u vidu da lokalna frekvencija predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika 2D signala, opseg njene primjene je veoma širok. Naš dizajn je verifikovan kroz primjenu u real-time filtriranju nestacionarnih multikomponentnih 2D signala, koji su izloženi uticaju intenzivnog bijelog šuma.*

Abstract: *Local frequency estimator of the nonstationary two-dimensional (2D) FM signals is developed in this paper. The developed system uses a space-varying approach in real-time analysis of 2D nonstationary signals, related to the space/spatial-frequency (S/SF) domain tool based on the 2D cross-terms-free Wigner distribution. The estimation has been implemented by the sliding matrix operation and comparison function, which determines the presence of local frequency in the observed 2D signal point. Moreover, the developed estimator permits multiple local frequency detection in the observed 2D signal point, which makes it suitable for application in the multicomponent signal's case. As one of the most important signal characteristic, the local frequency has wide range of usage. We have proven our design through the application in the real-time filtering of nonstationary multicomponent 2D FM signal exposed to the high white noise.*

1. INTRODUCTION AND THEORETICAL BACKGROUND

Local frequency (LF) represents one of the most important characteristics of 2D signals, which has wide range of usage in practice. Therefore, it is very important to be able to perform it's estimation in a high quality manner.

Here we propose a real-time LF estimator based on the 2D cross-terms-free Wigner distribution (2D CTFWD) real-time design, [1]. Namely, conventional time-invariant or frequency-invariant analysis of 2D nonstationary signals cannot produce satisfactory results, because these signals are usually spread across a wide range of frequencies. More efficient processing of these signals requires a space-varying approach, which can be defined by using the common S/SF domain tools based on the space/spatial-frequency distributions (S/SFDs). Among all S/SFDs, 2D CTFWD preserves optimal (2D WD) auto-terms representation, but without cross-terms presence. In this way and based on the fact that 2D FM signals concentrate energy in auto-terms around LFs, 2D CTFWD simultaneously optimizes LF estimation characteristics in comparison to the commonly used 2D S/SFDs, [1], [2]. Besides, 2D CTFWD minimizes calculation complexity, is defined based on the 2D STFT elements and has been already implemented in real-time, [2].

In practice, the LF estimation has to be performed based on a single realization of noisy signals. In the S/SF analysis framework, this is done by determining frequency-frequency (FF) points $\vec{k}_i, i = 1, \dots, q$ where S/SFD of the noisy signal has local maximum, [3],

$$LF_i(\vec{n}) = \arg[\max_{\vec{k} \in Q_{\vec{k}_i}} S / SFD_x(\vec{n}, \vec{k})]. \quad (1)$$

In (1), $Q_{\vec{k}_i}$ is the basic region in FF plane around $f_i(\vec{n})$, the LF of which is $LF_i(\vec{n})$.

In this paper, real-time design of an optimal nonstationary 2D LF estimator (1) will be developed based on the available 2D CTFWD real-time design and on the real-time estimation algorithm, implemented through the sliding matrix operation and the comparison function.

2. IMPLEMENTATION OF THE LOCAL FREQUENCY ESTIMATOR

The 2D real-time LF estimator design, principally following (1), is presented in Fig.1. The 2D CTFWD elements are produced in the already available 2D CTFWD

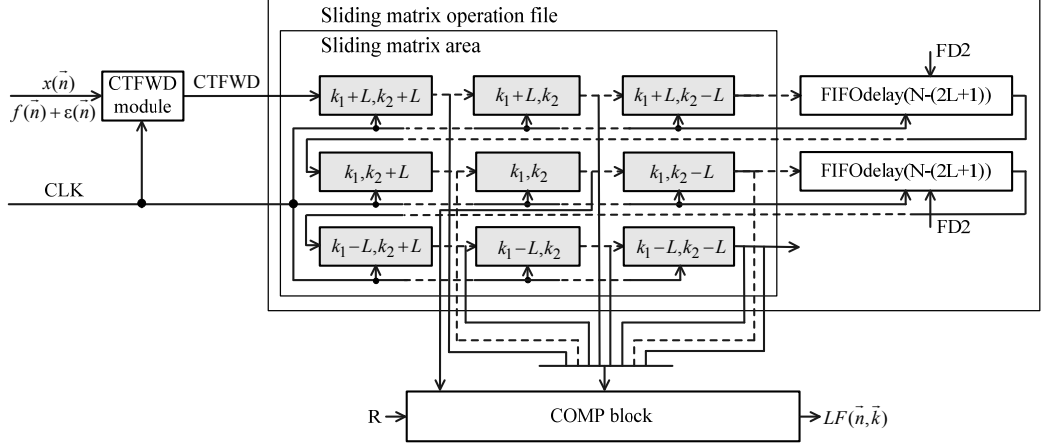


Fig.1. 2D LF estimator real-time design.

module, [2]. The LF estimator generates $LF(\bar{n}, \bar{k})$ by following the procedure, graphically shown in Fig.2. It tests an LF existence in the FF point (k_1, k_2) , $k_1, k_2 = -N/2+1, \dots, N/2$, for the observed signal point (n_1, n_2) , by grouping frequency-only-dependent 2D CTFWD elements, symmetrically distributed around (k_1, k_2) , $CTFWD_x(\bar{n}, k_1 + L, k_2 + L), \dots, CTFWD_x(\bar{n}, \bar{k}), \dots, CTFWD_x(\bar{n}, k_1 - L, k_2 - L)$, into matrix Q, implemented through the sliding matrix area, sized $(2L+1) \times (2L+1)$ locations. In this way, the basic region $Q_{\bar{k}}$ (from eq.(1)) is created, enabling LF estimation. The LF is detected in the FF point (k_1, k_2) corresponding to the maximum matrix element, but only in case that

– the maximum matrix element is:

- (i) the central matrix element, $CTFWD_x(\bar{n}, \bar{k})$,
- (ii) greater than the introduced spectral floor R , and

– the matrix Q size satisfies:

$$2 \cdot \max_{1 \leq i \leq q} \{A_i\} \leq 2L + 1 < \sqrt{2} \cdot \min_{1 \leq i, j \leq q, i \neq j} |LF_i(\bar{n}) - LF_j(\bar{n})| \quad (2)$$

where A_i , $i=1, \dots, q$ are different widths of the non-overlapping 2D CTFWD auto-terms.

The condition (i) combined with the first inequality from (2) has to be met to ensure that:

(a) All points (k_1, k_2) from the observed auto-term, including the true LF, have the corresponding 2D CTFWD elements inside the matrix Q when the LF existence in each of these points is investigated, making the minimal (noise-only-dependent) estimation error inside the 2D CTFWD auto-terms' domains; (b) For each auto-term and each signal point (n_1, n_2) , only one point (k_1, k_2) can be detected as an LF, reducing the influence of the frequency discretization on the estimation quality, [3].

The condition (i) combined with the second inequality from (2) ensures detection of an LF of each signal component separately in the observed signal point (n_1, n_2) , enabling the LF estimation in the multicomponent signal case.

The condition (ii) has to be met to suppress the noise influence outside the 2D CTFWD auto-terms' domains. Spectral floor, determined as a few percent of the maximum

2D CTFWD value, is selected based on a priori knowledge about the digital signal's range, determined by the optimal usage of the available memory locations, [2].

After the execution in the point (k_1, k_2) , this procedure is repeated for the next FF point $(k_1, k_2 + 1)$ from the same signal point (n_1, n_2) . The $CTFWD_x(\bar{n}, k_1 + L, k_2 + L + 1)$ element is imported to the matrix Q area, shifting to the right the existing matrix elements for one position, Fig. 2. In this way, matrix Q slides for one position over frequency-only-dependent 2D CTFWD elements, creating the next basic region $Q_{(k_1, k_2 + 1)}$. $2L$ FIFO delays from the sliding matrix operation file (Fig.1) provide real-time sliding of the matrix Q and, therefore, the real-time LF detection. For each point (n_1, n_2) , the real-time LF detection is performed by sliding matrix Q over all frequency-only-dependent 2D CTFWD input elements and by LF computing according to the input elements and the described procedure. The COMP block, Fig.1, tests conditions (i)–(ii) of the procedure and, if they are satisfied, detects LF in (\bar{n}, \bar{k}) , determined by $LF(\bar{n}, \bar{k}) = 1$.

Wide frequency range (2), obtained in the case of highly concentrated, non-overlapping 2D FM signals, implies the robustness of the LF estimation with respect to the L value. Therefore, application of the matrix Q of several locations is usually sufficient.

3. TESTING

The basic parts of the architecture shown in Fig.1 are the sliding matrix area and the COMP block unit. The sliding matrix area is used to provide movement through the CTFWD samples to create address order of the COMP block's inputs, and to enable the LF generation for the observed time and frequency instant. We will explain, in details, the sliding matrix function as well as the COMP block unit and present the results of the LF estimator, simulated via ModelSim Altera 6.3g_p1 software.

Sliding matrix operation file consists out of sliding matrix area and of $2L$ FIFO delays. Registers from the sliding matrix area contains the 2D CTFWD elements, imported from the

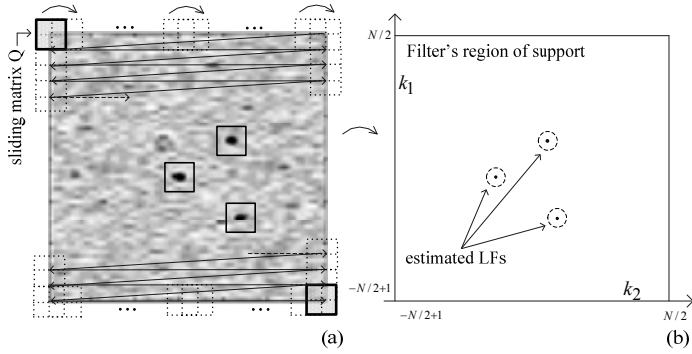


Fig.2. Procedure of the matrix Q sliding (a) and of the FRS production (b)

3.8	6.1	9.0	12.0	15.5	5.1	-10.2	15.3	20.4
25.5	7.6	14.7	8.8	28.9	35.0	-11.2	8.3	3.4
4.7	5.6	87.1	96.5	19.2	45.1	10.2	39.0	0.5
8.8	43.0	5.7	90.0	11.6	32.4	40.0	8.6	12.0
8.0	4.6	-13.3	72.0	-10.0	0.0	23.0	1.0	1.5
2.5	-9.0	14.0	-5.1	8.2	-5.0	-10.0	42.1	33.9
-3.19	-6.5	-3.5	12.9	7.4	7.3	3.1	47.0	23.5
0.5	-6.2	78.0	16.3	9.2	-15.0	66.7	22.1	5.9
-7.9	12.6	87.3	56.1	22.0	19.0	-5.4	-3.2	0.7

Fig.3. Test CTFWD matrix for $N=9$. Boxed window is corresponding to the window noted with Cursor 1 on Fig. 4.

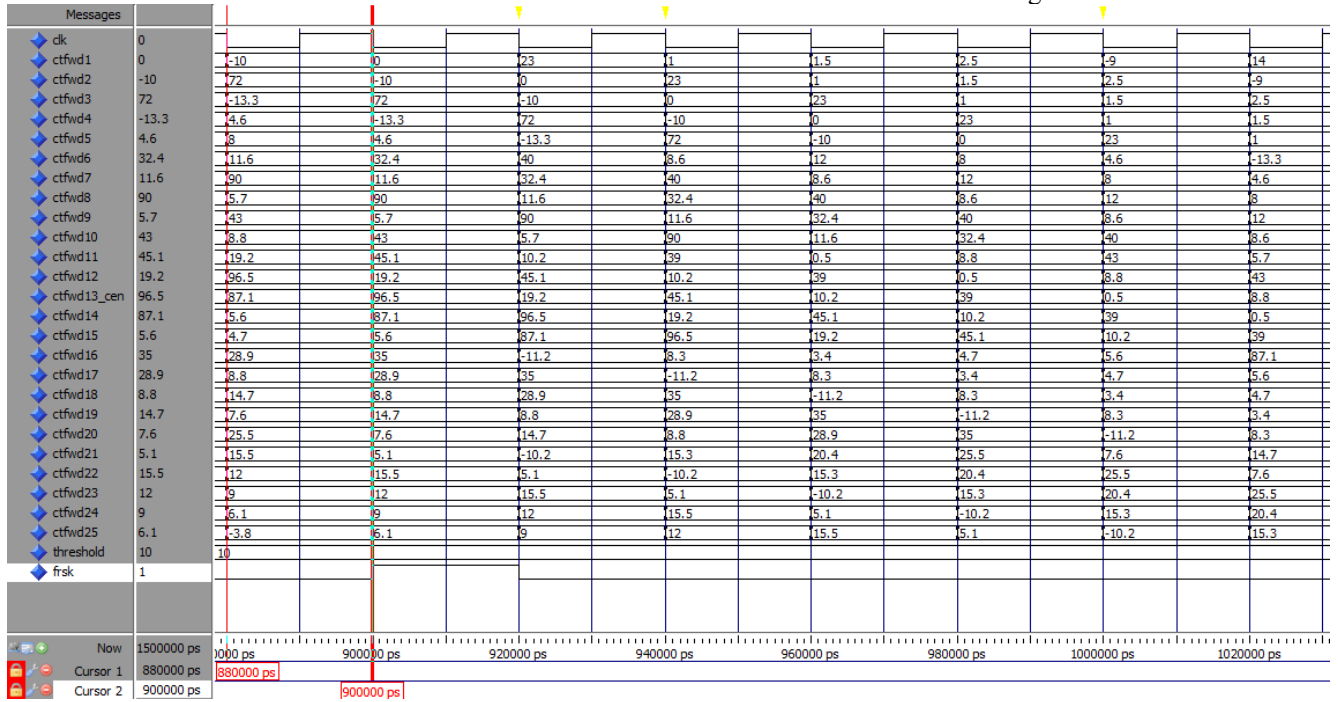


Fig.4. Results of FRS detection for test CTFWD matrix, implemented in real-time and presented for $2L+1=5$. Cursor 1 denotes the time instant when the first data window is read in. Cursor 2 denotes the time instant when the FRS is detected.

CTFWD module. As seen in Fig. 1, the element $CTFWD_x(\vec{n}, k_1 + L, k_2 + L + 1)$ is a 2D CTFWD input element (CTFWD signal in Fig. 1), that will be loaded in the first element (register) of the sliding matrix area. At the same time, each element of the sliding matrix area row $k_1 + L$ (as well as rows $k_1 + L - 1, k_1 + L - 2, \dots, k_1 - L$) will be shifted by FIFO registers, to generate the 2D CTFWD elements in time index $(k_2 + L - 1, k_2 + L - 2, \dots, k_2 - L)$. The $2L$ FIFO delays are used to generate the 2D CTFWD elements of the sliding matrix register block column $k_2 + L$ in time index $(k_1 + L - 1, k_1 + L - 2$ and $k_1 - L)$. It means that for each described step, a new 2D CTFWD element will be shifted into the sliding matrix area and, consequently, sliding of the actual sliding window from Fig.2 for one position right will be performed.

Fig.4 presents results of the real-time simulation, that demonstrates the LF detection for the case of test 2D CTFWD matrix, given in Fig.3. To enable representation and

understanding of the simulation results, the small matrix dimensions of $N \times N = 9 \times 9$ and the small sliding matrix area of $(2L+1) \times (2L+1) = 5 \times 5$ are observed.

4. VERIFICATION

Verification of the proposed design will be performed through real-time filtering of the 2D nonstationary multicomponent signal exposed to the high white noise.

Optimal nonstationary 2D filtering, obtained by expanding the corresponding 1D filtering definition, [3]-[6], related to the 2D WD, [3]-[7], and used to overcome distortion of the filtered FM signal, [3], is defined as:

$$(Hx)(\vec{n}) = \sum_{\vec{k}=-N/2+1}^{N/2} L_H(\vec{n}, \vec{k}) STFT_x(\vec{n}, \vec{k}) \quad (3)$$

where $L_H(\vec{n}, \vec{k})$ is the filter's region of support (FRS, Weyl symbol of the filter's impulse response, [3]-[6]),

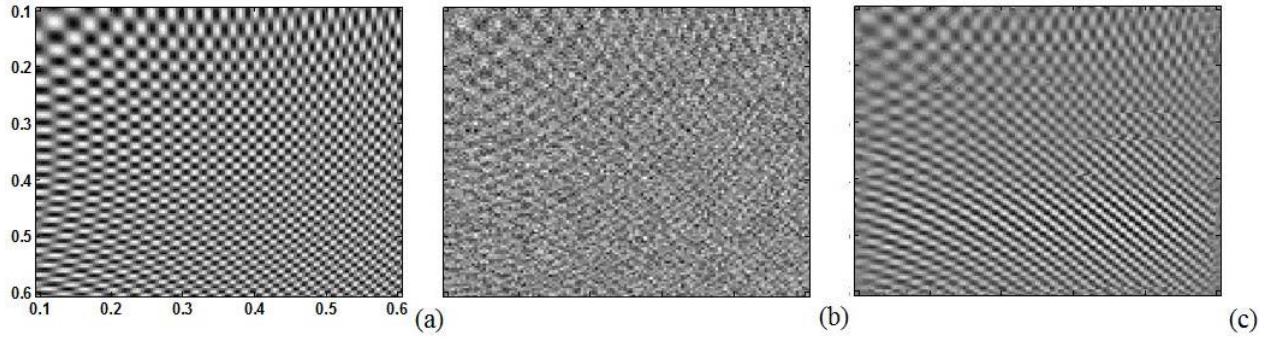


Fig.5. (a) Non-noisy 3-component test signal (4), (b) Noisy signal (4), (c) Output signal of the proposed S/SF filtering design.

$STFT_x(\vec{n}, \vec{k})$ is the 2D short-time Fourier transformation of the noisy q -component signal $x(\vec{n}) = \sum_{i=1, \dots, q} (f_i(\vec{n})) + \varepsilon(\vec{n})$,

$N \times N$ is the 2D signal duration, and $\vec{n} = (n_1, n_2)$.

In the case of FM signals $f_i(\vec{n}), i = 1, \dots, q$, highly concentrated in the S/SF area around their LFs, and of a widely spread white noise, the FRS corresponds to the combination of LFs of signals $f_i(\vec{n})$, [3]. Then, the optimal filtering problem of nonstationary 2D FM signals can be reduced to the LF estimation in a noisy environment.

Three-component 2D test signal:

$$f(n_1T, n_2T) = e^{j(130\pi((n_1T)^2 + (n_2T)^2))} + e^{-100j(\cos(\pi n_1T) - \cos(\pi n_2T))} + 0.1e^{j(10\pi((n_1T+10)^2 + (n_2T+10)^2))}, \quad (4)$$

has been considered within the time interval $0.1 \leq n_1T \leq 0.6$, $0.1 \leq n_2T \leq 0.6$. Signal (4) has been masked by high white noise such that $SNR_{in} = 10 \log(P_f/P_\varepsilon) = -0.3$ [dB]. A sampling interval of $T = 0.5/128$, the Hanning lag window $w(\vec{m})$ used in the $STFT_x(\vec{n}, \vec{k})$ calculation, signal duration of $N \times N = 64 \times 64$, $R = 0.05 \cdot \max_{\vec{n}, \vec{k}} \{CTFWD_x(\vec{n}, \vec{k})\}$, $2L+1=9$, and reference level used in the 2D CTFWD calculation (see [1]) of $0.01 \cdot \max_{\vec{n}, \vec{k}} \{|STFT_x(\vec{n}, \vec{k})|^2\}$ are applied.

Simulation results are presented in Fig.5. Very high output SNR of $SNR_{out} = 29.49$ [dB], i.e. very high SNR improvement of $SNR_{out} - SNR_{in} = 29.79$ [dB] (out of theoretically maximum SNR improvement in the 3-component signal case of $10 \log(N \times N/3) = 31.35$ [dB]) has been achieved.

5. CONCLUSIONS

Special purpose hardware design of the local frequency estimator of nonstationary multicomponent 2D FM signals has been developed here. It could be used as a solution (or a solution part) in many significant practical applications, such as filtering of nonstationary multicomponent 2D FM signals exposed to the high noise influence. System designed in this way provides high quality filtering, based on the highest quality LF/FRS estimation. Besides, using the signal adaptive multiple-clock-cycle implementation of the CTFWD module, [2], already implemented on an integrated chip, make the

observed S/SF filter capable of performing filtering in real-time and to be implemented on an integrated chip.

The observed LF estimation-based S/SF filtering solution outperforms existing filtering approaches. Precisely, the available S/SF filtering approach, [3], based on a statistical method that compares biases and variances of S/SFDs with extremely different numbers of filtered signal elements, requires quite computationally complex and highly time consuming FRS detection and, therefore, cannot be applied in real-time. As well, possible linear and nonlinear S/SF filters, designed in the single-clock-cycle manner and by expanding corresponding 1D solutions, [7], as quite hardware complex solutions, cannot be implemented on the integrated chips.

REFERENCES

- [1] V. N. Ivanović, S. Jovanovski, "Signal adaptive method for improved space/spatial-frequency representation", *Electronics Letters*, Vol. 45, No. 19, pp. 1003-1005, Sept. 2009.
- [2] V. N. Ivanović, S. Jovanovski, "Signal adaptive system for space/spatial-frequency analysis", *EURASIP J. Advances in Signal Process.*, vol. 2009, pp. 1-15, 2009.
- [3] LJ. Stanković, "Space/spatial-frequency analysis based filtering", *IEEE Trans. Signal Process.*, Vol. 48, No. 8, pp. 2343-2352, Aug. 2000.
- [4] G. Matz, F. Hlawatsch, "Linear time-frequency filters: Online algorithms and applications", in *Applications in Time-Frequency Signal Processing* (A. Papandreou-Suppappola, Ed.), CRC Press, 2002, pp.205-271.
- [5] F. Hlawatsch, G. Matz, H. Kirchauer, W. Kozek, "Time-frequency formulation, design and implementation of time-varying optimal filters for signal estimation", *IEEE Trans. Signal Process.*, Vol. 48, No. 5, pp. 1417-1432, May 2000.
- [6] R.G. Shenoy, T.W. Parks, "The Weyl correspondence and time-frequency analysis", *IEEE Trans. Signal Process.*, Vol. 42, No. 2, pp. 318-331, Feb. 1994.
- [7] G. Matz, F. Hlawatsch, "Linear time-frequency filters", in *Time-Frequency Signal Analysis and Processing* (B. Boashash, Ed.), Prentice Hall, 2002.

USPOREDBI NA PERFORMANSE UMJETNE GRANICE P3 I P4 STACEY OVISNO O INTERVALU COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF THE ARTIFICIAL BOUNDARIES P3 AND P4 STACEY DEPENDING ON INTERVAL

Zoran Zlatev, Vlado Gicev, Vasko Kokalanov, Gabriela Suteva, University "Goce Delcev" Faculty of Computer Science

Sadržaj: Ovaj rad predstavlja istraživanje obavljanje umjetne granice P3 i P4 od Stacey ovisno o intervalu od visine računalne mreže. Razmak između mreže točaka se mijenja stalno i tablice prikazani su u nastavku. Uvod, model, rezultati, zaključak i reference radu prikazani su u nastavku. Analitičke metode omogućuju nam da modelirati puno procesa u istraživanje zemlje i da uživati u značajnom uspjehu u studiju o trajnim deformacijama kao i za propagiranje valova za dugo vremena. U stvarnosti geološki mediji su isprekidani velikog razmjera, u kombinaciji s diskretnim česticama, razmotriti obje mikroskopske i makroskopske dijelove. Razvoj numeričkih shema pružaju nam proučavanje valova prenošenje kroz složene medijima. Ove metode su se pokazale kao vrijedan način za provedbu pravih podataka prekrivene seizmičkih istraživanja sa sintetičkim podacima iz numeričkih modela. Oni također imaju omogućiti uvid u procese poput raspršenja seizmičkih valova kao oni prolaze kroz koru. Naravno, tu su i druge metode kao metodom konačnih razlika, metoda graničnih elemenata, diskretne čestica sheme koji se ne temelje na valna jednadžba, ali je i fizike valova koji pokazuje na skali atoma. Ovih dana numerička seizmologija može pružiti nam računalne simulacije seizmičkih valova [4], koja predstavlja neprocjenjiv alat za razumijevanje fenomena valova, njihov stvaraju i njihove posljedice.

Rubni uvjeti uvijek će biti potrebno da se jamči jedinstvenu dobro formirane rješenje diferencijalne jednadžbe.

Abstract: This paper presents an research of the performance of the artificial boundaries P3 and P4 of Stacey depending on the interval of the height of the computational grid. The interval between mesh points is changed constantly and the tables are presented below. Introduction, structure, results, conclusion and references of the paper are shown below. Analytical methods allow us to model a lot of processes in the exploring of the earth and to enjoy in a significant success in studies about permanent deformations as also for propagating of waves for a long time. In reality geological mediums are discontinuous of a large scale rang, combined from discrete particles, consider both microscopic and macroscopic parts. Development of numerical schemes provide us to study wave propagations through complex media. These methods have proven as valuable as a way for implementing of real data covered with seismic explorations with synthetic data from numerical models. They also have allow access to the processes like scattering of seismic waves as they pass through the crust. Of course there are other methods as finite difference method, boundary method of elements, discrete particle scheme who are not based on the wave equation, but to the physics of the wave propagation that shows on the atom scale. These days numerical seismology can provide us computer simulations of seismic wave propagation [4], that represent invaluable tool for understanding of the wave phenomena, their generating and their consequences.

Boundary conditions will always be required to guarantee unique well formed solution to the differential equation.

1. INTRODUCTION

The numerical methods are shown very useful in cases of moderate and strong scatterings in complex mediums were multiple scattering of the waves are case of the investigating. Many researchers have used numerical methods for scattering of the waves, conversion of the waves through soil and making more precise artificial boundaries. Filtering of the incident waves also becomes very important part in the improving of the artificial boundaries. Tests in this paper represent the performance of the artificial boundaries of

Stacey P3 and P4 depending of the interval of height of the grid. The ratio between compressional and tangential waves is constant. As the crust becomes more known for the researchers, the artificial boundaries are more and more accurate, which is of essential meaning. The goal of all computations and tests that are made is to get more valuable predictions on that how the crust will answer if high density waves are spreading through it. That kind of waves for example may be produced from seismological activity deep in the crust.

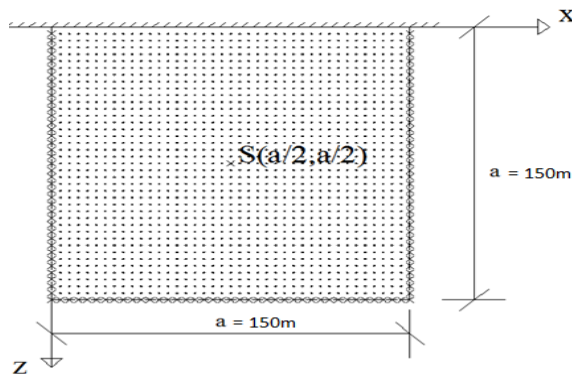
We use a concrete model were these waves are with artificial boundaries limited and making multiple tests, numerical simulations and variations with changing the interval of the height as shown in this paper. Problems that are of seismological character and earthquake engineering are solving also with stochastic methods [2]. Some research are added to this numerical methods to explore the seismic propagation of waves in velocity models that vary different in the space.

2. THE MODEL

Performance of the boundary conditions P3 and P4 have been explored on a mathematical 2D model, combined of grid with dimensions 150 x 150 [8]. In every direction there are 75 intervals on equal distance, in case when the index $h=1$. In this study, that distance will be changed from 0.6 to 2 meters. So, this part of medium should represent the shortened part from the whole medium. The medium is homogeneous and isotropic with propagating velocities of the compressional and tangential waves appropriate. At point (75, 75) explosive source is applied (picture 1).

2.1. MOTION EQUATION

The model is presented with two axis, horizontal – x and vertical – y axis. Values at x - axis are incrementing from left to right, and values at y – axis are incrementing from up to down so the upper left corner is (0, 0) point. With this settings two partial differential equations can be used for describing the motion of P and SV waves.

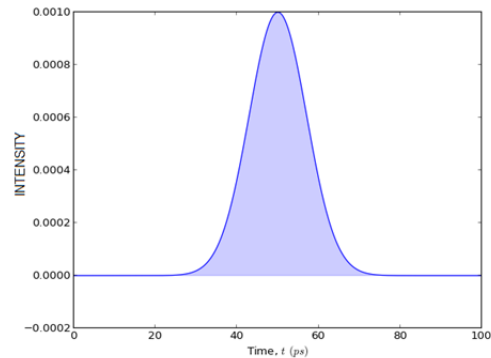


Picture 1. Test model

2.2. INITIAL CONDITIONS

At time $t=0$ it is supposed there are no movements in the crust and the dislocations are $u=w=0$. While the numerical model is explicit two time steps are required two compute the next. The infinite media is made finite and from here computational with representing the artificial boundaries. To be more accurate the whole model, for the upper boundary (free surface) also boundary conditions are used. In order to be all this functional a source is needed.

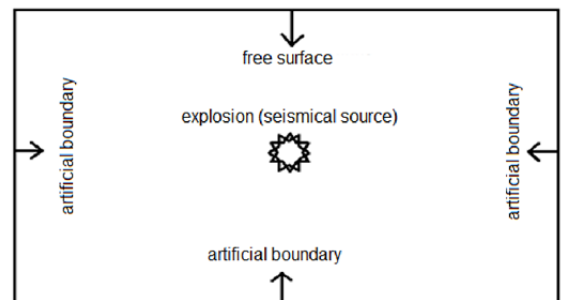
Explosive source will be used and it going to be Gaussian pulse (picture 2). Absorbing boundaries based on a combination of the analysis and the approaches to the modification from the wave field are developed for seismic simulations with hyperbolic systems [6]. One – dimensional absorbing boundary conditions are combined with approaches to other methods, as are paraxial approximations of free surface, anisotropic filtering, and a lot of other techniques. These methods absorbs effective all types of incident waves without exposing the local conditions.



Picture 2: Displacement function $f(t)$ in time

Kelly et. al. [3] developed numerical model for equation of motion. Same numerical approximation is used in the presented model. All of the calculations have been made under workspace Eclipse, an algorithm with initial conditions and motion equations was developed and also graphical output is provided. There are two matrix outputs that represents the input and output energy of the model in matter of time t and height h .

It is important to know that all the calculations are been made with ratio between the velocities of the compressional and tangential waves of 2.0. In [6] is proven that the system is most stable for ratio between 1.5 and 3.0 and variant P3 is more stable than P4.



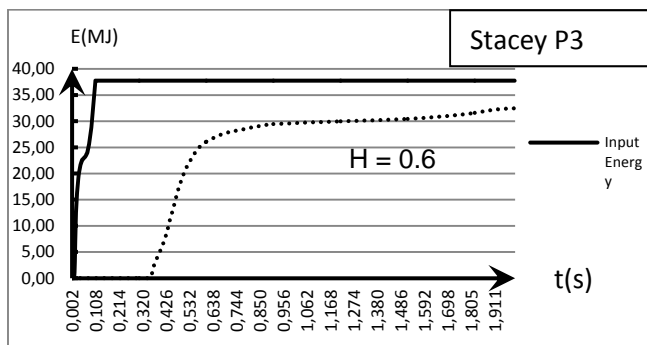
Picture 3: Soil part that includes source of explosion, free surface and three artificial boundaries

Many geological problems including the modeling of the earth crust and the seismic research for gas and oil are problems in wave propagating, seeking for solution of the two – dimensional (2-D) wave equation. With these model (picture 3) we define our area of computation with three artificial boundaries that are in the crust and the one we stand on the free surface. After the explosion the waves starting to

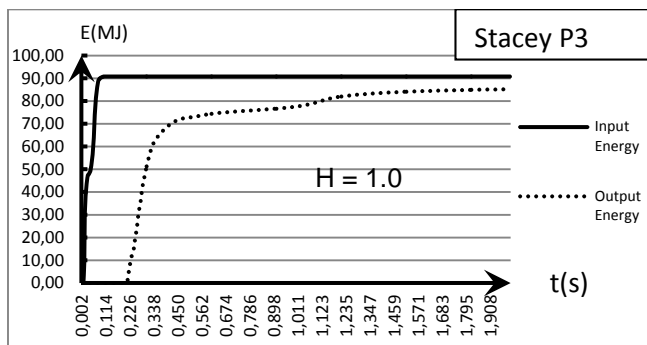
move to the boundaries. As they reach the boundaries becomes a reflection of the boundaries “reflected waves” are produced. These waves are harmful for the system and we try to decrease their energy in the system. With better artificial boundaries we get better stability of the model.

Clayton and Engquis [1] used paraxial boundary conditions which are perfect absorbing for rays with normal impact. Also were constructed boundary conditions by direct working with differential approximations in order to minimize the amplitude of the reflection. Similar the coefficient of the reflection were minimized with factoring of the differential equation. Paraxial approximations are based on approximation of the dispersion of the one – dimensional wave equation. For polynomials these approximation is approximation over Taylor order.

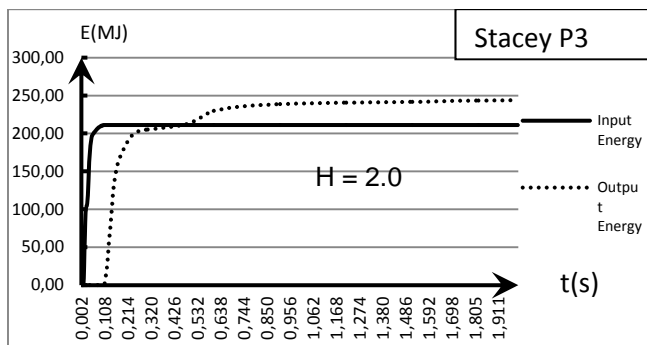
3. RESULTS



Picture 4: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 0,6$, P3 variant

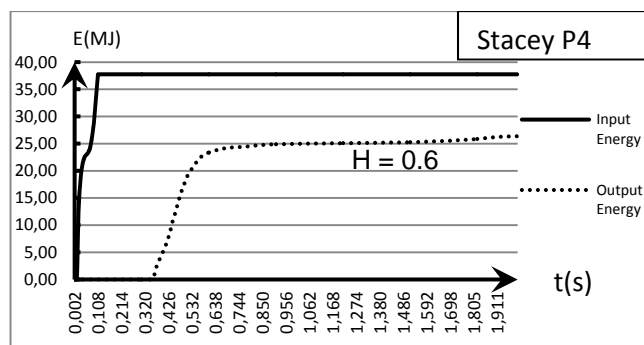


Picture 5: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 1,0$, P3 variant

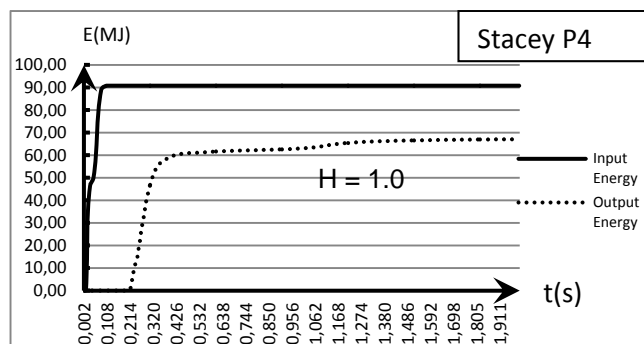


Picture 6: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 2,0$, P3 variant

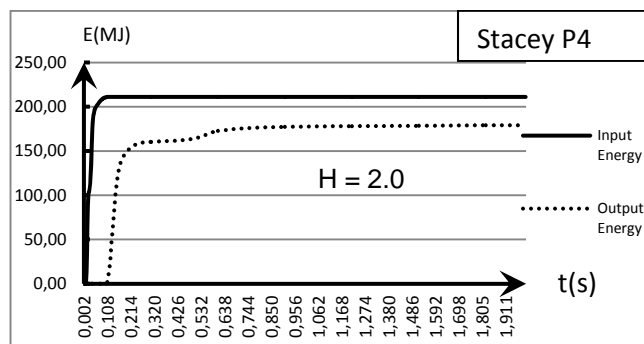
Now, if we closely take a look of this results, actually pictures 4 and 7, we can conclude that P3 is with much smaller error, and on other hand P4 is with high error. Continuing on situations at pictures 5 and 8, error at P3 is now present but small, while error at P4 variant is remaining enough big to fully declaring of an mode with big error. At pictures 6 and 9 the errors in both cases are now far too big to make further discussions. So we can make a conclusion that variant P3 at interval 1.0 is the most accurate situation.



Picture 7: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 0,6$, P4 variant



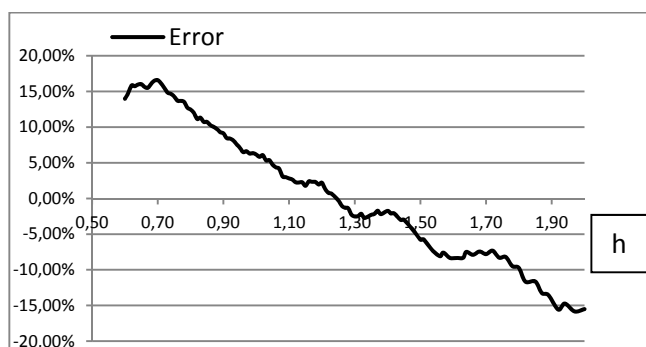
Picture 8: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 1,0$, P4 variant



Picture 9: Input (full line) and output (dotted line) energy at $h = 2,0$, P4 variant

As the interval rises to values of 2.0 for P3, the error is big and that situation further in analysis should not be taken. Variant P4 is constantly with high error from values of 0.6 to 2.0. This mode in this concrete situation give us conclusion that is less accurate and with high error instead P3 mode.

Interesting for mention is that exactly at $h = 2.0$ P4 give less error than $h = 1.0$, but because the error is constantly present at P4 instead of P3 we still can say that P3 is better mode as you can see from picture 10.



Picture 10: Error at Stacey P3 in matter of h

4. CONCLUSION

In different cases every mode gives different results. To say which mode is better very large analysis should be done. The numerical solutions shown above support theoretical analyze of the boundary schemes. However the point is to prove the importance of these boundary conditions. Exploring of artificial boundaries is of great importance for seismology.

Since last century researchers were trying to better know the natural phenomena. If our nature is more known for us with more her characteristics, we can easily predict some natural activities like earthquakes we mentioned above. In seismology exploring is directed to the waves that appear at every reaction in the crust, and that's how artificial boundaries appear. With better artificial boundaries the changes in the earth will be more predictable. So from all of this we can conclude that this field of investigation has a lot more to give.

REFERENCES

- [1]. Clayton R. & Engquist B. (1977), Absorbing Boundary Conditions for Acoustic and Elastic waves, BSSA vol. 67, No.6, pp 1529 – 1549.
- [2]. D.M. Boore (2003): Simulation of ground motion using the stochastic method, Pure and Applied Geophysics, 160, 635-676.
- [3]. K.R. Kelly, R.W. Ward, S. Treitel, R.M. Alford (February 1976): Synthetic Seismograms: A finite difference approach, Geophysics Vol. 41, No. 1, pp 2-27.
- [4]. N. Dai, A. Vafidis, E. Kanasevich (February 1994): Composite Absorbing Boundaries for the Numerical Simulation of Seismic Waves, Bulletin of the seismological society of America, Vol. 84, No. 1, pp 185-191.
- [5]. R. B. Stacey "New Finite – Difference Methods for free surfaces with a stability analysis," Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 84, No. 1, pp 171-184, February 1994.
- [6]. R.L.Higdon "Absorbing Boundary Conditions for elastic waves," Geophysics, vol. 56, No. 2, pp. 231-241, February 1991.
- [7]. ZP. Liao & H.L. Wong "A Transmitting Boundary for the numerical simulation of elastic wave propagation," in Soil Dynamics and Earthquake Engineering 3, 1984, 174-183
- [8]. Z. Zlatev (2012): Numerical simulation of seismic waves propagation generated by explosions. Masters thesis, University Goce Delcev- Stip.

INTERNET TELEFONIJA INTERNET TELEPHONY

Gabriela Suteva, Zoran Zlatev, University "Goce Delcev" Faculty of Economics – Management Business Administrator

Sadržaj: *Ovaj rad opisuje korisnost i brzog razvoja internet telefonije. Kao tehnologija uzimajući veliku ulogu u našim svakodnevnim rutinama, na taj način komunikacija se sve više i više sofisticirane i niske cijene za korisnike. Prije 15 godina nepokretne telefonije je uzimala cijelu ulogu u ovoj komunikaciji. Uz brzo širenje mreže, ljudi su počeli komunicirati i promijeniti podatke između ostalog u puno više jednostavan način. Cijena komunikacija sada su daleko previše jeftini nego prije. Internet nam omogućuje prijenos podataka i upućivanje poziva bez ikakve naknade. Internet telefonija je svaki dan sve više i više koristi, pa nepokretne telefonije sada ima vrlo malu ulogu u komunikaciji. Naravno mobilne telefonije bio početak završava fiksne telefonije, ali su troškovi mobilne telefonije na početku bili vrlo visoki. Ovih dana mobilna telefonija pružiti nam internet na naše pametne telefone, tako putem jednostavne aplikacije kao što su Skype možemo napraviti telefonske pozive prema drugima, bez obzira na udaljenost. Internet telefoniju u posljednjih pet godina je sve veći i veći i sa ovim tempom u nekoliko godina od sada predviđanja su da će platiti samo za internet.*

Abstract: *This paper describes the usefulness and rapid evolution of internet telephony. As the technology taking a huge part in our everyday routines, that way the communication are being more and more sophisticated and low cost for the users. Before 15 years the fixed telephony was taking the whole part in this communication. With fast spreading of the net, people started to communicate and change data between others in much more easy way. The price of communications now are far too cheap than before. The internet allows us to transfer data and making a call without any charges. Internet telephony is every day more and more used, so the fixed telephony now takes very small part in communications. Of course the mobile telephony was the start of ending of fixed telephony but the costs of the mobile telephony at the start were very high. These days the mobile telephony provide us internet on our smart phones so via simple applications like skype we can make a phone calls to others no matter of distance. Internet telephony in past 5 years is getting bigger and bigger and with this tempo in few years from now predictions are that we will only pay for internet connection.*

1. INTRODUCTION

Internet telephony represent the communications services like voice, facsimile, voice messaging applications that are transmitted over the internet. The first Internet Phone software have been developed back in 1995 February by Volcatec. He was designed to run on a 486/33 MHz (or higher) personal computer, equipped with speakers sound card, microphone and modem. The voice signal was compressed and translated into IP packets. From then internet telephony started to develop very rapidly. But although this way of communication is increasing rapidly, the popularity of fixed telephony still could not be beaten easily. The whole point was to make a phone call classically but via internet connection and in that way to round the monopoly of the telecom.

Response to the last question arrived in a protocol H323 or way how speech will transmit over the internet. Although flawed in today's technical circumstances this protocol represents the basis of the industry that is growing and evolving with unbelievable speed, which begins to be a dangerous threat previously mentioned disliked telecommunications. As we have witnessed that the virtual world is increasingly replacing this right as well as for

Internet telephony require very little dose. It metaphorically speaking would be "excess cables" turned into a severe crisis in the global telecom which they dealt with the radical and painful cuts and more determined that fighting the new techniques are not paid.

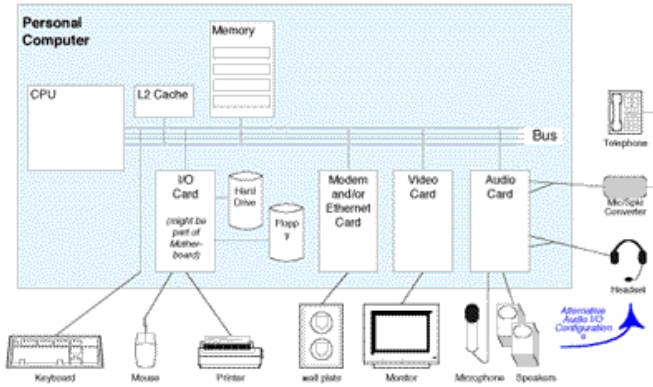
Ubiquitous Internet has become a reality for all or even most of the market it has become an integral part of their work, and thus VoIP is not only the right of the citizens but also one of the very important factors in the twenty-first century. Something in life we accept without resistance is needed around here to understand. And especially when it comes to new technologies because order this paper is not only a complex analysis of the technical possibilities of Calls via the Internet, nor communication analysis of world events, but an explanation of the meaning of VoIP and the simplicity of its use because in our lack of information still represents a major obstacle in the massive use of this technology.

2. STRUCTURE OF PAPER

Internet telephony is a kind of communication that takes place via the Internet using classic phone lines.

The notion of interactive communications refer to communications that are performed in real time and where ever and alternated subjects as a source and user information.

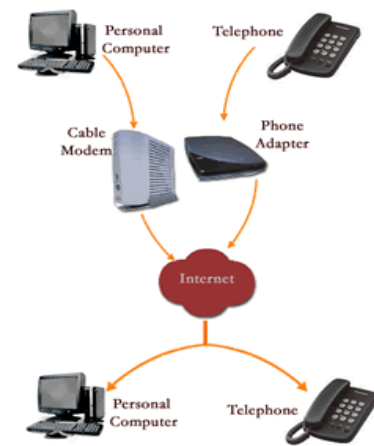
To use Internet telephony there are certain hardware and software requirements. This phone every day it becomes more accessible to users worldwide. Under Internet telephony is understand applications made for the transmission of speech over the Internet to anywhere in the world. Today Internet telephony represents a cheap way of communicating dream world, but because of its being limited is not as popular as one hundred could be.



Picture 1: PC configuration for VoIP

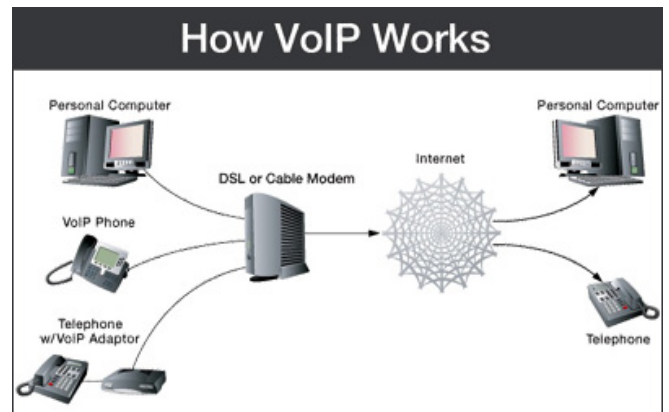
Protocol N323 somehow standardize the definition of Internet telephony, but there are multiple ways to achieve a link between two or more participants in the communication. Although the idea of Internet telephony encompasses idea without action of the operator is engaged in similar activities they offered a solution. There is a software solution that is directly installed on the computer and allows a fast enough connection to Internet telephony. Interactive communications can be implemented as communications such as one-to-one or one to many.

Internet telephony is a new Internet service that allows speaking, real-time video and data communications over the Internet. Due to its incomparable values become very popular with consumers who often chat with friends who are away in the world. The reason for this is the high cost of ordinary phone calls, and with the help of Internet technology and assistive software can much cheaper to talk to a slightly weaker sound quality.



Picture 2: Example how VoIP works

The most commonly used method of establishing a connection is through special applications. Most manufacturers programs set one or more applications to establish connections with their programs.



Picture 3: Example how VoIP works

These applications allow the user to apply for connectivity and thus appear interested in the conversation list. Registered user can talk someone from the invitation list or wait until someone invited. Lack of this connection is that the user sees only those who are connected to that jack, and not those with other plugs.

The best and fastest way of connecting with the user via the Internet is available if you know the current IP number of the user. At most users that number is temporary which means that the user will be given at the moment when it connects to the Internet and there is only of while until is connected to the Internet. To find out the IP number can be used any application for "text talk" IRC (Internet Relay Chat), or program that notifies that a user is connected to the network. Once IP number is known, simply is inputed to the program to link quickly established.

The type one – to – one communication achieved through sound medium is known as phone service. Internet communication on _ one hand allows one to one type on the other hand enables the transmission of sound. Information that is exchanged via public telecommunications networks, can be sounds, or speech_ image and video. PSTN and ISDN networks transmit digital technology through the electrical

circuit using switches - switches. This establishes temporary path between source and destination for transfer of information:

- provides fixed bandwidth and a short, controlled delay
- The capacity of the established circuit not shared with other users

Telephone companies are rather "cumbersome", the market is a monopoly and thus is resistant to change, and alignment of the functional system in different regions is hardly feasible and very catchy kind of local laws and regulations. In contrast internet is free, very fast and pitching changes and development. In the area of new media does not exist (yet) monopolistic companies and strong legislation, which would have prevented new breakthroughs and development. It can be said that the Internet is, no matter how developed and dynamic, it is still in "diapers" is still space that anyone can try and put his contribution.

Most factors have hindered the further development of the telephone and projects that would have this network set as a carrier not only the volume, but also other types of data. Unlike the Internet it is very easy "jumped on the train" integration, only in the opposite direction: the perfect media for data transfer which should enrich the ability to transmit voice.

The technology that provides that is mentioned before (VoIP), and is the simplest internet telephony. With her a completely new dimension of communication are open in which it is possible as previously mentioned: PC-PC, PC-phone, phone-pc, phone-phone communication by IP protocol. All PC needed to enter the world of such communications are: sound card, microphone and speakers and voice answering software that compresses and converts it into digital information, and then sends via network to the desired place.

Standards in this area do not exist but will surely take shape in the coming years (months). Market there are a number of applications with different capabilities, as well as devices that enable communication through IP protocol.

When we talk about this technology most interesting is possibility to request softphone with PC and great cheapness when it comes to conversations with remote locations. In such a situation local call is only paid (connection to the Internet provider) and possibly fee per minute that pays the company that provides this service. It is anticipated that this calling will be totally free (as it is today PC - PC communication), it would charge some other specific services.

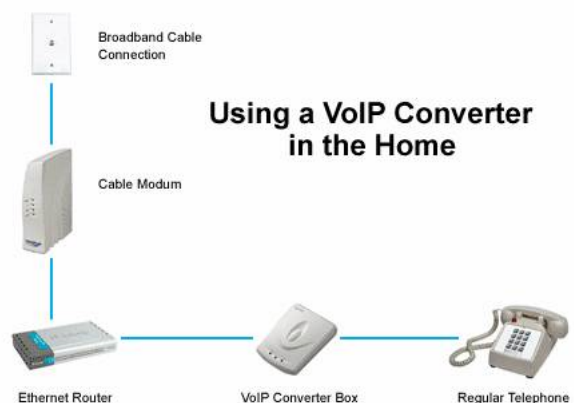
Software solutions for use of Internet telephony involves download - other relevant applications that match and normally having a sound card, speakers and microphone. As a solution can serve and headsets - microphones and headphones. Although such a solution is not really comfortable, and the habit of using ordinary phone makes this method quite uncomfortable. Internet telephony users request here are hardware solutions. One of them is Internet

Phone Wizard is a relief for those who want the Internet to use their classic phone talks. This device appears in two versions: as an external, USB, and shaped as an internal PCI card. In both cases the ordinary phone connected this device and Calls without huge bills can begin.



Picture 4: Internet phone wizard with skype

If you have only one phone line while you're on-line, by phone you can establish a connection with another phone that does not require any hardware accessory. When you are on the internet your phone works normally. If you have two phone lines, cable Internet, ISDN or DSL, it is possible that while you are online to dial normally or IP telephony. For example you called a phone number using the internet, someone you ring the common line, using switch you move to generally use, cutting the link with a friend who you are contacted over the internet, ending in casual conversation and revisit interlocutor who awaits network. Normally to establish PC – Phone connection, it is required to be user of some ITSP (Internet Telephony Service Providers) or, the company who provide analog channels (voice) to convert into digital, with net transfer, and to be on a specific location by special devices, or to re – convert into analog information. Prices of these companies are different and many of them offer free calling to certain countries (and within them, and if you call any of them from any location), but in any case the cost of the call is very favorable.



Picture 5: Way of getting VoIP in home conditions

On the market there are a number of applications specified for Internet telephony as example CoolTalk, NetMeeting and Skype. Some applications are received

directly by internet search, some apps are free and someone has to pay. Internet telephony applications are often called IP telephony VOI or VoIP.

2.1. ADDITIONAL SERVICES

As already mentioned there are many software solutions that serve internet telephony and who are not between compatible. Therefore it is important a person with whom the user wants to establish contacts have the same program for Internet telephony, otherwise the connection can't be established. In addition to basic functions (sound transmission) most modern programs provide to the user and a number of additional features:

- Text messages
- Common drawing program
- Sharing program and cooperation in using of some program

3. CONCLUSION

It is difficult to find an individual who hasn't at least once make an abroad call. And every call with VoIP is saving because using VoIP with every call saves money and it is far more than ordinary telephony. Limitations in the use aren't, anyone can become a user and thus save money from domestic or business budget. Joining individuals as a rule is very simple and can be done in minutes, and the same is possible at business users who do not need to modify the PBX. Therefore there is no reason not to become a VoIP user that does not cost anything and save the money you spend each time by calling across borders. With one sentence VoIP is intended for all those who want a new, quick simple and cheap solution.

As reminder of this decade, videoconferencing (H.323) with data collaboration (T.120) will become the normal method of corporate communications as the network performances are getting higher and business organizations are looking more and more for cheaper solution to communicate and appreciate the economics of telecommuting. Now the video camera is standard piece of computer hardware for full multimedia systems, and the fact that now that systems starts to appear at low cost of 500 \$ in the market. This should stimulate the residential demand and bring the VoIP services to the mass market.

REFERENCES

- [1] B. Wyss (June 2004): "Voice over Internet Protocol" (VoIP), Microsoft Corporation.
- [2] J. S. Marashlian: "VoIP Service Provider Compliance with Communications Taxes and Regulatory Fees"
- [3] S. Evans, R. Chirgwin & M. Clarity (March, 2006): "QoS – Based VoIP Service Interconnectivity", Industry Discussion Paper.
- [4] B. Horton (October 2004): "Regulatory Issues Associated with Provision of Voice Services Using Internet Protocol in Australia", Australian Communications Authority.
- [5] Timothy, V., Kelly "VoIP for Dummies" 2005, Wiley Publishing, Indianapolis, Indiana.
- [6] T. Wallingford, "Switching to VoIP", a solution manual for network professionals, 2005, O'Reilly Media, United States of America.

IMPLEMENTACIJA MODIFIKOVANOG OSPF PROTOKOL U MREŽNI SIMULATOR IMPLEMENTATION OF MODIFIED OSPF PROTOCOL IN NETWORK SIMULATOR

Biljana Citkuseva Dimitrovska, Saso Gelev, Maja Kukuseva, *Faculty of Electrical engineering, University of Goce Delcev, Stip, Macedonia*

Sadržaj: U ovom radu predlaže se uvđenje modifikacije OSPF protokola, nekom vrstom komandi protokola između susednih rutera za razmenu nekih kontrolnih podataka. Ovaj rad opisuje implementaciju novog modula u NCTUNS simulatoru za prethodno predloženi protokol rutiranja. Mrežni NCTUNS simulator i emulator je visoko doverljiv, i imogućava simulaciju uređaja i protokola koji se koriste u žičnim i bežičnim mrežama. NCTUNS mrežni simulator koristi otvorenu sistem arhitekturu da bi se moduli protokola lakše dodali simulatoru. Sledstveno, izvršice se komparacija predložene modifikacije OSPF protokola sa aktuelnim OSPF protokolom rutiranja i na bazi toga pokazati poboljšanje performansi.

Ključne reči- rutiranja, modifikovan OSPF protokol, racunarske mreze, NCTUNS mrežni simulator.

Abstract: The paper suggests introducing modified OSPF protocol, with a kind of command protocol between neighboring routers for exchange of some control data. This paper describes the implementation of a new module in NCTUNS simulator, for a previously proposed routing protocol. The NCTUNS network simulator and emulator is a high-fidelity and extensible network simulator capable of simulating various devices and protocols used in both wired and wireless networks. It uses an open-system architecture to enable protocol modules to be easily added to the simulator.

Consequently, the implementation of the proposed routing protocol is expected to enable comparison of the proposed routing protocol with current routing protocols and eventually show performance improvement.

Keywords - routing, modified OSPF protocol, computer networks, NCTUNS network simulator.

1. INTRODUCTION

In datagram networks, including IP networks, the process of routing is an issue for every packet. In process of routing router needs to be able to look at the packet's destination address and then to determine which of the output ports is the best choice to get the packet to that address. The forwarding process consists of receiving a packet, looking at its destination address, consulting a table, and sending the packet in a direction determined by that table. This is the traditional way of forwarding packets, and some improvements can be considered. One idea and realization proposed by L. G. Roberts [1] is called flow management.

The main proposal described in detail in [2] is the idea that the sending router could instruct its next hop neighbor to directly forward the packet on, without previously processing it, if the needed information is available in the current's router flow table [2]. The flow based exchange system among neighbor routers is based on several concepts:

- Flow identification (Flow ID) transmitted as part of IP header proposed for ipv4 and ipv6
- Flow Data Table (FDT) holding flow and router data for faster routing decisions
- Egress interface port to be used at neighbor router for specific flow

- New message type proposed for OSPF routing protocol used for exchanging FDT data.

2. MODIFICATIONS OF OSPF

The basic idea for the proposed modifications of the OSPF routing protocol lies behind the idea to utilize formerly made routing decisions considering specific flows of the current router, and the knowledge of routing decisions made by neighboring routers, as well. One of the modifications for OSPF involves using Flow IDs. The Flow ID of each packet will be kept inside the packet header. The Flow ID would be generated by the source host, and all packets for that flow that will be generated from the same source host will carry the same Flow ID. The Flow ID identifies the 5-tuple (source IP address, destination IP address, source port, destination port, transport protocol). The packet flow data with unique Flow ID would be organized in a Flow Data Table (FDT). An example FDT is shown in Table 1.

Table 1 Example Flow Data Table (FDT)

Flow ID	SrcIP	DstIP	CurrRouIfc	NeighRouIfc
10345	192.168.0.10	192.168.1.5	If0	If15
10346	192.168.0.20	192.168.2.8	If3	If3

As shown in Table 1, the FDT keeps the following information:

- Flow ID is generated by the source host
- SrcIP- IP address of the source host
- DstIP-IP address of destination host
- CurrRIfc – egress interface of the current router that the last known packet from the specified flow was transmitted on.
- NeighRouIfc – egress interface of the neighbour router that the last known packet from the specified flow was transmitted on (next hop at the neighbor router for specific flow).

The OSPF protocol currently defines five types of messages: Hello, Database Description, Link State Request, Link State Update and Link State Acknowledgment. We propose a new message type with type value 6 called Flow Information Update Message (FIUM). The data field of the message would include the first four fields from FDT (Table 1) for a specific flow as shown in Table 2.

Table 2 OSPF Flow Information Update Message (FIUM) Data Field Format

16 bit	32 bit (IPv4)	32 bit (IPv4)	8 bit
Flow ID	SrcIP	DstIP	CurrRIfc

This type of message should be sent by the router every time the FDT is changed. The Flow Data Table can be changed in two situations: when certain packet is processed using the standard procedure, or when changes occur in the routing table. All routers receiving the message make corresponding changes to their FDTs regarding that specific Flow ID. The proposed modified OSPF routing protocol must consider the changes made to the router's existent IP routing table, as well. This is needed in case there are some intermittent network topology changes recorded by the present OSPF routing protocol.

3. NCTUNS NETWORK SIMULATOR

NCTUns uses the real-life Linux's TCP/IP protocol stack to generate high-fidelity simulation results. NCTUns provides a highly-integrated and professional GUI environment in which a user can easily conduct network simulations. The NCTUns GUI program is capable of:

- Drawing network topologies
- Configuring the protocol modules used inside a node
- Configuring the parameter values used inside a protocol module.
- Plotting network performance graphs
- Playing back the animation of a logged packet transfer trace.

3.1 Components and architecture of NCTUns

NCTUns adopts a distributed architecture. It is a system comprising eight components [6], shown in Figure 1:

1. The first component is a GUI program by which user edits network topology, configures protocol modules

used inside the node, plots performance graphs, plays back the animation of a packet transfer trace etc.

2. Simulation engine program is the program which provides basic and useful simulation services to protocol modules. We call a machine on which a simulation engine program resides a "simulation server".
3. The third component is the set of various protocol modules, each of which implements a specific protocol or function (packet scheduling or buffer management). All protocol modules are C++ classes and are compiled and linked with the simulation engine program.
4. The fourth component is the simulation job dispatcher program that can simultaneously manage and use multiple simulation servers to increase the aggregate simulation output.
5. The fifth component is the coordinator program. On every simulation server, the "coordinator" program must be run up. The coordinator should be alive as long as the simulation server is alive.
6. The sixth component is the kernel patches that need to be implemented to the kernel source code so that a simulation engine process can run on a UNIX machine correctly.
7. The seventh component is the various user-level daemons that are run for the whole simulation.
8. The eighth part of NCTUns is composed of the real-life user-level application programs.

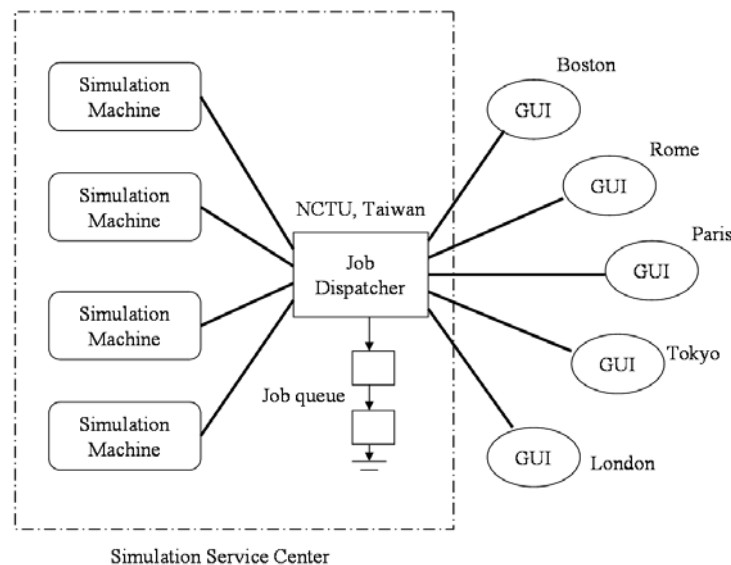


Fig. 1 The distributed architecture of NCTUns

3.2 Implementation of FIUM in NCTUns

The basic initiative for the proposed FIUM message of the basic OSPF routing protocol lies behind the idea to utilize

formerly made routing decisions considering specific flows of the current router, and the knowledge of routing decisions made by neighboring routers, as well. The main idea behind maintaining the information from FDT table is to enable making faster decisions at network level, without examining the existing IP routing tables. As previously mentioned, a new message type with type value 6 called Flow Information Update Message (FIUM), is proposed for using in the modified OSPF protocol. This message can be sent in several cases, as would be shown further on. The implementation of this new type of OSPF message in NCTUns would be using the existing OSPF implementation, with needed modifications.

The message number type (with value 6) will be defined in the header file for OSPF routing protocol, `ospfd.h` (placed in `/nctuns/src/tools/misc`).

Figure 2 explains the procedure for processing the FIUM message type. The FIUM message is exchanged between neighbor routers and is used for building the FDT table. When the message is received at one of the interfaces (whose IP address can be determined from the Neighbor structure containing all neighbors, defined in `ospfd.h`), the first step is to search the FDT table. The lookup in FDT is performed according to three parameters: *flow_id*, *src_ip* which are part of FIUM message, and *current_ifc* determined as the interface on which the FIUM message has been received. If the FDT table search does not return any records according to these parameters, specifically the return argument *fdt_entry* is *NULL*, then the function `add_entry()` is being used, since the current router has no information for the flow described in the FIUM message and from that neighbor. The function `add_entry()` adds a new record in the FDT table copying the fields from the FIUM in this particular way: *flow_id*, *src_ip* and *dest_ip* from FIUM are copied as *flow_id*, *src_ip* and *dest_ip* in FDT; for *NeighRouIfc* in FDT we set *CurrRIfc* from FIUM, and for *CurrRouIfc* in FDT we set the interface on which the current router received the FIUM message. After calling `add_entry()` function, new FIUM message will be sent to all other neighbors except to the interface on which the previous FIUM message has been received. If the return result from the FDT search function is *fdt_entry* \neq *NULL*, meaning there is such record in the FDT table (same flow id, same source IP, and received from same neighbor), then all that needs to be done, is update that FDT entry with the new *CurrRIfc* from FIUM as the *NeighRouIfc* in FDT. To perform this step the function `update_entry()` is called. This situation can happen if there is some kind of change at the neighbor router, and that neighbor router changed its outgoing interface for packets from the designated flow. After this step of the procedure, again as in the previous case, another FIUM message is sent from the current router to all neighbors except to the interface that received the FIUM message.

Functions used as manipulation methods for searching, adding, updating and deleting entries in FDT table are defined in `ospfd.h`, and the entire procedure for receiving/sending FIUM messages is implemented in the NCTUns OSPF code – `ospfd.cc`.

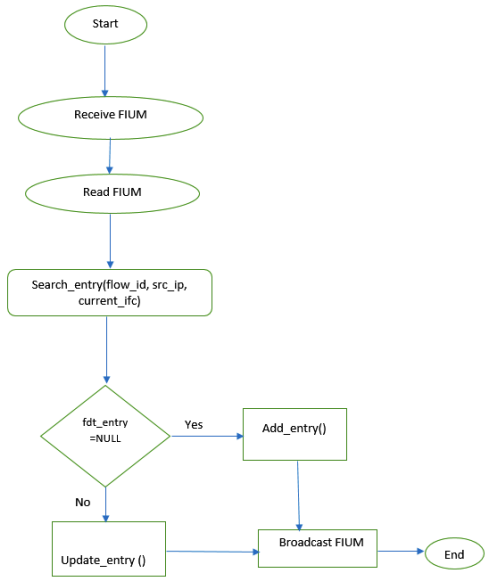


Fig. 2 Processing of FIUM message

4. RESULTS

In the end, we create network topology for testing of the modified routing daemon. The network topology is formed of two routers shown on the picture.

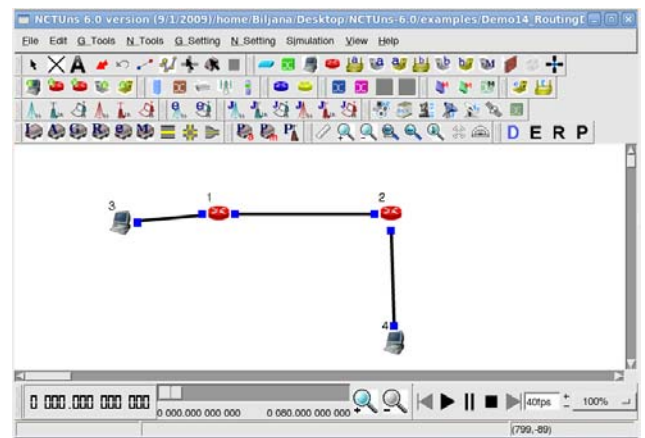


Fig. 3 Network topology with two routers

Router marked on the picture with number 1 has two interfaces with IP addresses 1.0.2.1 (Port ID 2) and 1.0.1.1 (Port ID 1). Router marked with number 2 has this interfaces 1.0.1.2 (Port ID 1) and 1.0.3.1 (Port ID 2). Hosts marked with 3 and 4 have this ip addresses 1.0.2.2 (source host) and 1.0.3.2 (destination host). After creating network topology on each of the router we start an executive file `ospfd`. After completed simulation this results are shown.

In Table 3 are the basic information about FDT table set according to the first router as shown in the Fig. 3. These arguments are entered manually in the FDT table as defaults.

In Table 4 are the basic information about FDT table set according to the second router as shown on the image. These arguments are entered manually in the FDT table as defaults.

Specifying these parameters is enabled by the software simulator.

Table 3 FDT table on the router 1

Flow_id	Src_ip	Dest_ip	Current_if c	Next_ifc
11223	1.0.2.2	1.0.3.2	1	2
11224	1.0.2.2	1.0.3.2	1	2

Table 4 FDT table on the router 2

Flow_id	Src_ip	Dest_ip	Current_if c	Next_ifc
11225	1.0.3.2	1.0.2.2	1	2
11226	1.0.2.2	1.0.3.2	2	

After the neighboring routers exchange their FIUM messages, each of the routers will have new FDT tables, with data according to the used functions for adding, deleting and updating of the data. The first router will have the following FDT table.

Table 5 FDT table on the router 1

Flow_id	Src_ip	Dest_ip	Current_if c	Dest_ifc
11223	1.0.2.2	1.0.3.2	1	2
11224	1.0.2.2	1.0.3.2	1	2
11225	1.0.3.2	1.0.2.2	2	
11226	1.0.2.2	1.0.3.2	1	2

In the next exchange FDT tables between neighboring routers, routers 1 and 2 will update their FDT tables and will be called stable, that will have information about the output interface of a neighboring router. The router 2 will have the following FDT table.

Table 6 FDT table on the router 2

Flow_id	Src_ip	Dest_ip	Current_if c	Dest_ifc
11225	1.0.3.2	1.0.2.2	1	2
11226	1.0.2.2	1.0.3.2	2	
11223	1.0.2.2	1.0.3.2	2	
11224	1.0.2.2	1.0.3.2	2	

5. CONCLUSION

As mentioned at the beginning of this paper, the primary motivation behind the modifications of OSPF was to enable increase in speed over the current OSPF routing protocol.

With the proposed modifications we expect greater speeds in packet forwarding, enabling the router receiving the packet to forward directly to the designated interface without any processing.

The implementation of this modified OSPF routing protocol, as a protocol module in NCTUns is important for research, testing and development of this proposed routing protocol. With the successful implementation of this modified OSPF protocol, we can show that NCTUns network simulator can be easily upgraded with new modules, and then used to compare the existing routing protocols with the modified OSPF protocol.

REFERENCES

- [1] Roberts, L.G. "A radical new router", Spectrum IEEE, July 2009, pp. 34-39.
- [2] Marija Kalendar, Aristotel Tentov, Danijela Jakimovska, Goce Dokoski, "A Novel Flow Based Approach In Routing Decision Mechanism", Proceedings of 3rd IASTED International Multi-conference on Automation, Control, and Information Technology (ACIT2010), 15-18 June 2010, Novosibirsk, Russia, pages: 158-163
- [3] L. Peterson and B. Davie, "Computer Networks: A Systems Approach", Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 4th Edition, 2007.
- [4] D. Medhi, K. Ramasamy, "Network Routing: algorithms, protocols, and architectures", Morgan Kaufmann Publishers, 2007.
- [5] S.Y. Wang and H.T Kung, "A Simple Methodology for Constructing Extensible and High-Fidelity TCP/IP Network Simulators", INFOCOM'99, March 21-25, 1999, New York, USA.
- [6] S.Y. Wang, C.L. Chou, C.C. Lin, "The Design and Implementation of the NCTUns Network Simulation Engine", Simulation Modelling Practice and Theory, 15 (2007) 57-81.
- [7] Shie-Yuan Wang, Chih-Liang Chou, and Chih-Che Lin, "The GUI User Manual for the NCTUns 4.0 Network Simulator and Emulator", July 2007 Produced and maintained by Network and System Laboratory, Department of Computer Science, National Chiao Tung University, Taiwan
- [8] Shie-Yuan Wang, Chih-Hua Huang, Chih-Che Lin, Chih-Liang Chou, and Kuo-Chiang Liao, "The Protocol Developer Manual for the NCTUns 4.0 Network Simulator and Emulator", July 2007, Produced and maintained by Network and System Laboratory, Department of Computer Science, National Chiao Tung University, Taiwan

JEDAN METOD MJERENJA NAPONA BAZIRAN NA MIKROKONTROLERU A MICROCONTROLLER BASED VOLTAGE MEASUREMENT METHOD

Aleksandar Dedić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: U ovom radu dat je opis jednog uređaja za mjerenje naizmjeničnog napona frekvencije 50 Hz i njegovog faznog stava u odnosu na referentni napon. Pretvaranje analogne vrijednosti napona u digitalnu vrši se pomoću analogno-digitalnog konvertora. Upravljanje mjernim pretvaračem, obrada rezultata dobijenih iz analogno-digitalnog konvertora i formiranje grafičkog prikaza na grafičkom displeju vrši se pomoću mikrokontrolera.

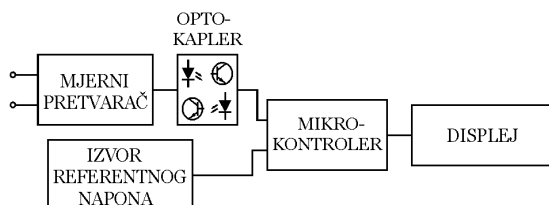
Abstract: A device for measurement of 50 Hz AC voltage and its phase related to the reference voltage is presented in this paper. The translation of the analogue voltage value to the digital form is performed using analog-to-digital converter. Control of the measuring transducer, processing of the data obtained from the analog-to-digital converter, and formation of the graphical content on the display are performed by microcontroller.

1. UVOD

Uređaj za mjerenje napona baziran na mikrokontroleru je namijenjen za mjerenje srednje apsolutne vrijednosti naizmjeničnog napona frekvencije 50 Hz. Pored mjerenja srednje vrijednosti, vrši se i mjerenje faznog pomjeraja istog napona u odnosu na referentni napon. Rezultati mjerenja se prikazuju na grafičkom LCD displeju. Mjerni opseg je od 1 mV do 800 V. Ovaj opseg je podijeljen u 4 podopsjega, a prebacivanje se vrši automatski. Fazni pomjeraj se mjeri sa rezolucijom $0,1^\circ$.

Program na bazi kojeg mikrokontroler obavlja mjerenje napona i faze je u potpunosti originalan, napisan u programskom jeziku Asembler. Ovaj programski jezik se koristio zbog zahtjeva da vrijeme izvršavanja softverskog koda bude kratko jer mikrokontroler u realnom vremenu mora da preuzima rezultate konverzije, obrađuje te rezultate i generiše sliku na displeju.

2. OSNOVNI SKLOPOVI



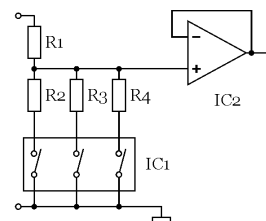
Slika 1. Osnovni sklopovi uređaja

Blok-šema mikrokontrolerskog uređaja za mjerenje napona i faze data je na slici 1. Osnovni sklopovi uređaja su: mjerni pretvarač, izvor referentnog napona, mikrokontroler i displej. Iz sigurnosnih razloga naponski mjerni pretvarač i mikrokontroler su razdvojeni optokaplerima. Kako se analogno-digitalni konvertor nalazi u sastavu mjernog pretvarača, optokapleri služe samo za prenos digitalnih podataka i ne unose greške pri mjerenju.

3. MJERNI PRETVARAČ

Naponski mjerni pretvarač sastoji se iz 2 dijela: djelitelja napona i analogno-digitalnog konvertora.

Predviđeno je da mjerni uređaj mjeri napon u opsegu 0 do 800 V. Kako je to veliki opseg, zbog poboljšanja tačnosti mjerenja koristi se djelitelj napona sa promjenljivim odnosom dijeljenja. U ovom slučaju koristi se djelitelj napona sa paralelnom vezom otpornika i prekidačima u poluprovodničkoj tehnologiji prikazan na slici 2.

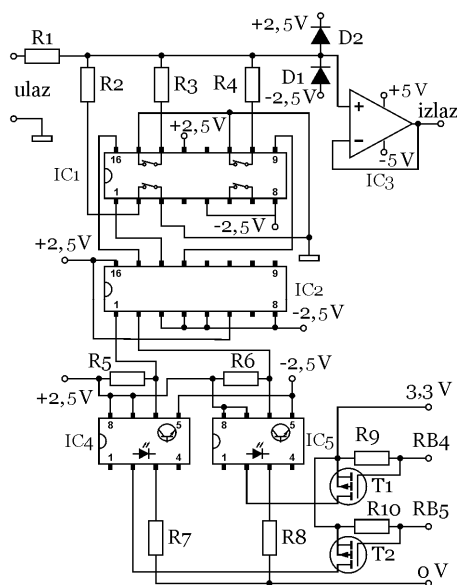


Slika 2. Djelitelj napona sa paralelnom vezom otpornika

Nedostatak ovakvog djelitelja napona ogleda se u konačnoj vrijednosti otpornosti analognih poluprovodničkih prekidača u režimu provođenja. Osim toga, ove otpornosti su temperaturno nestabilne. U cilju minimizacije uticaja ovih nesavršenosti potrebno je izabrati analogne prekidače sa što manjom otpornošću, odnosno, koristiti otpornike R1-R4 koji imaju otpornosti mnogo veće od otpornosti analognih poluprovodničkih prekidača.

Pretvarač ima 4 mjerna opsjega: prvi za napone do 999 mV, drugi od 1 V do 9,999 V, treći od 10 V do 99,99 V i četvrti od 100 V do 800 V.

Šema vezivanja komponenti djelitelja napona prikazana je na slici 3.



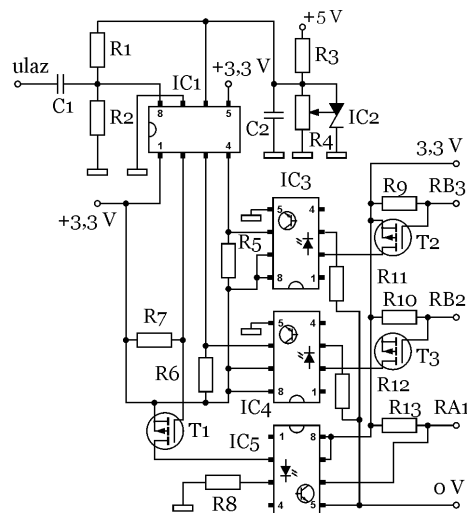
Slika 3. Naponski djelitelj

Kao analogni prekidač IC1 ovdje se koristi integralno kolo ADG 712 [1]. Ovaj analogni prekidač ima tipičnu vrijednost otpornosti $2,5 \Omega$ i maksimalnu vrijednost 4Ω u režimu provođenja pri naponu napajanja od 5 V . Stvarnu otpornost treba uzimati u obzir samo ako se traži povećana tačnost mjerenja. Temperaturna nestabilnost iznosi $\pm 0,5 \Omega$ u opsegu -40° C $+85^\circ \text{ C}$ u odnosu na referentnu temperaturu od 25° C . Ova nestabilnost se može zanemariti. Otpornik R1 je izveden u obliku tri redno vezana otpornika čime je povećana njegova fizička dužina i to iz sigurnosnih razloga da ne bi došlo do preskoka kod pojave nedozvoljeno visokog napona između krajeva. Vrijednost otpornika R1 je $990 \text{ k}\Omega$. Vrijednosti ostalih otpornika djelitelja su: $R2 = 99 \text{ k}\Omega$, $R3 = 9,997 \text{ k}\Omega$ i $R4 = 988 \Omega$. Dioda D1 i D2 ograničavaju napon na vrijednost $\pm 2,5 \text{ V}$ i time štite analogni prekidač i operacioni pojačavač od oštećenja.

Upravljanje analognim prekidačem vrši se posredstvom demultipleksera IC2 74HC238. Demultiplekser se povezuje sa mikrokontrolerom preko dva optokaplera IC4 i IC5 6N137. Tranzistori T1 i T2 koji upravljaju optokaplerima spojeni su sa izlazima RB4 i RB5 mikrokontrolera. Tranzistori koji se koriste u ovom slučaju su MOSFET-ovi FDV302P. Vrijednosti ostalih otpornika su: $R5=R6=680 \Omega$, $R7=R8=220 \Omega$ i $R9=R10=4,7 \text{ k}\Omega$. Napajanje $3,3 \text{ V}$ za tranzistore uzima se iz izvora napajanja mikrokontrolera.

Izlazna otpornost djelitelja je relativno visoka i nije pogodna za direktno priključivanje na analogno-digitalni konvertor. Zato se na izlaz djelitelja priključuje operacioni pojačavač IC3 sa jediničnim pojačanjem. U ovom slučaju se koristi operacioni pojačavač OP27 koji ima niski šum i mali ofset.

Analogni oblik ulaznog napona pretvara se u digitalni pomoću analogno-digitalnog konvertora. Šema vezivanja konvertora prikazana je na slici 4.



Slika 4. Šema vezivanja analogno-digitalnog konvertora

Za konverziju napona koristi se 12-bitni analogno – digitalni konvertor (IC1) LTC 2362 [2]. Konvertor nema mogućnost konverzije negativnih vrijednosti napona pa se mora izvršiti pretpolarizacija njegovog ulaza. Ova jednosmjerna pretpolarizacija, jednaka polovini referentnog napona analogno-digitalnog konvertora, dobija se djeliteljem napona sastavljenog od otpornika R1 i R2 vrijednosti $1 \text{ k}\Omega$. Ulaz konvertora se povezuje sa izlazom naponskog djelitelja preko kondenzatora C1 kapacitivnosti $33 \mu\text{F}$. Za dobijanje referentnog napona konvertora koristi se stabilisani izvor IC2 TL 431 čija se vrijednost podešava potenciometrom R4 vrijednosti $1 \text{ k}\Omega$. Vrijednost referentnog napona konvertora je podešena na $3,1 \text{ V}$. Konvertor se sa mikrokontrolerom povezuje preko optokaplera IC3, IC4 i IC5. Podaci se iz konvertora prenose serijski, a kako je brzina prenosa relativno visoka i iznosi $2,88 \text{ MHz}$, koriste se brzi optokapleri HCPL 260L. Optokapleri se spajaju sa ulazom RA1 i izlazima RB2 i RB3 mikrokontrolera. Napajanje za tranzistore i optokaplere uzima se iz izvora napajanja mikrokontrolera. Vrijednosti ostalih otpornika su: $R3=470 \Omega$, $R5=R6=R13=680 \Omega$, $R8=R11=R12=220 \Omega$, $R7=R9=R10=4,7 \text{ k}\Omega$. Kapacitivnost C1 iznosi $33 \mu\text{F}$.

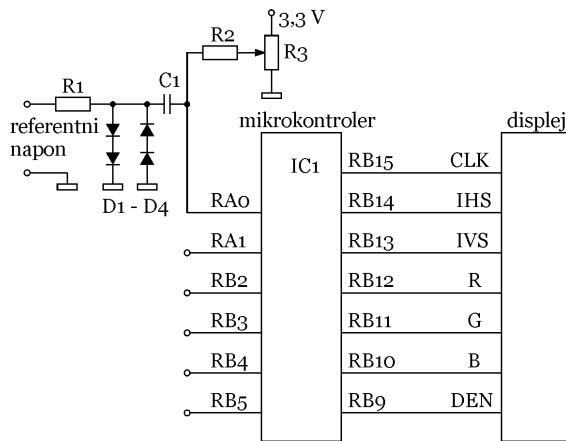
4. REFERENTNI NAPON

Referentni napon mjernog uređaja mora imati istu frekvenciju kao i napon koji se mjeri. U ovom slučaju, kao referentni napon mjernog uređaja (slika 1) u odnosu na koji se mjeri fazni stav koristi se napon električne mreže 230 V . Ovaj se napon dovodi na komparator mikrokontrolera preko transformatora. Kako transformator unosi određeni fazni pomjeraj, mora se izvršiti njegova korekcija. Pored ovoga, predviđena je i mogućnost direktnog priključenja preko posebnog otporničkog djelitelja. Ova mogućnost je ostavljena kako zbog povećanja tačnosti mjerenja faznog pomjeraja tako i zbog mogućeg priključenja na izvor čija se frekvencija razlikuje od 50 Hz .

5. MIKROKONTROLER

Zadatak mikrokontrolera je upravljanje djeliteljem napona, upravljanje analogno – digitalnim konvertorom, preuzimanje podataka iz konvertora, obrada dobijenih podataka i generisanje slike koja se prikazuje na displeju.

Za realizaciju ovog mjernog uređaja koristi se mikrokontroler dsPIC33FJ64GP802 [3]. Osnovna šema spajanja ovog mikrokontrolera data je na slici 5.



Slika 5. Osnovna šema spajanja mikrokontrolera

Referentni napon se sa transformatora, preko otpornika R1 vrijednosti 2,2 k Ω i kondenzatora C1 kapaciteta 22 μ F dovodi se na ulaz RA0 komparatora. Diode D1 – D4 služe za ograničavanje ulaznog napona pa se vrijednost ulaznog napona može mijenjati u širokim granicama. Napon prebacivanja komparatora podešava se potencijetrom R3 vrijednosti 1 k Ω i dovodi na ulaz preko otpornika R2 vrijednosti 4,7 k Ω . Pinovi za vezu sa analogno – digitalnim konvertorom su: RA1 – ulaz za prenos podataka, RB2 – takt konvertora i RB3 – aktiviranje konvertora. Izlazi RB4 i RB5 služe za upravljanje djeliteljem napona. Izlazi RB9 – RB15 su povezani sa ulazima displeja i imaju funkcije: takt (CLK), horizontalni sinhroimpulsi (IHS), vertikalni sinhroimpulsi (IVS), ulazi crvene, zelene i plave boje (R, G i B) i aktiviranje displeja (DEN).

Podaci iz analogno – digitalnog konvertora prenose se u serijskom obliku prema protokolu datom u [2]. Ovi podaci nemaju vrijednost u voltima nego u jedinicama konverzije. Vrijednosti u voltima dobijaju se na kraju obrade podataka množenjem sa odgovarajućim koeficijentom koji zavisi od vrijednosti otpornika djelitelja napona i vrijednosti referentnog napona analogno – digitalnog konvertora. Vrijednost koeficijenta određuje se kalibracijom, i iznosi 8,47651. Ova vrijednost ista je za sve mjerne opsege jer djelitelj pretvara sve ulazne vrijednosti napona na maksimalnu vrijednost 1 V.

Srednja apsolutna vrijednost mjenog napona računa se prema relaciji:

$$U = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |u_n| \quad (1)$$

gdje je N – ukupni broj odbiraka u toku mjerenja a u_n – trenutna vrijednost napona. Vrijednosti trenutnog napona se uzimaju u apsolutnom iznosu a pretvaranje se vrši po preuzimanju podataka iz konvertora. Zbog poboljšanja tačnosti mjerenja, odbirci se uzimaju u toku 4 pune periode.

Promjena opsega djelitelja napona vrši se po dva kriterijuma. Prvi je prekoračenje maksimalno dozvoljene vrijednosti napona na ulazu konvertora. Prekoračenje se detektuje tako što se provjeravaju vrijednosti koji se pojavljuju na izlazu konvertora. Ako se na izlazu pojavi maksimalna vrijednost konverzije to je znak da je došlo do prekoračenja. U tom slučaju se postupak mjerenja odmah obustavlja, vrši se promjena odnosa djelitelja i postupak ponavlja. Drugi kriterijum je da se rezultat mjerenja prikazuje u 4 – cifrenom obliku. Ako rezultat premaši oblik 9999, odnos dijeljenja djelitelja se povećava. Isto tako ako se rezultat smanji na 3 – cifreni oblik, odnos dijeljenja se smanjuje. Decimalna tačka između cifara postavlja se u zavisnosti od toga koji je prekidač u djelitelju uključen.

Mjerenje faznog pomjeraja napona svodi se na određivanje broja obiraka od trenutka prolaza referentnog napona kroz nulu do trenutka prolaza mjenog napona kroz nulu. Startovanje programa za brojanje odbiraka vrši komparator prilikom promjene referentnog napona sa negativne u pozitivnu vrijednost. Za određivanje trenutka prolaza napona kroz nulu vrše se ispitivanja vrijednosti svih odbiraka napona. Zbog mogućih smetnji i oscilacija mjenog napona registruju se svi prolazi kroz nulu i oni se kasnije analiziraju. Ako se detektuje više prolaza kroz nulu u kratkom vremenskom intervalu što ukazuje na oscilacije, vrši se usrednjavanje dobijenih podataka. Isto tako uzimaju se podaci o prolazu kroz nulu u toku 3 pune periode i međusobno upoređuju. Ako se pokaže da je prvi prolaz isuviše blizu prolaza kroz nulu referentnog napona i nije pouzdan zbog oscilacija, uzima se podatak o drugom prolazu.

Mjerni uređaj vrši prikazivanje vrijednosti faznog pomjeraja sa rezolucijom 0,1°. Da bi se to ostvarilo potrebno je punu periodu podijeliti na 3600 odbiraka pri čemu konvertor treba da radi sa frekvencijom 180 000 konverzija u sekundi. Kako mjerenje napona nije striktno vezano za frekvenciju 50 Hz, uzima se stvarni broj odbiraka, a pomjeraj se preračunava u stepene prema određenoj razmjeri. Za povećanje tačnosti, odbirci se broje u toku 4 pune periode što odgovara vrijednosti 14 400 odbiraka pri frekvenciji od 50 Hz. Fazni pomjeraj se sada određuje prema proporciji:

$$\varphi = \frac{3600 K}{N} n_p \quad (2)$$

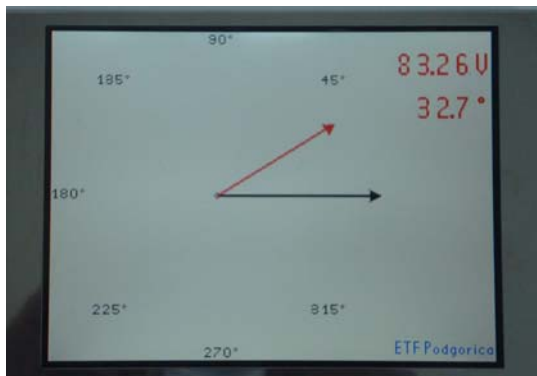
gdje je φ - fazni pomjeraj napona u stepenima, K – broj punih perioda u toku mjerenja a koji u ovom slučaju iznosi 4, N – stvarni broj odbiraka u toku 4 periode, n_p – broj odbiraka

između prolazaka kroz nulu referentnog i napona koji se mjeri. Ovakvim načinom računanja omogućeno je da se fazni pomjeraj može određivati u frekventnom opsegu 30 – 70 Hz bez osjetnog smanjenja tačnosti.

Sva računanja se izvode u aritmetici fiksirane tačke u 32 – bitnom formatu decimalnih vrijednosti.

Kod prikazivanja na displeju, može se pojaviti problem praćenja rezultata u slučaju brzih promjena. Da bi se problem ublažio, vrši se usrednjavanje rezultata i to tako što se rezultati posljednjeg mjerenja sabiraju sa predhodnim a tako dobijena vrijednost dijeli sa 2. Usrednjavanje se vrši samo za male promjene, manje od $\frac{1}{4}$ izmjerene vrijednosti da se ne bi usporavao proces prikazivanja u slučaju velikih promjena.

6. PRIKAZIVANJE REZULTATA



Slika 6. Prikazivanje rezultata mjerenja na displeju

Rezultati mjerenja se prikazuju na grafičkom LCD-TFT displeju rezolucije 320x240 piksela. U konkretnom slučaju korišćen je displej VGG322403-7UFLWA [4]. Mikrokontroler na osnovu dobijenih podataka formira sliku, generiše sinhroimpulse i prenosi podatke u displej. Detaljnije

o načinu formiranja slike može se naći u [5]. Objašnjenje protokola za prenos podataka u displej dato je u [4].

Način prikazivanja rezultata dat je na slici 6. Fazor napona je dat u obliku crvene linije. Dužina linije je proporcionalna naponu koji se mjeri a ugao u odnosu na faznu osu odgovara faznom pomjeraju. Fazna osa je prikazana crnom linijom. Kako se zbog niske rezolucije displeja ne mogu precizno određivati rezultati na osnovu položaja fazora, sa desne strane se prikazuju rezultati u digitalnom obliku.

7. ZAKLJUČAK

Mjerni uređaj ima sljedeće karakteristike: Greška mjerenja napona ne prelazi vrijednost 0,5%. Greška faznog pomjeraja je ispod 0,1°. Vrijeme između dva prikazivanja rezultata je oko 0,3 s, što je optimalno vrijeme za praćenje promjena na displeju. Vrijeme prebacivanja mjernih opsega iznosi svega 0,1 s.

LITERATURA

- [1] Analog Devices, Inc. CMOS Low Voltage 4 _ Quad SPST Switches ADG711 /ADG712 /ADG713, www.analog.com
- [2] Linear Technology Corporation, LTC2360/ LTC2361/ LTC2362 100ksps/250ksps/500ksps,12-Bit Serial ADCs, www.linear.com
- [3] Microchip Technology Inc, dsPIC33FJxxxGPx02x04 DataSheet, <http://support.microchip.com>
- [4] [Vebst Electronics LTD, Product Specification For LCD Module VGG322403-7UFLWA, www.wbest.com.tw
- [5] Aleksandar Dedić, Grafičko prikazivanje vektora električnih veličina na tft-lcd displeju, Informacione tehnologije, Žabljak 2010. godine

MULTIPLATFORMNA SINHRONIZACISKA TEHNIKA ZA AKVIZICIJU NA BIAKSIJALNOJ VIBRO-PLATFORMI

MULTIPLATFORM DAQ SYNCHRONIZATION TECHNIQUE OF A BIAXIAL SHAKING TABLE FOR STRUCTURAL TESTING

Roman Golubovski, Republic of Macedonia

Sadržaj: Instrumentacijski problemi iz prakse su puni predizika jer po pravilu obuhvataju hibridne akvizicijske (DAQ) sisteme, sastavljene od različitih hardverskih platformi. Sustinski problem u takvim hibridnim sistemima je sinhronizacija akvizicije na svim platformama i kombinovanje podataka. Ovaj članak ilustrira resenje za 152-kanalnu akviziciju na 40-tonskoj vibro-platformi za strukturna testiranja.

Abstract: Practical instrumentation setups are more or less always challenging due to the different platforms of Data Acquisition (DAQ) they usually embrace. The essential problem with the use of such hybrid setups is the synchronization of the DAQ on all the platforms used, as well as combining their data. This article depicts a solution for a 152-channel DAQ on a 40-ton biaxial shaking table for structural testing.

1. THE BIAXIAL SHAKING TABLE

The shaking table on which structural models are installed in order to be subjected to a biaxial earthquake motion, is a prestressed reinforced concrete plate, 5.0 x 5.0 m in plan (figure 1).



Figure 1. The biaxial shaking table

The table is supported by four vertical hydraulic actuators located at four corners at a distance of 3.5m in both orthogonal directions. The table is controlled in horizontal direction by two hydraulic actuators at a distance of 3.5m with a total force capacity of 850kN. The four vertical actuators have a total force capacity of 888kN.

The shaking system controls five degrees of freedom - two translations and three rotations (figure 2). The digital (embedded PowerPC) control system controls displacement, velocity, differential pressure and acceleration of the six actuators.

Reverse control is provided by three variable servo control system which is capable of controlling displacement,

velocity and acceleration simultaneously - in the low frequencies the system provides control by displacement, while for higher frequencies in respect to acceleration.

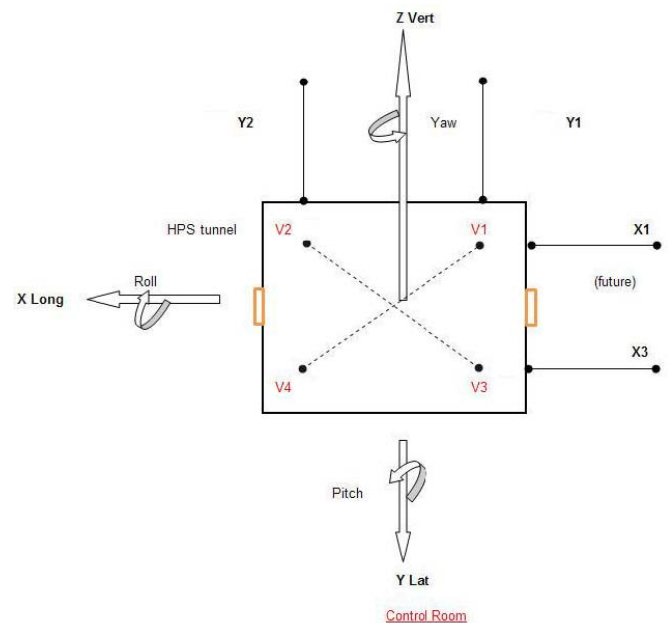


Figure 2. Degrees of Freedom (DOFs)

Maximum model mass is 40t with height over 7m, and dynamic range up to 80Hz.

Typical models include buildings or structural assemblages in given scale (figure 3), bridges and dams, power equipment and industrial objects, special structures like water and cooling towers, nuclear power plants, etc.

Typical services are related to seismic qualification according to certain standards (like IEEE 693), as well as proof testing of different products subjected to dynamic or earthquake effects, as required by standards.



Figure 3. Model of a church

2. THE CHALLENGE

Instrumentation of structures subjected to dynamic testing (scaled earthquake simulation, random & sweep resonant searches as well as synthetic spectrum excitation) requires lot of sensors to be appropriately positioned.

Four types of sensors (channels) are used:

- LVDT - linear variable differential transformer
- LP - linear potentiometer
- ACC - accelerometer
- SG - strain gauge

LPs and LVDTs are used to calculate the relative movements of segments of the structure (storeys) with respect to the rest of it (showing the elasticity of the object). ACCs and SGs measure the acceleration of and the strain on the critical points of the structure, providing important information on the tensions it suffers as well as on the cracking conditions.

Figure 4 shows a typical model of a structure instrumented with LPs (yellow strains), LVDTs (green stiff joints) and ACCs & SGs (red marked locations).

Amazingly, values of relative displacements (DIS) are measured in the range of 10mm along with accelerations (ACC) of sometimes 2g - implicating high tensions in stiff structures. This requires high resolution of the data acquisition (DAQ) system in both the time and frequency domains.

DAQ standard is 24-bit A/D conversion and up to 102.4kHz acquired spectrum for DSA (dynamic signal acquisition). The latter is usually required for an optimal anti-aliasing filtering, so signals are commonly down sampled afterwards according to the specific requirements.

So the DAQ challenge presents itself explicitly as a need to detect [mm] of movements as well as propagations (velocities - VEL) in stiff materials that range well over 10km/s implicating time determinism of [μs].



Figure 4. Typical test model of building

Given the spectral requirements a single DAQ channel would require 102.4kS/s (minimal sampling rate for the 51.2kHz spectrum), 4 bytes per sample (24bit acquisition normally packed with 4B), therefore 409.6kB/s (0.5MB/s).

DAQ equipment is multiplatform, reflecting different technological periods of purchase as well as implying the financial capacity which allows for gradual procurement in time.

The "core" of the DAQ is a PXI chassis with 9x 8-channels DSA modules and a signal generation module all of them providing 72 simultaneous DSA channels IEP current sourcing capable (figure 5). Added are 3x cDAQ Ethernet chassis providing DSA modules for SG acquisition of 80 bridge-based channels (figure 6). System excitation is generated and coordinated with the table's three variable (AVD) and 5x DoF control by the embedded PowerPC controller.

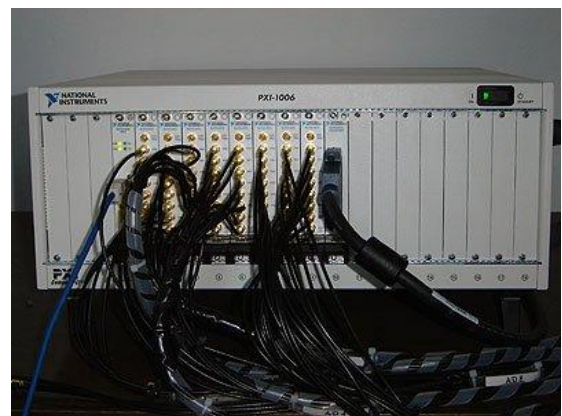


Figure 5. The PXI chassis



Figure 6. The cDAQ chassis

3. THE SOLUTION

The PXI chassis streams to the desktop PC via a serial optical link. The cDAQ chassis stream over Ethernet. Although signals are post-processed, yet the Real-Time acquisition has to be achieved and the following problems are therefore addressed:

- bandwidth limitations and data throughput
- simultaneous START & CLK of DAQ triggering
- CLOCK synchronization
- synchronized file streaming
- data streaming to Internet (optional tele-presence)

The required bandwidth for the typical sampling rate of 102.4kS/s is about 36MB/s for the PXI chassis via its serial link, and about 40MB/s for the three cDAQ chassis via their Ethernet LAN. The cDAQ LAN is dedicated for the three cDAQ chassis and a dedicated NIC of the DAQ PC. The PC under WindowsXP can successfully stream these 76MB/s to its SCSI disk system, while performing all of its other OS and application tasks.

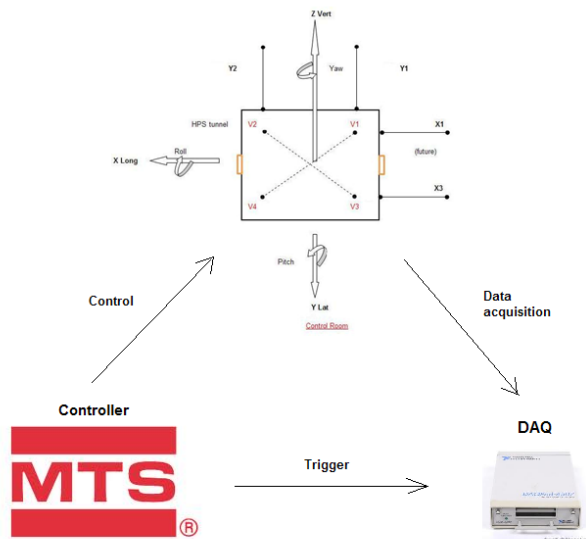


Figure 7. Table-Controller-DAQ scheme

The synchronization has two issues - synchronous START of DAQ on all four chassis, and a single CLOCK signal triggering the 152 simultaneous A/D converters on the four chassis (all driven by local time bases). Additionally, safe parallel streaming to disk into four files.

Figure 7 shows the connection concept. The START (DAQ) signal being associated with the event of beginning the signal generation, is taken from the controller's marshalling panel and distributed to all four chassis via equally long cables.

The CLOCK is shared from the PXI chassis' time base and appropriately divided for the cDAQ platform to avoid the jitter among the 152 ADCs.

On the software level, the problem of storing those 76MB/s in real-time, as well as performing some digital conditions for the end-of-DAQ is solved.

The application implements a manageable set of FIFO buffers for the incoming chunks of the four DAQ tasks as well as a producer-consumer loops methodology (in LabVIEW) for prioritizing DAQ and disk-streaming (figure 9).

The producer loop performs the DAQ on all four tasks in an asynchronous manner yet in real-time stamping. It also monitors the digital START trigger as to sense the end of DAQ by the controller. It also stores the chunks of incoming data into four FIFO buffers to pile up for disk streaming.

The consumer (low priority) loop takes data off the FIFO buffers effectively and streams it into four binary files for post processing.

Both the producer and the consumer loops allow time slots for some data indexing and on-the-fly processing for some alarming purposes.

This kind of synchronization techniques allows also for UDP/TCP streaming in parallel to the disk streaming (figure 9).

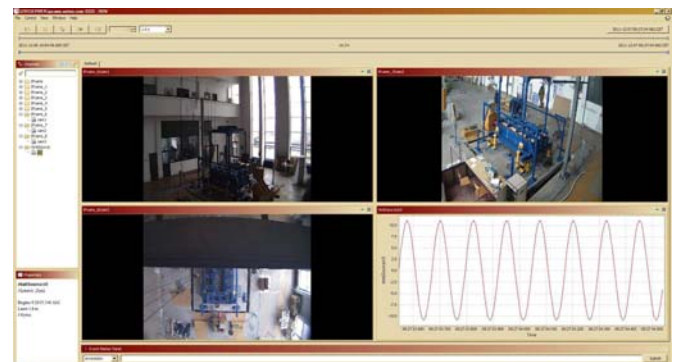


Figure 8. Live video & data streaming ethernet

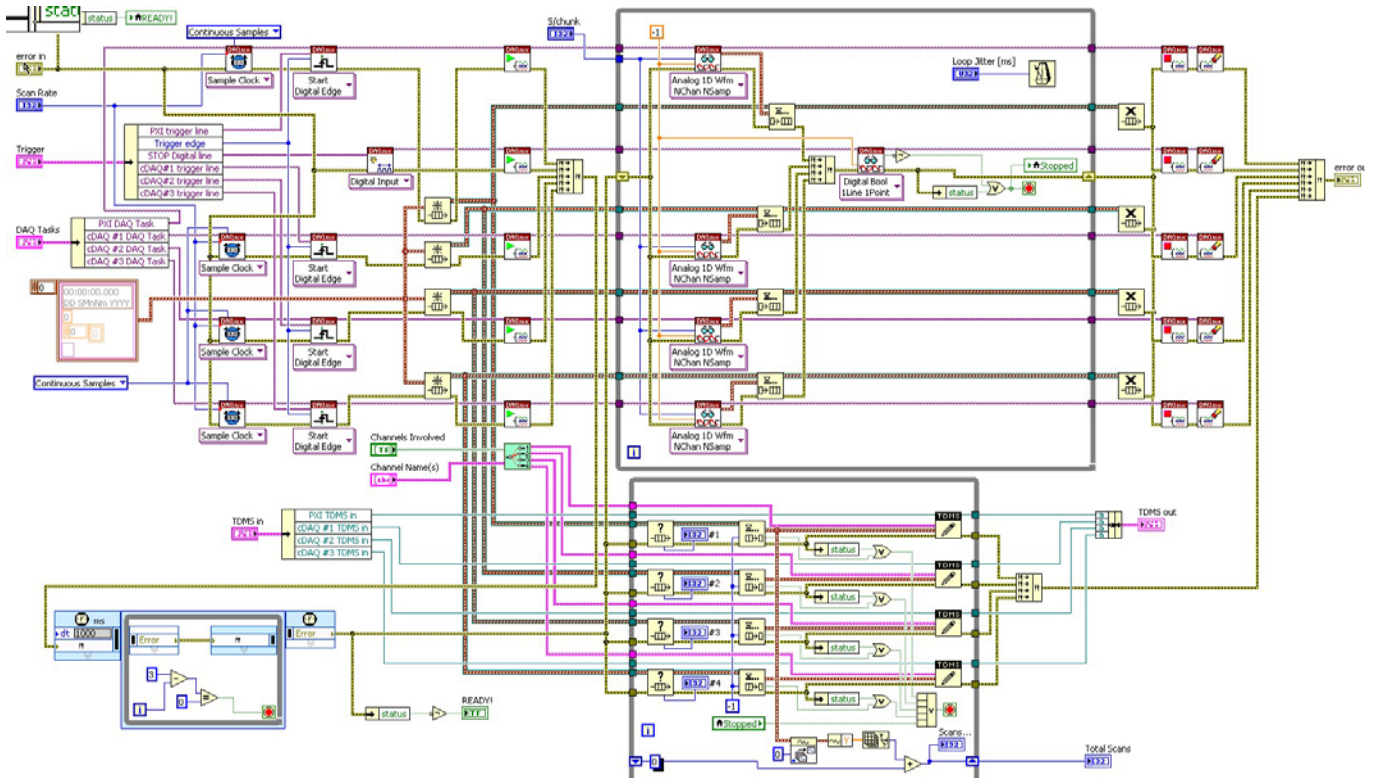


Figure 9. FIFO based streaming system (in LabVIEW)

The source code on figure 9 is in LabVIEW. It depicts the core subroutine for the DAQ and disk streaming. It dynamically allocates RAM for the four FIFO buffers with their elements being clusters of waveform type of data (structures of a time-stamp, sampling period and acquired array of data).

This routine also configures the timing and synchronization of all four chassis and distributes START and CLOCK for the DAQ.

The producer (upper) loop reads packed chunks of the corresponding channels of the four chassis and stores them in their respective FIFOs. Data from the cDAQ chassis come via Ethernet LAN, and from the PXI chassis via the optical serial link. The producer loop also checks the START signal on an additional digital (DI) TTL line for the STOP of DAQ. This loop is of highest priority and is therefore "relieved" from processing activities other than filling the FIFOs.

The consumer (lower) loop deals with the data streaming to disk. It uses structured (data-base like) file packing of the parallel chunks taken off the FIFOs. It uses custom channels naming in the TDMS file format. TCP streaming is also applicable inside this consumer loop

4. CONCLUSION

The described multiplatform synchronization acquisition methodology has proved itself to be a successful one. It allows for effective DAQ setups to be organized around average cheap desktop computers with non-deterministic OS like Windows. Powerful programming APIs like LabVIEW allows for appropriate applications of deterministic data handling to be deployed.

REFERENCES

- [1] PXI-1006 User Manual and Specifications, National Instruments
- [2] PXI-1006 Trigger and Synchronization Facts, National Instruments
- [3] cDAQ-9188 User Manual and Specifications, National Instruments, 2012
- [4] Routing PXI Trigger Lines Across the Buses of Multisegment PXI Chassis, National Instruments

METODE SOFTVERSKOG PROCESIRANJA BIO-POTENCIJALA METHODS OF BIOPOTENTIALS SOFTWARE PROCESSING

Roman Golubovski, Republic of Macedonia

Sadržaj: *Moderne Informacione tehnologije omogućuju neograničene aplikacije signal procesiranja u Biomedicinskom inženjeringu bez nekada nebežnog analognog hardvera za instrumentacisko predprocesiranje. Ovaj članak ilustrira dve aplikacije softverskog procesiranja EEG i EKG biosignala.*

Abstract: *Modern ITechnologies allows for limitless applications of DSP (digital signal processing) in the Biomedical Engineering, avoiding the once unavoidable analogue hardware conditioning and instrumentation pre-processing. This paper depicts two prominent applications of software processing in the fields of EEG and ECG.*

1. INTRODUCTION

The EEG project application models the learning process in humans based on the classic conditioning theory. The DSP challenge was to extract the ERP (event-related potential) from the overwhelming EEG (electroencephalogram) "noise" and derive its anticipatory component - the CNV (contingent negative variation) wave. No classic filtering is applicable due to the fact that ERP is submerged in at least 1:10 ratio inside the EEG. So iterative averaging filter is defined that successfully extracts the ERP potential.

The ECG (electrocardiogram) project tackles with real, signal degraded and fast (typical neonatal) rhythms automating the standard ECG diagnosis. Commercial ECG devices do not analyze such fast rhythms, thus presenting a DSP challenge that can be met with a novel Mathematical Morphology (MM) method resulting into an 1D signal processing application.

2. THE EEG DSP APPLICATION

Brain potentials are divided into spontaneous and event-related. The spontaneous result from the regular brain activity also known as the EEG potentials. The event-related potentials (ERP) result from external brain excitation (event) and can be divided into *evoked* and *anticipatory*. Evoked potentials appear after the excitation as a reflex of the brain. Anticipatory potentials appear before the corresponding event and represent an expectation of the same and usually a motor preparation process for it in the brain. The most prominent example of the expectation-related potential is the contingent negative variation (CNV) potential.

The CNV experiment is based on the CNV paradigm which applies two brain stimuli (S_1 and S_2 , usually audio) to the subject and with constant interstimulus interval (ISI). S_1 is a warning stimulus and S_2 is an imperative stimulus that the subject has to react on. The subject's reaction is applied to the experiment to prevent subject's concentration from lowering. The procedure is repeated tens of times, during which an ERP produced in the EEG trace between the stimuli

shapes itself toward a specific CNV wave. The ERP after 10-20 trials can clearly show both components - the evoked (short) potential due to S_1 as well as the anticipatory (late, expectancy) potential together with the preparatory potential prior and due to S_2 .

The DCNV (Dynamic CNV) experiment is an extension of the CNV experiment as defined above. The extension is actually a closed loop (bio-feedback) which enables switching S_2 ON and OFF the due to fulfilling certain conditions in the experiment's environment, thus forcing a cyclic process of building and degrading of the CNV wave. Subject is not informed about the nature of both stimuli, so the expectation of appearance (absence) of S_2 during the experiment completely corresponds to the learning process. This allows modeling of the learning process. The CNV wave (extracted ERP) can be qualified by one of its parameters like amplitude, slope, etc. After the experiment, a statistical curve of the qualifying parameter (one of the mentioned) is drawn across the trials. This statistical curve is denoted as the *electroexpectogram* (EXG) and directly presents the subject's cognitive capabilities. Typical EXG curve is presented on figure 3. As current researches at the Institute of physiology indicated, it is expected future clinical researches at the Clinic of neurology to demonstrate distinctive differences in this statistics between different categories like: healthy and patients with some kinds of neurological disturbances (epileptic, etc.), or children and adults, etc.

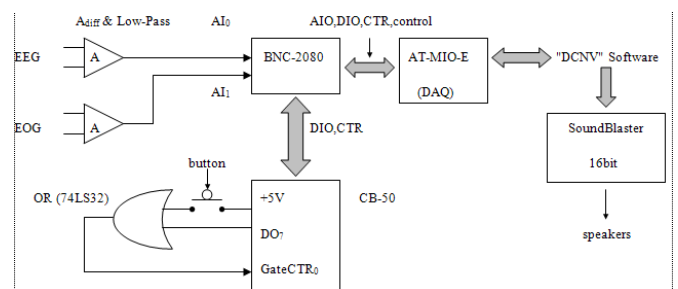


Figure 1. The hardware setup

The hardware setup shown on Figure 1 is organized around a general purpose acquisition board performing DAQ in the μV range.

The system acquires two differential analogue channels, the EEG and the EOG. The excitation is of type audio, S_1 being a short (0.5s) 1kHz warning beep and S_2 being a longer (3.2s) 2kHz imperative beep. It is essential that the subject is not aware neither of the nature nor of the number of the stimuli. The acquisition lasts for 7s and is buffered and hardware timed. S_1 is issued in $t=1\text{s}$ into the acquisition, S_2 is issued in $t=3\text{s}$ if applied by the algorithm. During the experiment, the subject learns about the number, nature and order of the stimuli, thus demonstrating the process of learning by shaping the ERP wave toward the expected CNV. The subject has to react upon hearing S_2 by pressing the button and immediately stopping it. This is prevention from falling asleep and lowering of concentration. The number of trials in the experiment is set to maximum 100 successful (120 trials total). The *gap* between two consequent trials varies from 12-15s to avoid timing determinism. As mentioned in the introduction, the criterion for ERP being a CNV can be defined in several ways. It could be an ERP with amplitude at S_2 above predefined threshold, or an ERP with slope of its linearized interval between S_1 and S_2 above predefined threshold, or a combination of both. After three consequent CNVs detected, S_2 is turned OFF and the subject *learns to forget* the imperative stimulus thus lowering the value of the CNV-qualifying parameter. After three consequent NOT-CNVs, S_2 is turned ON again, and so on.

The EOG trace is used for automatic validation of the EEG trace against artifacts defined as voltage sequences longer and higher than preset thresholds. There is a second manual criterion applied, where the operator can reject current EEG if artifacts are recognized visually. Rejection of such trials is necessary since the process of extraction of the ERP uses a cumulative iterative filter that averages the acquired signal by ensemble, so every artifact that passes it will influence the extracted ERP till the end of the experiment.

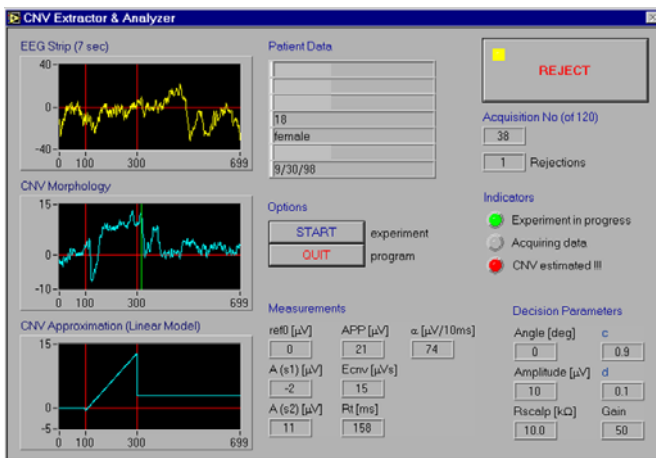


Figure 2. Main panel

The main panel shows the acquired EEG signal in the current trial, the extracted CNV potential and its linearized model, as well as the required measurements and calculated

values. The green (third) vertical marker on the CNV Morphology represents the reaction time of the subject. The yellow LED in the upper left corner of the REJECT button is ON for 3s after the end of the current acquisition allowing the operator for that period of time to reject it if significant artifacts are noticed on the EEG strip. Maximum of 120 trials can be performed (limit of subject's patience) but 100 successful are required. Measured values are the absolute offset (ref_0) and the reaction time (R_t). Calculated values are the amplitudes of the CNV wave at S_1 and S_2 - $A(S_1)$ and $A(S_2)$, having calculated the latencies of both stimuli, as well as the difference of the maximum and the minimum in the ISI - APP, the energy of the CNV wave in the ISI and the slope of the same calculated from the linearized model. "Gain" relates to the amplification, and c and d are parameters of the optimal cumulative filter for CNV extraction. The optimal filter in its iterative and explicit forms is as follows:

$$CNV_i = d \cdot CNV_{i-1} + c \cdot EEG_i$$

$$CNV_n = \sum_{i=0}^n d^i \cdot EEG_i$$

The stability of the filter is obviously achieved by keeping $d < 1$, and $d < c$ secures dominant influence of the current EEG sequence in the current CNV extraction.

Figure 4 shows the iterative CNV filtration with the corresponding EEG strips on Figure 3.

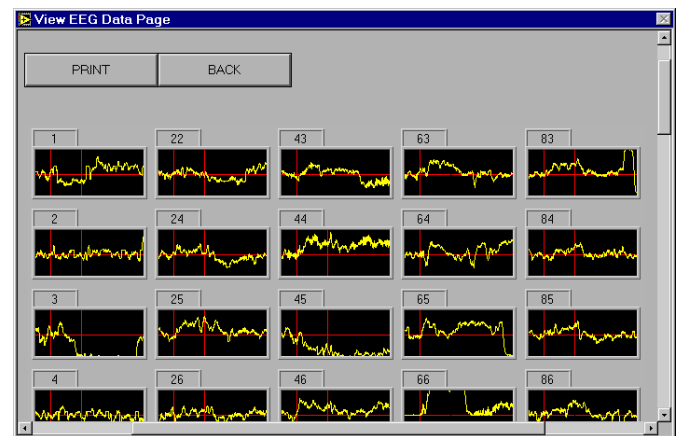


Figure 3. EEG history

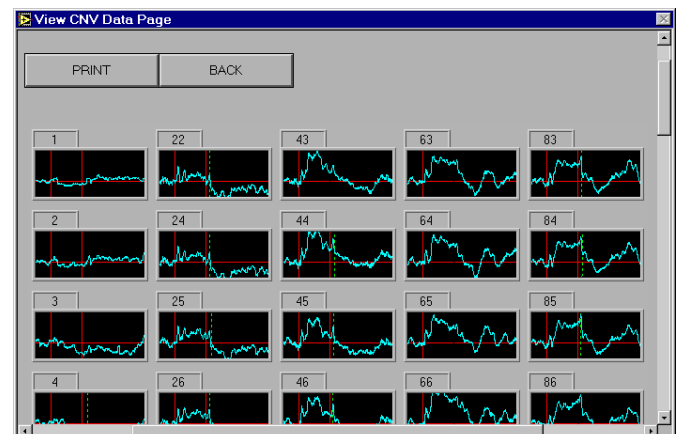


Figure 4. CNV history

The application is completely hardware-synchronized software. The acquisition is timed by the on-board clock of the acquisition card. The audio stimulation performed through the sound card is based on WAV strings prepared in the memory prior to the start of the experiment and triggered by the clock too. The reaction time is measured by the on-board counter, started by a digital output from the card issuing pulse at the same moment with the start of S_2 and stopped by the user press or the time-out pulse applied again by the same digital line.

3. THE ECG DSP APPLICATION

Acquired ECG signal is degraded by low-pass EMG drift modifying its baseline; and by power net interference, high-pass noise and A/D conversion compromising its morphology. One of the main problems in the automated ECG analysis is to filter out the baseline wander, and extract the isoelectric reference, thus enabling accurate measurements and morphology recognition. Using Gray-scale Mathematical Morphology (MM) primitive operators, accurate baseline extraction is performed in three steps. First is to determine the exact heart rate (HR), which is done by high-pass MM filtering and R-wave detection. In the second step, preliminary baseline estimation is performed using low-pass MM filtering, thus allowing accurate morphology recognition. In the third step, the baseline is corrected using the ending points of TP intervals (P-start) which are considered as truly isoelectric. This procedure allows accurate baseline extraction and recognition of the complete morphology, as well as measurements and calculation of all amplitudes, ST segment elevation and relevant intervals (P, QRS, RR, PR, QT, QTc). Mentioned parameters are filtered against artifacts by calculating their median values for whole strips. The Mathematical Morphology offers a reliable solution for the baseline extraction problem, allowing ECG analysis for holter and monitoring applications.

The Morphology Filter (MF) for ECG strip analysis is intended for a 24h surveillance of the ST segment elevation as well as the rest of the ECG parameters in CCU patients. For testing purpose, the acquired signals were not filtered against net interference (50/60Hz), EMG Low-Pass drift and baseline wander. Other characteristics are: extremely high HR (babies) and low Analog-to-Digital Conversion (ADC) quality. The desired characteristic for extraction from the original signal is its baseline wander (isoelectric reference), so a flat structuring element (SE) is chosen.

If the digitized ECG signal and the chosen SE are denoted with \mathbf{f} and \mathbf{k} respectively, in the integer domain:

$$\begin{aligned} F &= \{0, 1, \dots, N-1\} \Leftrightarrow f : F \rightarrow I \\ K &= \{0, 1, \dots, M-1\} \Leftrightarrow k : K \rightarrow I \\ N &> M \end{aligned}$$

then formal definitions of the GS MM primitive operators for the *erosion* of f by k and *dilation* of f by k are respectively defined as:

$$(f \ominus k)(m) = \min_{n=0, \dots, M-1} f(m+n) - k(n)$$

$$m = 0, \dots, N-M$$

$$(f \oplus k)(m) = \max_{n=m-(M-1), \dots, m} f(n) + k(m-n)$$

$$m = M-1, M, \dots, N-1$$

Figure 5 illustrates the shrinking and expanding effects of the applied erosion and dilation on the original signal, respectively (SE is not optimized):

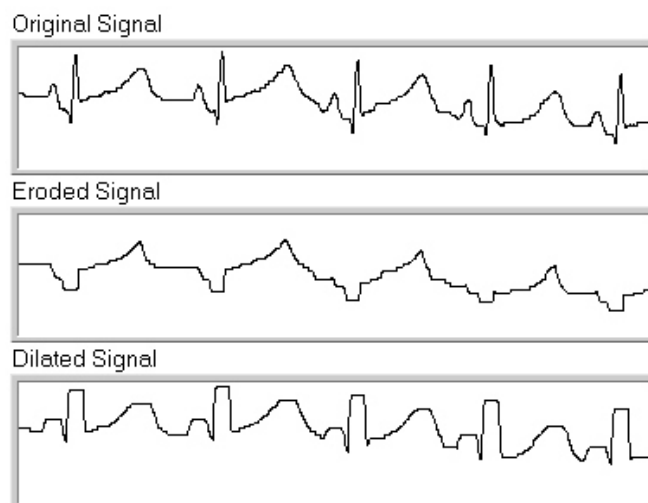


Figure 5. Erosion and dilation of an ECG signal

Accordingly, the GS morphological operators for the *opening* of f by k and *closing* of f by k are defined as consecutive operations of erosion followed by dilation and dilation followed by erosion respectively:

$$f \circ k = (f \ominus k) \oplus k$$

$$f \bullet k = (f \oplus k) \ominus k$$

Figure 6 illustrates the effects of both when applied on the same original. Obviously, the opening of the signal implies sliding of the SE along it and cutting off its *peaks*; and the closing of the signal implies filling up its *valleys*. The results depend on the size of the SE, thus consecutive application of opening and closing in either order will result in attenuation of parts of the spectrum just like standard Low/High/Band-Stop/Pass filter.

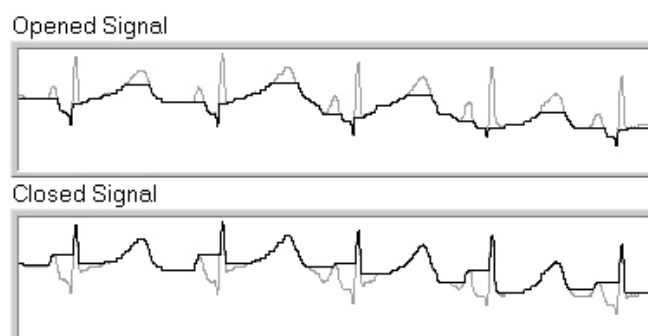


Figure 6. Opening and closing of an ECG signal

Preliminary baseline estimation is the average of both, the opening-closing and closing-opening combinations (Fig 7):

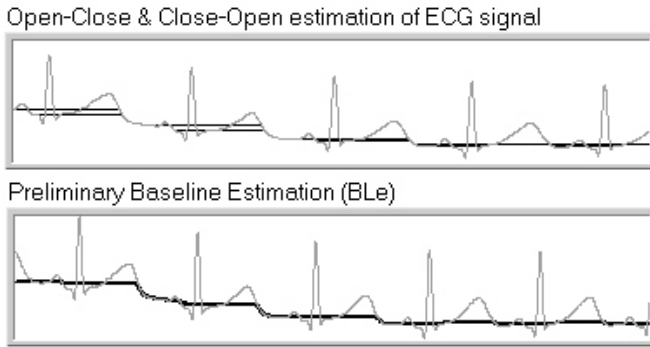


Figure 7. Preliminary BL estimation

Preliminary baseline estimation is needed for the true heart rate determination, after which dominant R/S spikes can be located and the physiological pattern recognition can be performed. Figure 8 presents the Morphology Filter block diagram after which the physiologically based heart rate (HR) determination can be performed in figure 9.

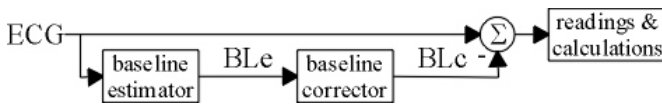


Figure 8. Morphology filter block diagram

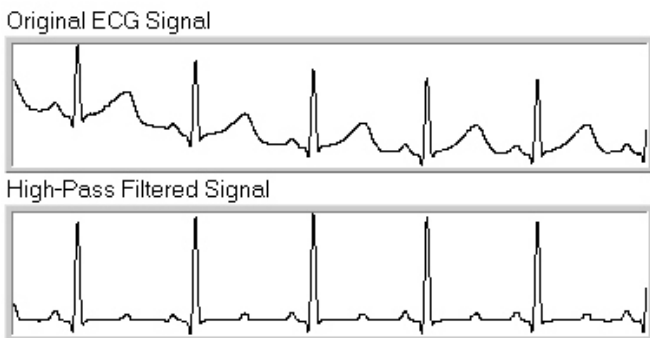


Figure 9. QRS thresholding

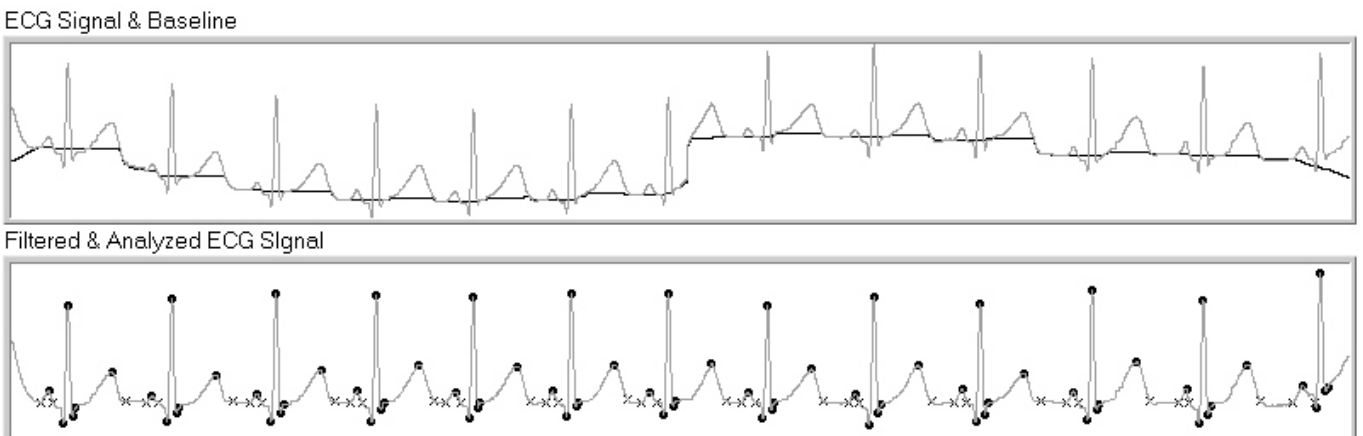


Figure 10. MF analyzed ECG strip (lead DII, 6 sec)

Once the BL is estimated (BLe), using physiological constraints it is possible to perform pattern recognition of the complete PQRST morphology of the ECG signal. Using the recognized P waves it is possible to locate true isoelectric points (P waves starting deflection moments) to correct the BL - only TP segments can be considered isoelectric.

Once the final BL is determined, using the physiological constraints (clinical experience) and the already time-determined ECG morphology, all calculated time segments and voltage deflections can be derived (figure 10).

Relevant amplitudes are read (measured) at the P, R, T and ST positions, and time intervals are calculated for P width, QRS duration, RR interval, PR interval, QT interval and QTc. For each measurement or calculation, calculated are also its mean value, standard deviation and median value within the analyzed ECG strip, thus applying statistical reliability. Using these statistical values for each measurement within the strip (taken from all P-QRS-T complexes) extreme deviations due to artifacts are automatically rejected. The standard deviation can indicate possible arrhythmia detection.

4. CONCLUSION

The two described biomedical applications depict the power of software DSP of physiological potentials without the need of the usual processing hardware.

Both methodologies show the benefit of using the modern software development tools and cheap computers in applications where certain level of "intelligence" is required to overcome the processing difficulties and challenges.

The EEG project would be impossible to realize with the conventional hardware in commercial EEG recorders. The ECG application also works in a domain beyond the capabilities and functionality of commercial ECG recorders.

REFERENCES

- [1] J. Serra "Introduction to Mathematical Morphology", *Computer Vision, Graphics & Image Processing.*, vol. 38, no. 3
- [2] D. Wang, D. C. He "A Fast Implementation of 1-D Grayscale Morphological Filters", *IEEE Trans. on Circuits & Systems - II: Analog & Digital Signal Processing*, vol. 41, no. 9
- [3] W. McCallum, "Cerebral Psychophysiology: Studies in Event-Related Potentials", Elsevier, 1986

SCADA SISTEMI U PROŠIRENJU I AUTOMATIZACII T.S 110/10 kV “DRAČEVO” SCADA SYSTEMS IN UPGRADE AND AUTOMATISATION OF S.S. 110/10 kV “DRACEVO”

Vasilija Sarac, Saso Gelev, Dragan Minovski, Goce Stefanov, Roman Golubovski, *Electrotechnical Faculty, University “Goce Delcev”, Štip, Makedonija*

Sadržaj: 35/10 kV trafostanica Dračevo je radila u sklopu distributivne mreže grada Skoplja u toku niz godina. Kao rezultat povećanje potrošnje trafostanica je proširena i podignuta na 110 kV naponski nivo. Ovo proširenje uključuje izgradnju 110 kV naponskog nivoa kao i zamenu postojećih 10 kV čelija sa novim čelijama za unutrašnju montažu. Projekt je obuhvatao i instalaciju novog sistema za automatizovano vodjenje trafostanice Sicam PAS koji je omogućio daljinsko upravljanje sa rasklopnim uredima na 110 kV nivou kao i povezivanje i razmenu podataka sa loklanim kontrolnim sistemom na 10 kV nivou. Kompletno hardversko i softversko rešenje je proizvod kompanije Siemens .

Abstract: 35/10 kV substation Dracevo operated for many years as part of the power distribution network of Skopje, the capital of the Republic of Macedonia. Due to the increase of the consumption, the substation was upgraded on 110 kV voltage level. The upgrade of the substation included 110kV switchyard and replacement of the existing 10kV switchyard with new enlarged indoor 10 kV switchgear. The project included installation of new automation system Sicam PAS for remote control of switchgear devices on 110 kV level as well as connection and data exchanging with local control system of 10 kV level. Complete hardware and software solution is product of company Siemens.

1. INTRODUCTION

Increasesment of consumption of electricity in the region of city Skopje, has lead to upgrade of s.s. 35/10 kV Dracevo to 110 kV level. Reconstruction included installation of new 110 kV switchyard, as well as replacement of complete 10 kV switchyard with new 10 kV switchgears. Besides replacement and upgrade of primary equipment also complete reconstruction and modernization was done in the part of secondary equipment: protection relays and installation of new system for substation remote control Sicam PAS. For that purpose on 110 kV side were installed intelligent electronic devices-IEDs – bay control units (BCUs) capable of handling the complex control and monitoring tasks. On 10 kV side combined protection and control units were installed which enable connection and data exchanging with 10 kV level and with higher control center while carrying out simultaneously the protection functions in 10 kV switchgears. On that way s.s Pet rovec was integrated in system for local control and monitoring on substation level but in the same time using IEC 101 protocol it was integrated in the control system on the level of whole distribution network in the city of Skopje-Distribution Dispatching Center Skopje.

2. SISTEM OVERVIEW

The SICAM PAS system is an open modular structured telecontrol and substation automation system for digital energy automation. The specific functions of a telecontrol system are combined with those of a programmable controller automation system. On Fig. 1 is presented the starting requirement for substation automation while on Figs. 2 and 3 is presented technical solution of automation system

regarding configuration of control center on substation level and configuration of BCUs on 110 kV level subsequently. Generally SICAM PAS Station Unit is based of SICOMP IMC Industry – Microcomputer with 19 inch rack system. SICAM PAS is suitable for operating the substation not only from one single station computer (station unit), but also in combination with other SICAM PAS systems or station control units.

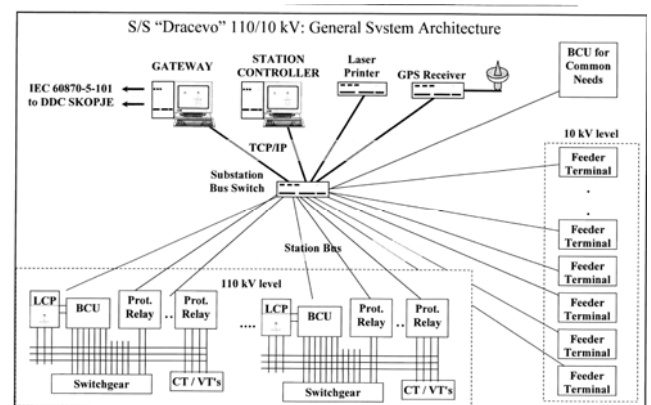


Fig. 1. Overview of system requirements

Communication in this network is based on a powerful Ethernet LAN. With its features and its modular expandability, SICAM PAS covers a broad range of applications and supports distributed system configurations. A distributed SICAM PAS system operates simultaneously on several computers. SICAM PAS can use existing hardware components and communication standards as well as their connections. It controls and registers the process data for all devices of a substation, within the scope of the data transfer protocols supported. SICAM PAS works on PC -

compatible hardware with the Windows XP embedded operating system. The advantages of this platform are low hardware and software costs, ease of operation, scalability, flexibility and constantly available support. A system stores and organizes the database (e.g. configuration data, administrative status data, et c.). The station control unit function for communication with IEDs supports a large number of well-established protocols: IEC 61850 based on Ethernet thus supporting direct exchange of data between IEDs, IEC 60870-5-103, PROFIBUS FMS, PROFIBUS DP, IEC 60870-5-103. The SICAM PAS data normalization function allows such conversions as measurement filtering, threshold calculation and linear characteristics.

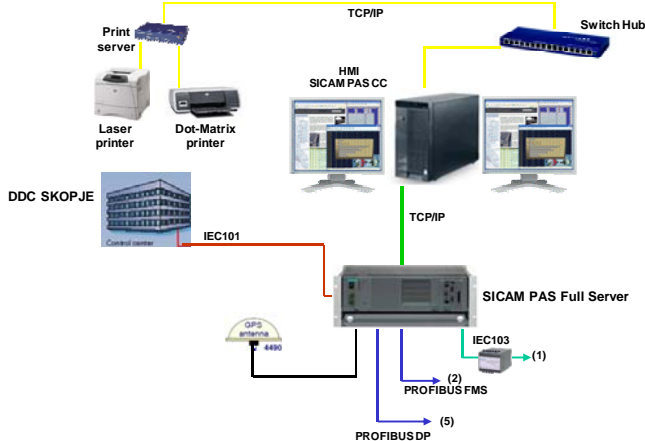


Fig. 2. Architecture of control system on substation level

According to the substation configuration on 110 kV level there are two 110/10 kV transformers, one coupler switchgear, and two over-head transmission lines. Applied solution of automation system on 110 kV level is based on principle that protection and control functions are completely separated therefor in each 110 kV cubicle IEDs for protection functions are installed in protection relays (e.g. 7UT relay for transformer differential protection) while for control purposes are used BCUs-6MD63 which are fully capable of performing all control and monitoring functions. Their connection to the SICAM PAS station unit is established using PROFIBUS FMS protocol while connection to DDC Skopje is established via IEC 101. All substation common signals are led in one programmable logic control module ET 200 S containing 64 digital inputs and 10 analog inputs. As for automatic control of transformer tap-changer which enables automatic regulation of transformer secondary voltage Eberle REGSys™ is used. It is also integrated in substation control system with the aid of IEC 101 protocol. Each REG-D controller can be used as a controller and at the same time as a measuring transformer, recorder and statistics unit. In measuring transformer mode all important network measured values are displayed, in recorder mode the time progression of the voltage being controlled and a second selectable measured value are registered. It has PC-supported archiving and evaluation of recorder data [1].

On 10 kV level are used numerical combined protection and control units 7UT63 which have large display and full set of protection, control and monitoring functions for specified 10 kV switchgear. Part of 10 kV switchgear is presented on Fig. 4.

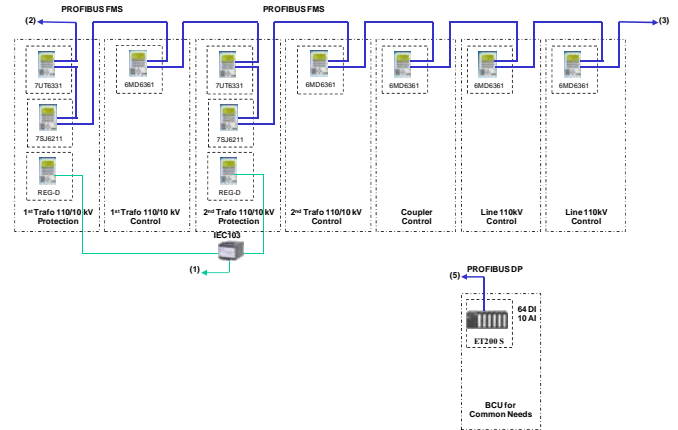


Fig. 3. Architecture of control system on 110 kV control level

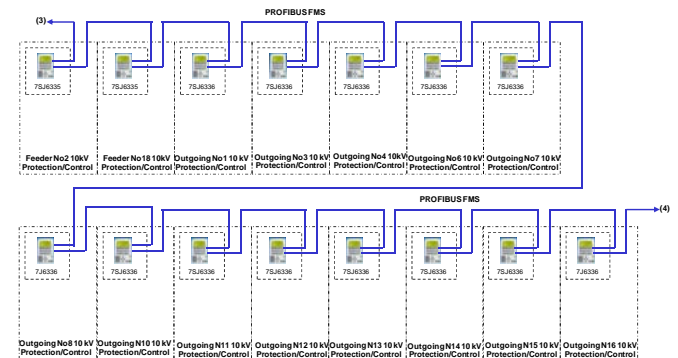


Fig. 4. Architecture of control system on 10 kV control level

3. SISTEM'S CHARACTERISTICS

With its features and its modular expandability, SICAM PAS covers a broad range of applications and supports distributed system configurations. A distributed SICAM PAS system operates simultaneously on several computers. SICAM PAS can use existing hardware components and communication standards as well as their connections. It controls and registers the process data for all devices of a substation, within the scope of the data transfer protocols supported. SICAM PAS is a communication gateway. This is why only one single data connection to a higher-level system control center is required. SICAM PAS enables integration of a fully graphical process visualization system directly in the substation. Time synchronization of all process data is achieved with a module in a station unit for the time synchronization of the connected IED (if supported by the protocol) and the connected HMI-PCs (SICAM PAScc). The clocktime receiver (GPS) is connected to a PC slot of the SICAM PAS station unit. The SICAM PAS is the clocktime master in the system and synchronizes connected bay units and I/O function modules. The time stamp of acquired information is allocated as follows:

Time stamping of the centrally acquired information items is done directly on the I/O function modules. Bay units which are connected via PROFIBUS FMS are each clock-synchronized through the communication connection. The information items are assigned a time stamp there (time with date) for the above protocols, in the bay units directly. Bay units which are connected via IEC 60870-5-103, are clock-synchronized through the communication connection. The

information items are allocated there a time stamp (time without date) for the above logs directly in the bay units. The SICAM PAS adds the date. Further control aspects of SICAM PAS are: interlocking functions such as bay blocking and telecontrol blocking, redundancy, and software for evaluation of measured and metered values as well as software for automatic retrieval of fault recordings from protection relays [2].

SICAM PAS features bay blocking and telecontrol blocking functions. The telecontrol blocking function can also be configured for specific channels so as to prevent the transfer of information to one particular control center during operation, while transfer continues with other control centers. The bay blocking and telecontrol blocking functions act in both the signaling and the command directions. Channel-specific switching authority also makes it possible to distinguish between local control (SICAM PAS C C) and remote control for the switching direction, but also between control center connections. Circuit-breakers can be controlled in synchronized/unsynchronized mode.

The SICAM PAS station unit can be used in a duplicate configuration and can be upgraded to further boost the availability of the station control level. This duplication is possible with IEDs or substation devices that support simultaneous communication with two masters or clients (IEC 61850) SICAM PAS C C serves as the process visualization system.

IndustrialX-Controls are used to control and monitor switchgear. These switching device objects support four different forms of presentation (IEC, DIN, SINAUT LSA, SICAM) for circuit-breakers and disconnectors. It is also possible to create bitmaps (defined for a specific project) to represent switching devices, and to link them to the objects. For informative visualization, not only nominal and spontaneous flashing are supported, but also the display of various device and communication states.

Software package SICAM Valpro can be used to evaluate measured and metered values. It not only allows a graphical and a tabular display of archived values, but also enables subsequent evaluation functions such as minima, maxima and averages (on an hourly or daily basis).

Software package SICAM RecPro supports automatic retrieval and archiving of fault recordings from protection units connected with IEC 60870-5-103, PROFIBUS FMS and IEC 61850. SICAM PAS has following features:

- Multilingual capability
- All operation and monitoring functions on-board. This include not only the graphic system for plant displays and the signalling and archiving system for alarms and measured values, but also a reporting and logging system. Further advantages are integrated user administration, along with the granting and checking of access rights for configuration and runtime operations.
- Consistently scalable, even via the Web in conformity with requirements, the bandwidth ranges from simple single-user through to distributed multi-user systems with redundant servers and multi-site solutions with Web clients.
- Open standards for easy integration

Using any external tools, archived data can be accessed through a series of open interfaces (such as SQL and ODBC) for further editing. Manufacturer-independent

communication with lower level controllers (or with applications such as MS Excel) is supported with OPC (OLE for Process Control). Visual Basic for Applications (VBA), VBScript or ANSI-C create an ideal scope for project-specific solutions.

4. HUMAN-MACHINE INTERFACE

In the SICAM PAS substation automation system the fully graphic process visualisation system SICAM PAScc is the interface between the operator and the computer supported monitoring and control system, the Human Machine Interface- HMI. For efficient operation management a multiplicity of individual information items must be administered and displayed quickly and transparently. The plant status is correctly presented and logged at any instant. Essential indications, and measured and counter values of previous time intervals are archived such that they are available at any time for specific evaluations in curve or tabular form. As for the software requirements WINDOWS XP operating system is needed. After starting of runtime mode by SICAM PAScc, the overview diagram of the plant is displayed (Fig.5). The diagram display is approx. 5 seconds and the update time approx. 2 seconds for the switch objects and the measured value variables. If communication to a device or a module is faulty, the switching device or information items acquired are displayed with the last registered state, in cyan (light blue). If communication between SICAM PAS and SICAM PAScc is faulty, all switching device are displayed dark green indicating fault status, the background of the measured values is coloured in dark grey.

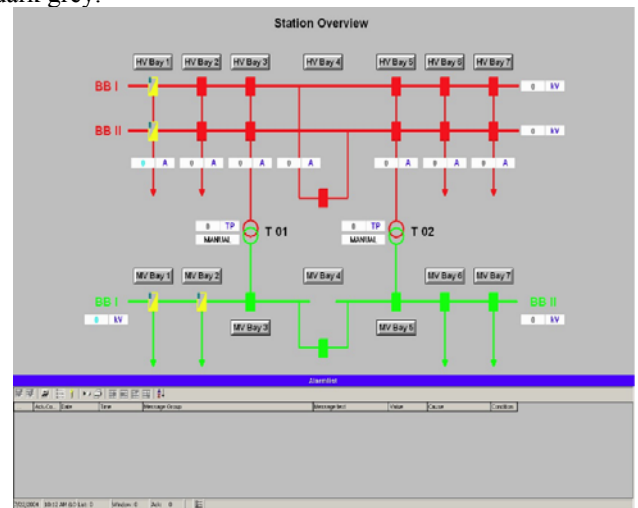


Fig. 5. General substation overview in SCADA system

Status of the switching devices is graphically changed according to the actual state of the switching device- Table 1.

Table 1: Switching device dynamic symbol

Switching device	Status	Symbol on single line diagram
Circuit breaker and disconnector	On	
Circuit breaker and/or disconnector	Off	
Circuit breaker and disconnector	Disrupted	

Buttons with bay names are displayed above the bus bars. By clicking these buttons the detail picture can be activated.

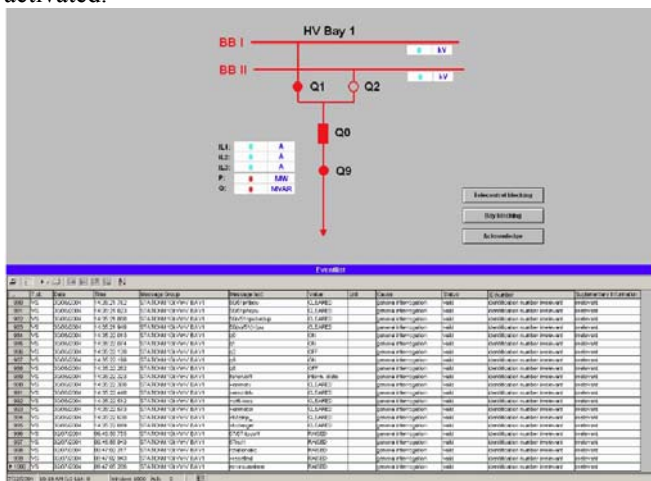


Fig. 6. Detailed overview of 110 kV feeder

The event list is selected by pressing the event list button and the alarm list is selected by pressing the alarm list button. All indications are listed in the event list. Coming entries in the alarm list, which need to be acknowledged are displayed in red. Going entries in the alarm list, which need to be acknowledged are displayed in green. All other entries are shown in black.



Fig. 7. SCADA event list

The SICAM PAScc Valpro package application (measured/counter value processing unit) is used for processing, display and printout of archived measured and counter values. Archiving of measured and counter values is done every 15 minutes. SICAM PAScc Valpro is started using a button in the upper area of the WinCC screen. After start the main window is displayed. The measured and counter values (variables) to be displayed in a variable group are selected there. The presentation can be in curve or tabular form. The individual display formats (zoom, scaling) can be adapted online. Support for following process functions is provided: minimum and maximum derivation, average value formation, power factor computation.

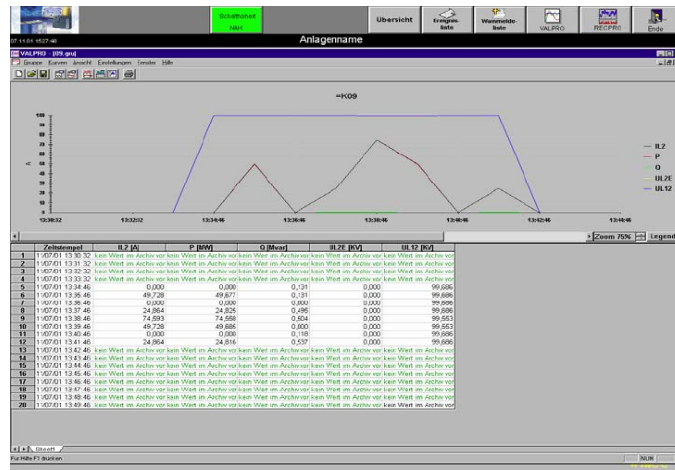


Fig. 8. SICAM PAScc Valpro window of metered values

5. CONCLUSION

Modern contemporary solution of SCADA systems - Sicam PAS, product of company Siemens is implemented in reconstruction and upgrade of high voltage substation 110/10 kV T.S. "Dracevo" in the city of Skopje. The complete high voltage switchyard 110 kV is remotely controlled and monitored from Sicam PAS system by the aid of Sicam PAScc visualisation program interconnected via Sicam station unit with distributed bay control units each one placed in each 110 kV bay. On 110 kV level control and protection functions are completely separated by using separate hardware units for protection and control i.e. bay control units for control and monitoring functions and numerical protection relays for protection functions. On 10 kV level control and protection functions are combined in one complex numerical protection relay enabling control of 10 kV switchyard to be performed locally from protection relays placed in 10 kV panels as well as remotely from SCADA system. Substation control system via protocol IEC 101 is connected to Dispatching Distribution Center of city Skopje. Bay control units and protection relays on 110 kV level as well as protection relays in 10 kV bays are connected to station control unit via PROFIBUS FMS. All important process parameters are remotely controlled including transformer tap-changer position. This contemporary software solution has considerably improved the operation of complete substation enabling to be remotely controlled and monitored thus cutting down the operational cost and reducing the time for faults location and cost for everyday maintenance.

REFERENCES

- [1] Vasilija Sarac, Dragan Minovski "Application of Sicam Pas system in automation and control of T.S. 400/ 110 kV Stip", "10th International Conference Control of Power System", Tatranske Matliare, Slovak Republic, May 2012, p.p 161-162.
- [2] Siemens, *Power Engineering Guide*, Erlangen: Publics Pro, 2008.

UVOĐENJE FAZI LOGIKE U SISTEM UPRAVLJANJA VATROM INTRODUCTION OF FUZZY LOGIC IN FIRE MANAGEMENT SYSTEM

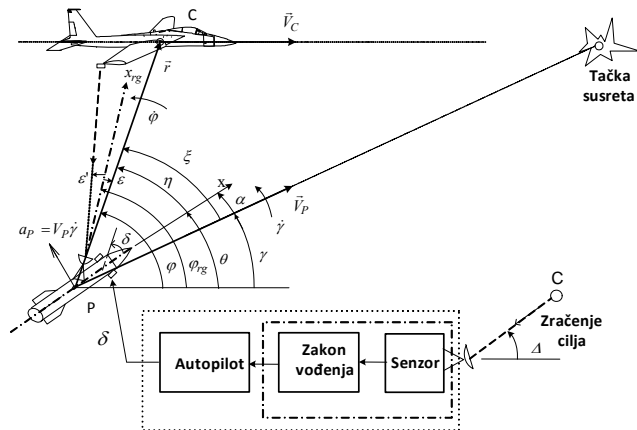
Sašo Gelev, *Elektrotehnički fakultet - Radoviš*

Sadržaj: U ovom radu biće primenjen system fazi logičke baze znanja u sistemu upravljanja vatrom raketnih sistema protivvazdušne odbrane. Cilj primene fazi logike je povećanje kvaliteta procesa vođenja rakete sa minimalnim brojem merenja, i mogućnost korišćenja rezultata za moguće modifikacije postojećih sistema protivvazdušne odbrane (Strela 10). Novo je to što ovde definišemo fazi logičke promenljive i to: brzinu približavanja rakete i cilja drf i ugao preticanja koji zauzimamo na lansirnoj rampi ksif. Ova fazi logički bazirana tehnika reducira potrebu određivanja ovih parametara koji se koriste u zakonu samovođenja rakete.

Abstract: A system of fuzzy logic knowledge data base will be applied in fire management rocket systems of anti-aircraft defense. The aim of fuzzy logic application is to increase the quality of the rocket guidance with a minimum measuring, and a possibility to apply the results onto possible modifications of the existing systems of anti-aircraft defense systems (Strela 10). The new approach is in defining fuzzy logic variables such as: the velocity of approaching of a rocket and the target drf and the angle of anticipation at the rocket launcher ksif. This fuzzy logic based technique reduces the number of parameters that are used in the rocket self-navigation law.

1. SISTEM SAMOVOĐENJA

Funkcionalna šema sistema samovođenja prikazana je na slici 1. Sistem samovođenja može biti aktivan, poluaktivan i pasivan.

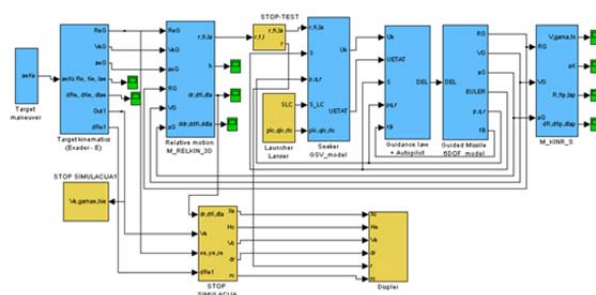


Slika 1. Funkcionalna šema sistema samovođenja

Rešavanje problema upravljanja vatrom obuhvata sledeće zadatke:

- Detekcija i identifikacija cilja;
- Određivanje parametara kretanja cilja;
- Donošenje odluke o gađanju cilja i usmeravanje lansera;
- Lansiranje i upravljanje kretanjem cilja u zavisnosti primenjenog zakona vođenja.

Za realizaciju ovog rada iskorišten je Model sistema samovođenja u vertikalnoj ravni[2] Model je realizovan u programskom paketu MATLAB/Simulink.



Slika 2. Model sistema u MATLAB/Simulink paketu

Kretanje cilja u vertikalnoj ravni dato je jednačinama:

$$\begin{aligned} \dot{V}_e &= a_{ex} \\ \dot{\gamma}_e &= -\frac{a_{ez}}{V_e} \\ \dot{x}_{eg} &= V_e \cdot \cos \gamma_e \\ \dot{z}_{eg} &= -V_e \cdot \sin \gamma_e \end{aligned} \quad (1)$$

Gde su: $a_{ex}(t)$ i $a_{ez}(t)$ ubrzanja centra mase cilja koji karakterišu dinamičke i manevarske mogućnosti cilja, V_e i γ_e su brzina cilja i nagib trajektorije cilja i ulaze u jednačinu za relativno kretanje cilja, a x_{eg} i z_{eg} su koordinate centra mase cilja. U modelu samovođenja ovo je definisano u bloku kinematika cilja.

Kretanje rakete dato je jednačinama 2. U modelu samovođenja ovo je definisano u bloku "Raketa dinam+kinem".

$$\begin{aligned} \dot{V} &= a_{x_k} \\ \dot{\gamma} &= -\frac{a_{z_k}}{V} \\ \dot{x}_g &= V \cdot \cos \gamma \\ \dot{z}_g &= -V \cdot \sin \gamma \end{aligned} \quad (2)$$

Kinematičke jednačine samovođenja u veretikalnoj ravni su:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= V_e \cdot \cos(\varphi - \gamma_e) - V \cdot \cos(\varphi - \gamma) \\ r\dot{\varphi} &= -V_e \cdot \sin(\varphi - \gamma_e) + V \cdot \sin(\varphi - \gamma) \end{aligned} \quad (3)$$

U modelu samovođenja primenjuje se metod proporcionalne navigacije. Ovaj metod zahteva da je ugaona brzina tangente trajektorije rakete (tj. ugaona brzina rotacije vektora brzine rakete \vec{V}) proporcionalna ugaonoj brzini liniji viziranja cilja, tj:

$$\dot{\gamma} = K \cdot \dot{\varphi} \quad (4)$$

Idealna veza za ovaj slučaj ima sledeći oblik

$$\varepsilon = \dot{\gamma} - K \dot{\varphi} = 0 \quad (5)$$

U konkretnom modelu primenjuju se sledeći zakoni vođenja rakete[4]:

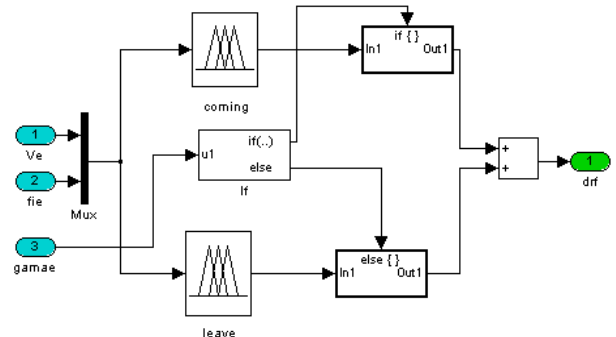
1. Klasična proporcionalna navigacija: u kojoj se meri samo brzina linije viziranja cila $d\varphi/dt$;
2. Klasična proporcionalna navigacija: u kojoj se meri brzina linije viziranja cilja $d\varphi/dt$ i brzina približavanja cilja i rakete dr/dt ;
3. Poboljšana proporcionalna navigacija gde osim brzine linije viziranja cilja $d\varphi/dt$ i brzine približavanja cilja i rakete dr/dt merimo i ubrzanje cilja normalno na liniju viziranja cilja aen.
4. Optimalna proporcionalna navigacija gde se mere sledeći parametri: brzina linije viziranja cilja, brzina približavanja cilja i rakete, ubrzanje cilja normalno na liniju viziranja cilja i polazni ugao preticanja.
5. Klasična proporcionalna navigacija ali sa fazi određenim drf i $ksif$, tj nema potrebe od merenja brzine približavanja cilja i rakete i ugaone brzine linije viziranja cilja.

2. PRIMENA FAZI LOGIKE U SISTEMU UPRAVLJANJA VATROM

Upravljanje sistemima pomuču fazi logike koriste veliki broj ideja takozvanih konvencionalnih modernih metodologija upravljanja, sa isključkom da pri upravljanju fazi logikom dosta često formalni matematički model je nedostupan pa je nemoguće uraditi pravu matematički analizu[1]. Postoji veliki broj slučajeva gde je teško razviti matematički model ili je cena razvijanja prevelika. Skoro uvek inženjer upravljanja može da specificira nekakav aproksimativan model procesa. Naše iskustvo kaže da inženjeri koji razvijaju model sa fazi logikom, skoro uvek imaju i tačan matematički model.

U ovom radu fazi logika je primenjena u zakonu samovođenja rakete prema cilju. U tom cilju izvršena je fazifikacija sledećih promenljivih: brzina približavanja cilja i rakete drf i polazni ugao preticanja lansirne rampe $ksif$.

Za određivanje ovih fazi promenljivih formirana si 4 fazi logička upravljača (FLC) u sistemima zaključivanja: dva FLC se iskorištena za određivanje drf i dva za određivanje $ksif$. Ulazni parametri u FLC, koji se koriste za određivanje drf a su: brzina cilja V_e , orientacijski ugao(dva režimi: cilj je u dolasku i cilj je u odlasku) $gamae$, i ugao elevacije cilja fie



Slika 3. FLC za određivanje drf

Funkcije pripadnosti V_e i fie_0 su trouglastog oblika sa lingvističkim vrednostima:

$$V_e = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5, mf6\}$$

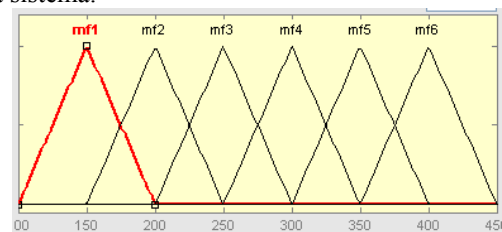
$$fie_0 = \{low, medium, high, very high\}$$

Skupovi njihovih vrednosti kreću se u sledećim intervalima:

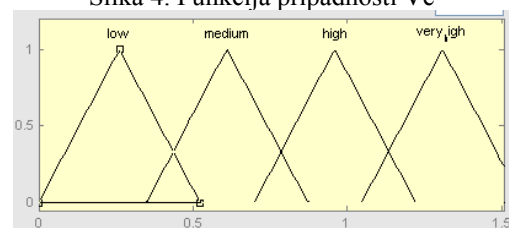
$$V_e = [100, 400m/s] , \quad fie_0 = [0, 1.507rad]$$

U ovom slučaju pokazali smo dizajn sistema sa fazi upravljanjem, vođenje i osmatranje rakete i borbenih scenarija koji upotrebljavaju fazi odluke i upravljanje koje je i hibridno ili kombinirano matematičkom analizom i korišćenje fazi računarske tehnike. Svakako mora se obezbediti i konzistentna kompatibilnost.

Postoje ograničenja u poboljšanju performansi dizajna ovog inženjerskog sistema u odnosu na realne činjenice da se za neke zadatke tehnike fazi sistema bolje uklapaju, a kod drugih zadataka tehnike matematičke analize daju bolje rezultate. Mnogo je važno napomenuti da uključivanjem nekih računarskih formalizama i tehnike kao što su fazi sistemi ovde, nužno vodi do kreiranje tehnoloških sistema sa višim koeficijentom mašinske inteligencije i simultano poboljšanje ili pojednostavljanje inženjerske structure dizajna sistema.



Slika 4. Funkcija pripadnosti V_e



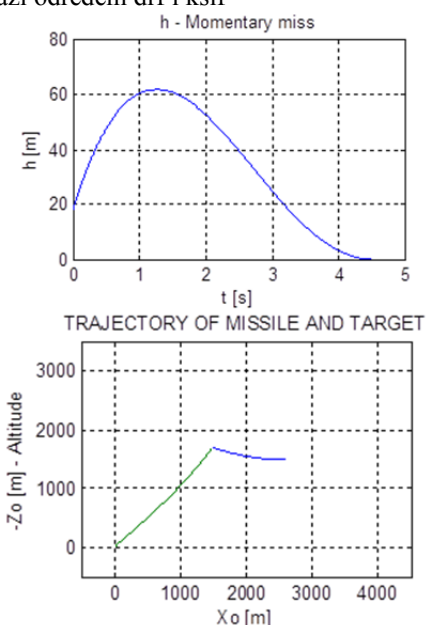
Slika 5. Funkcija pripadnosti fie_0

3. SIMULACIJSKI REZULTATI

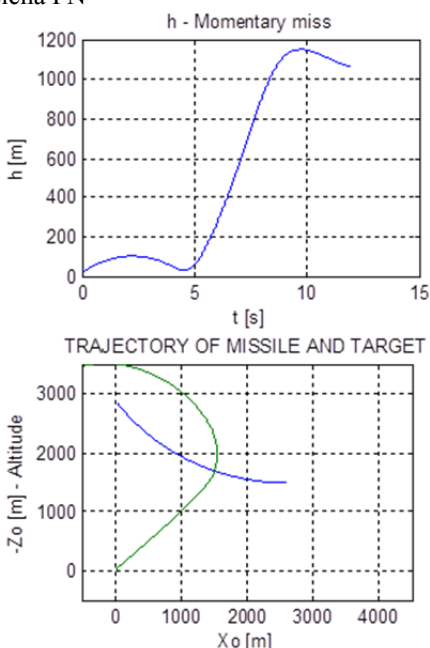
Računarskom simulacijom sistema vođenja sa Slici 2 za različite početne uslove, možemo izvršiti simulacijske eksperimente za promenljiva scenarija protivvazdušne odbrane[3]. Nas naročito interesuju rezultati dobiveni simulacijom fazi logičkog zakona vođenja u scenariju kada se cilj približava (u dolasku) i kada imamo manevar cilja..

Slučaj 1: Biće prikazani rezultati za režim gađanja **kada imamo manevar cilja** u vertikalnoj ravni sa ubrzanjem $a_{ezk} = -20m/s^2 \approx 2g$ (manevar gore) sa početnim uslovima: početna pozicija cilja $[x_{oe}, z_{oe}]^T = [2600, -1500]^T m$, brzina $V_{e0} = 250m/s$, $\gamma_{e0} = 180^\circ$.(cilj u dolasku)

a) Fazi određeni drf i ksif



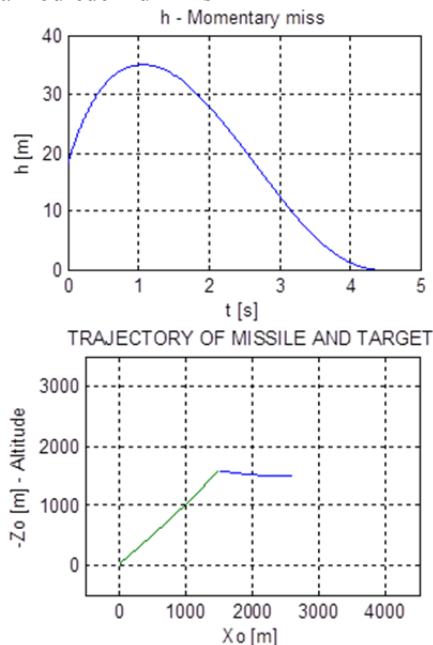
b) Klasična PN



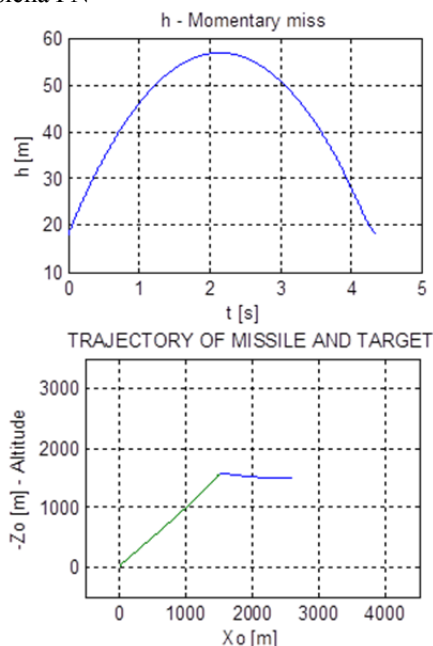
Slika 6. Trenutni promašaj i kretanje cilja i rakete(slučaj 1)

Slučaj 2: Biće prikazani rezultati za režim gađanja **kada imamo manevar cilja** u vertikalnoj ravni sa ubrzanjem $a_{ezk} = -10m/s^2 \approx 1g$ (manevar gore) sa početnim uslovima: početna pozicija cilja $[x_{oe}, z_{oe}]^T = [2600, -1500]^T m$, brzina $V_{e0} = 250m/s$, $\gamma_{e0} = 180^\circ$.(cilj u dolasku)

a) Fazi određeni drf i ksif



b) Klasična PN



Slika 7. Trenutni promašaj i kretanje cilja i rakete (slučaj 2)

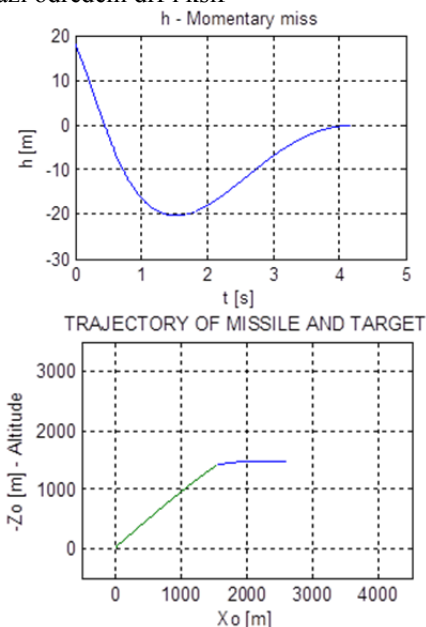
Slike 6 i 7 prikazuju komponente trenutnog promašaja u vertikalnoj ravni i kretanje cilja i rakete u vertikalnoj ravni kada cilj manevriše sa ubrzanjem $a_{ezk} = -20m/s^2 \approx 2g$ i $a_{ezk} = -10m/s^2 \approx 1g$, cilj u dolasku kada je primenjena klasična PN i klasična PN ali sa fazi određenom "drf" i ksif".

Sa slike 7 vidi se da dolazi do susreta cilja i rakete ali sa mnogo većim trenutnim promašajem kada se primenjuje klasična proporcionalna navigacija. Sa povećanjem ubrzanja

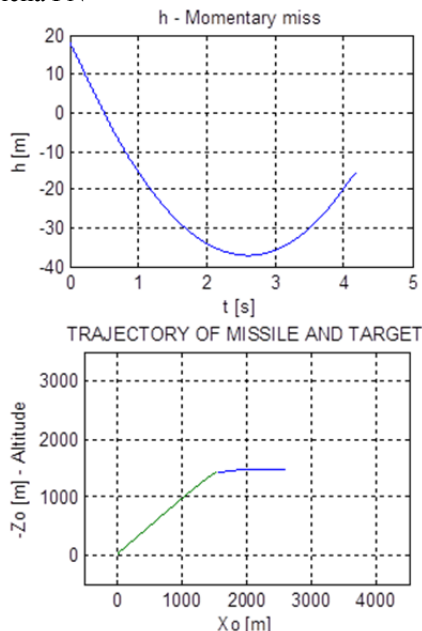
veće od $2g$ (slika 6) vidi se da raketa ne može da prati cilj i imamo gubljenje rakete t.j. promašaj cilja.

Slučaj 3: Biće prikazani rezultati za režim gađanja **kada imamo manevar cilja** u vertikalnoj ravni sa ubrzanjem $a_{ek} = 20m/s^2 \approx 2g$ (manevar dole) sa početnim uslovima: početna pozicija cilja $[x_{oe}, z_{oe}]^T = [2600, -1500]^T m$, brzina $V_{e0} = 250m/s$, $\gamma_{e0} = 180^\circ$ (cilj u dolasku)

a) Fazi određeni drf i ksif



b) Klasična PN



Slika 8. Trenutni promašaj i kretanje cilja i rakete (slučaj 3)

Slika 8 prikazuju komponente trenutnog promašaja u vertikalnoj ravni i kretanje cilja i rakete u vertikalnoj ravni kada cilj manevriše sa ubrzanjem $a_{ek} = 10m/s^2 \approx 1g$, cilj u dolasku kada je primenjena klasična PN i klasična PN ali sa fazi određenom "drf" i ksif".

Sa slike 8 vidi se da dolazi do susreta cilja i rakete ali sa mnogo većim trenutnim promašajem kada se primenjuje mnogo većim trenutnim promašajem kada se primenjuje

klasična proporcionalna navigacija. Sa povećanjem ubrzanja veće od $2g$ (slično kao i slučaj 1) raketa ne može da prati cilj i imamo gubljenje rakete t.j. promašaj cilja.(radi malog prostora ove slike nisu prikazane)

4. ZAKLJUČAK

Možemo sumirati i reći da smo ovde primenili fazi logičku bazu znanja u sistem upravljanja vatrom raketnih sistema protivvazdušne odbrane (RSPVO). Ovo smo izveli upotrebljavajući Fuzzy toolbox MATLAB programskog paketa. Fazi logika se koristi za određivanje brzine približavanja rakete i cilja kao i ugla preticanja koji se zauzima na lansirnoj rampi. Ova dva parametra korišćena su u zakonu samovođenja. Ovim metodom potreba određivanja ovih parametara nije potrebna jer su oni prethodno, na bazi procene, dobijeni. Simulaciski model u vertikalnoj ravni razvijen je u MATLAB/SIMULINK programskom paketu. Cilj ovog rada je poboljšanje kvaliteta procesa upravljanja sa minimalnim brojem merenja, i korišćenje dobijenih rezultata za modifikaciju postojećih raketnih sistema protivvazdušne odbrane. (Strela 10).

Primenom fazi logike namalio bi se broj senzora koji se koristi u klasičnoj izvedbi raketnih sistema, što bi doprinelo poboljšanju manevarskih sposobnosti raketa. Treća dobit bi bila u tome da se sa smanjenjem hardvera kod rakete može povećati težina bojeve glave tj. povećati razorna moć rakete.

LITERATURA

- [1] S. Gelev, Z. Gacovski, J.-H. Xu, Y.-W. Jing, S. Deskovski, and G. M. Dimirovski, "A Novel Mode of Fire Control in Missile Systems for Air Defence," in *Proceedings of the 5-th IFAC WS on Technology Transfer to Developing Countries* (G. M. Dimirovski, Editor), Cesme, TR, May 17-20, pp. 75-80. The IFAC, the TOK, and Dokuz Eylul University Press, Izmir, TR, 2007.
- [2] S. Gelev, SINTEZA NA INTELIGENTEN SISTEM ZA UPRAVUVANJE SO OGNOT KAJ RAKETNITE SISTEMI ZA PROTIVVOZDUŠNA ODBRANA, Doktorska disertacija, Skopje, MK, 14 april 2008.
- [3] Z. Gacovski, M. Ilievski, S. Gelev, S. Deskovski, "Fuzzy Inference System Applied for Calculation of Environment Pollution", in *Proceeding of 8th National conference with international participation* (M. J. Stankovski, Editor) Ohrid, MK, sep. 19-21, pp. A1-1. Society for Electronics, Telecommunications, Automatics and Informatics of the Republic of Macedonia, Skopje, MK, 2007.
- [4] G. M. Dimirovski, S. M. Deskovski, and Z. M. Gacovski, "Classical and Fuzzy System Guidance Laws in Homing Missile Systems," in *Proceedings of the 2004 IEEE AESS International Aerospace Conference* (D. F. Woerner, K. I. Profet, G. E. Bryan, S. Mobassar, and D. A. Williamson, Editors), March 6-13, Big Sky, MN -USA, pp. 9.0204.(1-18), The IEEE, Piscataway, NJ, and IEEE Aerospace Conferences Office, Manhattan Beach, CA, 2004.

INTELIGENTNA ODEĆA I RAČUNARSKA OPREMA KAO MODNI DETALJ SMART CLOTHES, AND COMPUTERS EQUIPMENT AS A FASHION ACCESSORY

Sašo Gelev, *Elektrotehnički fakultet - Radoviš*
Ivana Geleva, modni dizajner - Skoplje

Sadržaj: *Moderna informatičko komunikacijska tehnologija se zasniva na korišćenje računara, računarskih mreža i savremenih informatičkih metoda i tehnike. Ona doživljava buran razvoj i ima veliki uticaj na sve segmente ljudske delatnosti u razvijenim društvima.*

Informatičko komunikacijske tehnologije donose sve veći i sve sigurnij profit. Zbog toga je i konkurencija sve veća. Danas nije problem nešto proizvesti, veći je problem proizvedeno prodati. Proizvođači preuzimaju određene radnje sa kojima žele da povećaju prodaju

Abstract: *Modern information communication technology is based on usage of computers, computer networks and modern information methods and techniques. It is experiencing a rapid development, and has a large impact on all aspects of human activity in the modern society.*

IT communication technology is becoming more and more profitable with a more and more certain profit. Therefore, the competition is rising. The problem today is not to produce something; a greater problem is to sell products. Manufacturers take specific actions to increase product selling.

1. UVOD

Jedna od ciljnih grupa informatičko-komunikacijske industrije je mlada populacija, naročito ženska populacija. Ta je populacija dosta široka i sa posebnim zahtevima. Za mladu žensku populaciju nije dovoljno računat da bude efikasan, mnogo je značajno kako on izgleda i još važnije dali se on uklapa u modni trend vlasnika.

Jedan smer tih aktivnosti je da se dizajnira takav oblik informatičko komunikacijskih uređaja, polazeći od sintagme da danas oblik i ambalaža robe može biti odlučujući faktor njezine prodaje.

Tekstilna industrija narednih godina očekuje brzi rast potražnje odeće u kojoj je ugrađeno nešto od vrhunske tehnologije, u samom materijalu ili kaomodni dodatak.

Odeća u najširem smislu predstavlja svi oni predmeti kojima se pokriva ljudsko telo ili određeni delovi tela.

Glavna namena odeće je zaštita tela od spoljašnjih, naročito klimatskih faktora kao što su vlaga, toplota i kiša. Odeća povećava i bezbednost za vreme vršenja određenih fizičkih aktivnosti kao što su lov i ribolov, kuvanje tako što predstavlja dodatnu barijeru između kože i okoline. Odeća takođe ima i higijensku namenu, jer smanjuje mogućnost različitih toksina i mikroorganizama da uđu u ljudsko telo.

Odeća kao svoju sporednu ulogu ima funkcije koje su povezane sa kulturom nekog društva. Ona može da se koristi na primer kao uniforma – označava autoritet; ona može da prikaže i nečije materijalno bogatstvo, tj da prikaže pripadnost određene etničke, religijske, klasne ili subkulturne grupe. Na kraju odeća može da se nosi i od estetskih razloga, tj da se napravi lepša ličnost koja je nosi.

U najvećem broju društva ili kulture odevanje je predmet društvene norme povezane običajima, moralom ili religijskim svatanjima.

2. ELEKTRONSKA ODEĆA (INTELIGENTNA ODEĆA)

Tekstilnu i modnu industriju u narednom periodu očekuje brzi rast potražnje odeće u kojoj je ugrađeno nešto od vrhunske informatičko komunikacijske tehnologije - u samom materijalu ili kako funkcionalni dodatak.

Skedeci trend industrije odeće će biti takoyvana elektronska odeća. To nije samo jedan novi i neobični modni dizajn. To je nešto više. To je odeća koja imata najrazličnije mogućnosti, polazeći od mogućnosti za automatsko menjanje izgleda u zavisnosti od biometrijskih podataka onog koji je nosi pa sve do mogućnosti regulisanja pritiska i temperature tela.

Godine unazad rade se najrazličitija istraživanja. Izbacuju se prototipi različitih modela elektronske odeće..

Elektronska odeća kao nova grana tekstilne i modne industrije, ima potencijalno veliko tržište. Trenutno se računa da samo nekoliko procenata populacije je spremno da kupije i koristi elektronsku odeću. Veliki uticaj na to ima i visoka cena ovakvih modela.

Postoje dva priroda pri dizajniranju odeće budućnosti: razvoj i proizvodnja novih generacija tkanine koje imaju različite inteligentne karakteristike ili ugradnja raznih elektronskih elemenata u odeći.

Jasno je da će u budućnosti elektronska odeća biti dominantna. Ovaj trend postavlja i nekoliko pitanja. U prvom redu kako će korišćenje ove odeće tj njihov svakidašnji dopir tela uticati na nosioce odeće (ne treba zaboraviti da se odeća sastoji od različitih vrsta tekstila i elektronskih uređaja). Biće potreban neki period da se sve ovo istraži i analizira.

3. VRSTE ELEKTRONSKE ODEĆE

3.1. INTELIGENTNA PATIKA

Pre oko sedam osam godina Adidas je lansirao model sportske cipele Adidas 1. (Slika 1) za koju se tvrdilo da je prva „pametna patika“. za koja se tvrdelo deka e prvata „паметна патика“ на светот. U potpetici je bio ugrađen mikročip koji je imao funkciju da smanji uticaj udara noge u pod, a samim tim i prividno da se smanji težina onoga koji nosi patike i da se poveća dužina koraka.



Slika 1. Inteligentna patika Adidas 1

Patika Adidas 1 se pojavila posle trogodišnjeg tajnog istraživanja sprovedenog u Portlandu države Oregon. Mikročip je bio smešten u petici patike. On prima signale koji dolazi od elektro'magnetnog senzora koji meri jačinu udara. Mikroprocesor računa prulagodenje amortizira. Prilagodenje amortizera se reguliše pomoću mikroskopskog mehanizma.

Sistem koristi električnu struju koju dobija od ugrađene baterija. Proces računanja i prilagođavanja odvija se dok je noga u vazduhu. Težina korisnika ne u tom slučaju ne stvara otpor mehanizmu. Karakteristično je što je mehanizam mnogo lak. Ukupna težina ne prelazi granicu od 40 grama po patici.

3.2. VATROSTALNA ODEĆA

Interesantan proizvod dolazi iz Danske. Njegova osnovna namena je da pomogne vatrogascima u borbi sa vatrom (Slika 2)



Slika 2. Inteligentna vatrostalna odeća

U pitanju je takozvani IP Firefighter sistem koj se saszoji od jakne namenjene vatrogascima. Jakna je inteligentna. Inteligencija jakne je proiyvod različnih biometriških senzora koji mere otkucaje srca, temperaturu vatrogasca, temperaturu okoline, analizira hemiski sastav dima i sl. Ove podatke

skuplja mikroprocesorski čip smešten u jakni, i bezžičnim putem koristeći internet protokole, šalje ove podatke do bazne stanice vatrogasnog vozila., a od vozil do centralnog servera, gde se analiziraju dobijeni podatci, a zatim se šalju soodvetne instrukcije vatrigascu.

3.3. JAKNA ZA MOTOCIKLISTE

Pretpostavlja se da će modno dizajnerstvo „pametne odeće“ najviše da se razvija u smeru kreiranja odeće koja ili će zagrevati telo korisnika ili će održavati njegove telesne parametre. Trenutni trend je istraživanje različnih kombinacija digitalne tehnologije, tehnologije izrade specijane tkanine i dizajniranje odeće koja će rešiti probleme koji se postavljaju. Karakterističan primer je jakna za motocikliste proizvedena od kompanije Corpo Nove pod imenom I.O.W. (Intellignet Object to Wear) .

Jakna je nastala na osnovi principa funkcioniranja ronilačke opreme. Osnovna namena joj je da sačuva telesnu toplotu tela motorcikliste tokom vožnje po lošem vremenu. Jakna se priključuje na elektrosistem motora, i tokom vožnje se sledi temperatura na četiri mesta: ruke. Grudi, leđa i rameni deo. Temperaturene parametre snima specijalni procesor ugrađen u jakni. U yavisnosti od dobivenih informacija procesor vrši upravljanje (uključuje ili isključuje u zavisnosti dali od toga dali je telesna je temperatura pala ili se povećala). Grejači su ugrađeni u postavi jakne. Sastoje se od trake specijalnih legura. Trake se nalaze između dva sloja specijalnot želatina. Sve to je zatvoreno u vakumske vrećice ojačane materijalom koji je otporan i na metke. Želatinot pretstavlja dobar provodnik toplote, a procesor se stara da ne dođe do pregrevanje. Jakna ima USB port i može se priključiti na računar. Može se instalirati softver pomoću kojeg se može definirati režim regulacije temperature u yavisnosti od želje ličnosti koja nosi jaknu i vremenskog perioda (godišnje vreme, dan, noć i sl. U jakni je ugrađena baterija koja se puni tokom vožnje. Napunjena baterija može da greje jaknu jedan sat.

3.4. ELEKTRONSKI GRUDNJAK

Firma Triumph iy Minhena proizvela je sportski grudnjak za žene koji ima ugrađeni merač pulsa. Sa grudnjakom dolazi digitalni displej koji se nosi oko zgloba kao modni detalj . narukvica koja pokazuje puls.

3.5. SOLARNA ODEĆA

Specifična vrsta inteligentne odeće su one koje imaju senzore za skupljanje solarne energije. Ova energija pomoću specijalnih mehanizama se pretvara u električnu struju i dalje može da se koristi za punjenje mobilnih telefona, ajpada, digitalnih kamera i sličnih uređaja. Odeću je lansirao aproizvošač Indira.dtx iz Argentine.

3.6. ODEĆA ZA RAČUNARSKO UMREŽAVANJE

Ovo je odeća proizvedena na osnovu zajedničkog projekta firme „Levis“ i elektronske kompanije „Filips“. Na projektu se intenzivno radilo više od tri godine. To je oprema sa celokupnom integriranom računarskom mrežom. (Slika 3).



Slika 3. Inteligentna odeća sa računarskim umrežavanjem

Ova odeća, bi mogla biti glavni modni krik u budućnosti. Ona omogućava korisnik koji je nosi da uvek bude povezan sa svetskom globalnom mrežom - Internetom.

3.7. ODEĆA ZA KONTROLU ZDRAVLJA LJUDI

"Filips dizajn" već nekoliko godina radi na razvoju i proizvodnji odeće koja će se koristiti za praćenje zdravlja ljudi pri čemu će se tkanina koristiti kao provodnik elektriciteta. Posebna pažnja se posvećuje roditeljima tako što bi se kreirali modeli koji bi bili u stanju da detektiraju puls fetusa ili odeća za starije ljude koja omogućava direktnu računarsku vezu sa njihovim matičnim doktorima.

Ovaj vid tehno garderobe ima i svoje nedostatke, pad računarske mreže ili uticaj obilnih padavina i grmotevica vry tehno odeće kad je nosi korisnik na sebi.

4. PERSONALNI RAČUNAR I OSTALI UREĐAJI KAO MODNI DETALJ MODNE LINIJE „VILE“

4.1. MODNA LINIJA „VILE“

Modna linija „Vile“ inspirisana je od mističnosti vile. Vile su žene ili devojke prekrasnog izgleda, uvek lepi, a njihove kose su opisivane kao zlatne, crvene ili ređe bele. Sastavni deo njihovog izgleda su bele haljine, providni veo, vilinski pojasi, a nekad su nosile i luk i strelu.

„. Inspirirana od vile, u svakom modelu kolekcije se nalazi jedna nit odvih fantastičnih stvorenja.

Dizajni kolekcije su čistih boja bez dezena, što je tesno povezano sa vilama koje nose suknje i haljine od jedne boje. СТВА.

Modni dodaci so izbrani veoma pažljivo, da bi bili u soodnosu sa prirodom ili od same prirode. To su delovi nakita u formi sove, koja se smatra kao jedna od životinje povezanih sa vilama. Takođe postoji i nakit izrađen od poludragih kamenja (obrađeni ili neobrađeni).



Slika 4. Modni dodaci

U sklopu modnih dodataka kolekcije „Vile“ pored već pomenutog nakita ulazi i Personalni računar i mnogu drugih informatičkih uređaja.

4.2 LAPTOP – PERSONALNI RAČUNAR KAO MODNI DETALJ MODNE LINIJE „VILE“



Slika 5. Laptop kao modni detalj

U prikazanom primeru laptop je svetlo zelene pozadine koja pretstavlja svežinu prirode u kojoj žive same Vile. Sa gornje strane laptopa stavljen je aplikacija Vile. .

4.3 ULAZNO-IZLAZNI ZREĐAJI I DODACI KAO MODNI DETALJ MODNE LINIJE „VILE“

U sastavu kolekcije „Vile“ kao modni dodaci iskorišteni si Miš, Slušalice, USB memorija na kojima je aplicirana slika „Vile“. Ovi dodaci mogu biti najrazličitije boje u zavisnosti

od toga kakav će model nositi devojka koja koristi ove dodatke.



Slika 6. Model kolekcije „Vile“

Za predloženi model najviše odgovara zelena boja na informtičkoj opremi kako modni detalj.



Slika 7. Miš(maus)



Slika 8. Slušalice



Slika 9. USB stik

5. ZAKLJUČAK

Informatičko-komunikacijska tehnologija ulazi u sve oblasti ljudske aktivnosti. Ljudski život, zahvaljujući njezinoj podršci postaje lakši, zabavniji i efikasniji. Njihov razvoj ne staje ovde. Uvek se traže novi načini kako bi se proširila lepeza njihove primene.

Konkurencija na tržištu e velika. Zbog toga je i borba za kupcima postaje prioritet. Više nije dovoljno da se proizvede računarski sistem sa vakvim ili takvim performansima. Potrebni je učinite nešto mnogo više Jedna od tih mera je i primena informtičko komunikaciske tehnologije u dizajniranju takozvane „pametne odeće“ odnosno njezina upotreba kao modno detalj.

Na mišljenju smo da će „pametna odeća“, i upotreba računara kao deo ženske odeće imati veliki značaj u budućem razvoju računarske tehnologije.

LITERATURA

- [1] I.Geleva, "Dizajn na elektronska obleka", CITYR'11, Skoplje, 2011, MKD
- [2] <http://www.sk.rs/2005/04/skpr01.html>
- [3] <http://arhiva.glas-javnosti.rs/arhiva/2000/09/04/srpski/R00090302.shtm>
- [4] www.personalmag/tag/seles-i-grad-2/
- [5] <http://www.blic.rs/Vesti/Dodatak/82789/Racunari-za-damske-torbe>

SENZORSKE MREŽE ZA PRAĆENJE I KONTROLU PROIZVODNJE VINA SENSOR NETWORKS FOR MONITORING AND CONTROLLING VINE PRODUCTION

Cveta Martinovska Bande, Dušan Bikov, Dragan Hadzi Kotarov, *Computer Science Faculty, University Goce Delcev*

Sadržaj: *Postoje mnogi radovi o primjeni senzorskih mreža u različitim područjima, kao što su poljoprivreda, praćenje životne sredine, zdravstvene zaštite, itd. Ovaj rad predstavlja tekući projekt koji koristi senzorsku mrežu za praćenje uslova u vinariji. Cilj ovog pristupa je dizajnirati sistem za praćenje parametara relevantnih za obezbeđivanje standardiziranog kvalitet vina.*

Abstract: *There are many works that report on the application of sensor networks in different areas, such as agriculture, habitat monitoring, health care, etc. This paper presents an ongoing project that uses sensor network to monitor the conditions in vine cellar. The aim of this approach is to design a system for monitoring the parameters relevant for standard vine quality.*

1. INTRODUCTION

This paper presents a preliminary study for implementation of a sensor network in the process of wine production. Within the study we have considered several stages of wine production, starting from the vineyard and ending up to a bottled product ready for shipping.

The initial part of our project was to create an application that stores the necessary data and covers the basic activities in the winery. This application was installed and tested in a Dalvina winery, located in Bosilovo, near Strumica. We have tried to develop a concept of interface that would be most comfortable for a day-to-day use. The main request of the management was to include as many functions as possible, in one single window, in order to optimize the time spent working with data. The next step in the project is to include a distributed sensor network in order to monitor the parameters important to provide constant quality of wine.

Another step further would be development and implementation of an automated system for interventions required within the winery, based on the data collected from the sensor network and the expertize solutions over the actions required.

And still, there is another more demanding, both from the technical and financial aspect, issue that has to be covered: monitoring of the growing conditions of the grape itself, comprising constant follow-up of the conditions in a particular vineyard and recommending action to have, as much as possible, a controlled environment for proper growing of the grapes.

The monitoring should provide collection of data on soil humidity and temperature, soil acidity, insolation, air temperature and pressure, relative air humidity, wind conditions etc., and is intended to recommend actions (where possible) to sustain and preserve regular conditions for the growing process.

There are many applications of sensor networks described in the literature [1] used for different purposes, such as habitat monitoring [2], agricultural systems [4,5,6], monitoring wine production [3, 7], etc.

The sensor network will enable collection of data relevant for controlled quality of wine and constant monitoring of vineyard for producing high quality grapes. Similar to the system proposed in [3] we plan to build a sensor network situated in the cellar and further to include sensor network for monitoring the vineyard.

The data collected during the exploitation phase will serve to predict the influence of climate conditions over the quality of wine. For example, solar irradiation and temperature affect the sugar level and ripeness of grapes, while air humidity stimulates the development of some fungi and could lead to spread of infections. Wind has influence over vaporization and has to be monitored in order to plan the irrigation process. The main purpose of this external sensor network located in the vineyard is to gain knowledge about the relationship between soil and air characteristics and interventions like fertilization, treatment with chemicals and irrigation.

Primarily, in this study we are concerned with the characteristics of the sensors that have to be installed in the cellar in order to monitor the temperature and humidity and to provide similar conditions for the barrels in the cellar. These data are extracted during the process of wine aging in wooden barrels that contain tannic acid important for wine conservation and flavor. The level of oxygen is another parameter that has impact on the final characteristics of wine and has to be monitored during the process of fermentation and wine aging [8].

Next section explains the motivation for our work. Then we present characteristics of the sensors used to monitor the conditions in the cellar. Section 4 describes the application created to support the activities in the winery. Last section presents the conclusions and directions for future work.

2. MOTIVATION

Through the centuries, Macedonia has been well renowned for production of refined quality grapes and wines with distinguished quality and bouquet. However, despite the tradition and experience gained over the centuries, nowadays we are facing radical climate changes having strong impact on the grape growing, new market demands respective to taste, higher quality and standardization of production, hygiene, bottling process, design, etc.

In the past, this type of production was dependant only to the mother nature and the knowledge and experience of the vinemakers. Nowadays we have quite a different situation: sensing techniques have developed far beyond the levels of only 20 years ago. Wireless communication technologies have made it possible to employ such sensing networks even directly in the field.

The prices of these components have radically dropped, hence making them affordable to the vine groomers and vineries to employ a sustainable and efficient systems for monitoring and controlling the production and processing of the grapes and vines.

3. DESCRIPTION OF THE SYSTEM COMPONENTS

This section describes the system used for acquisition of data in the cellar and specifies the characteristics of hardware and software components and their implementation.

The hardware components for this project are: a base station and sensing nodes. Sensors send data to the base station. The base station consists of a mote (multifunctional sensor node) connected to a programming serial interface board and a computer executing the software that directs the functioning of the hardware.

The base station is located in a vine cellar and uses a MIB510 (Fig. 1) serial interface board manufactured by Crossbow (now Memsic) [9]. Base station collects data from the motes. MICA2 node attached to this board functions as a network gateway. The gateway runs TOSB application, which comes with the TinyOS [10] open source operating system. The base station also runs two applications, supplied with the TinyOS: SerialForwarder (RS-232) application to receive data from the network and MoteView application to store data in a relational database PostgreSQL.

These data will be displayed in the application created to support the activities in the vineyard. It is possible to specify thresholds and get alarms when the thresholds are reached and also to visualize data from the network.

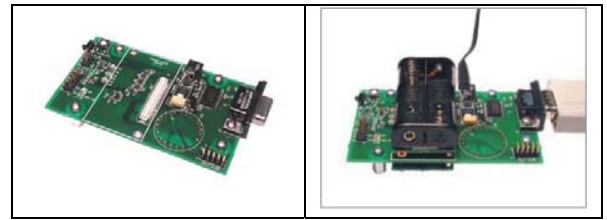


Figure 1: Interface board MIB510 with MICA2 mote used for a base station

Mote nodes, representing network nodes, acquire data from the environment. The system uses MICA2 and MICA2DOT [9] motes running TinyOS. The motes work with MDA300CA data acquisition board (Fig. 2).



Figure 2: MDA300CA data acquisition board

MDA300CA includes internal temperature and humidity sensor. This general purpose data acquisition board can interface a variety of external sensors. It can be used for applications like weather measurement systems, habitat monitoring, soil analysis, precision agriculture and irrigation control, etc. MDA300CA combined with MICAz (MPR2400) or MICA2 (MPR400CB) is commonly used as a low-power acquisition device. In this project are used MPR2400 motes (Fig. 3) which possess wireless as well as routing capabilities.



Figure 3: MPR2400 MICAz mote

This single processor board can be configured to run various sensors application. The 51 pin expansion connector provided in the mote, supports Crossbow sensor boards with light, temperature, RH, barometric pressure and other sensing modalities.

Memsic offers several low-power sensor combinations for environmental monitoring: MEP410, MEP510, MTS400 and MTS420. As MEP410 and MEP510 are packed in plastic box they are suitable to be placed in the vineyard.

Humidity sensor is Sensirion SHT11, temperature sensor is internal to humidity and barometric sensor and light sensor (in MEP410) are Hamamatsu S1337 and Hamamatsu S1087.

The characteristics of the temperature, humidity and light sensors are presented in Table 1.

Table 1. Characteristics of the sensors

Humidity Sensor:	Type: Accuracy: Long Term Stability: Min Operating Voltage:	Sensirion SHT11 3% from 20% to 80% RH 5% from 0% to 20% RH 5% from 80% to 100% RH <1% RH per year 2.4V
Temperature Sensor:	Type: Accuracy:	Internal to Humidity and Barometric Sensor Humidity Temp: +/- 1.5°C from -100 C to +600 C Barometric Temp: +/- 0.8° C from -100C to +60° C
Light Sensor:	Type: Location: Min. Operating Voltage:	Hamamatsu S1337, UV range: 190-1100 nm Hamamatsu S1087, Visible range: 320-730nm One each on top and bottom of package (both light sensors) 2.2V

Several sensors will be placed in the cellar to investigate the environmental conditions because it is impossible to provide homogeneous characteristics of the room. Usually producers move the barrels periodically to ensure similar conditions in the cellar.

We are working on a prototype with the aim to collect data and test the basic functionalities of the system for monitoring the conditions in the cellar. We are still looking for the suitable sensors for measuring light exposure and wind speed and direction and considering technical characteristics and financial capabilities of the local vine producers.

We have analysed experiences of foreign vine producers in the application of wireless systems for environmental monitoring. Memsic offer for environmental monitoring we found suitable in several aspects: it fulfills technical characteristics and price range is acceptable to the financial potentials of local vine producers.

4. APPLICATION

The application that is designed for a private winery Dalvina covers the processes performed in the cellar related to wine storage and technology of wine production.

The interface that is presented in Figure 4 is created according to the requirements of the employees in the winery. It represents the reservoirs as they are situated in the cellar. For each reservoir several informations are presented, such as sort of grape, vintage, temperature, sugar level, acidity, ph factor, free SO₂, reductors, alcohol percentage, etc.

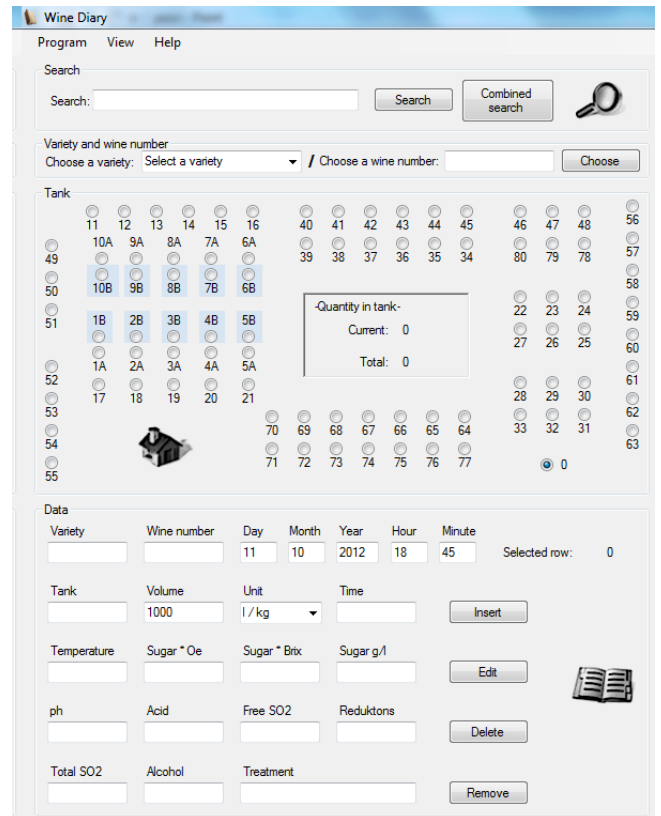


Figure 4: Screenshot of the application

The created interface includes data obtained from sensors, like temperature, and might be considered as multimodal user interface. Some of the parameters are set manually while others are received directly from the sensors. However the interface has the possibility to dedicate particular fields to newly introduced sensing devices.

Figure 3 shows the E-R diagram that represents the organization of the tables in the database. Several reports are created, as for example, the state of each reservoir and annual report sorted according to the vintage.

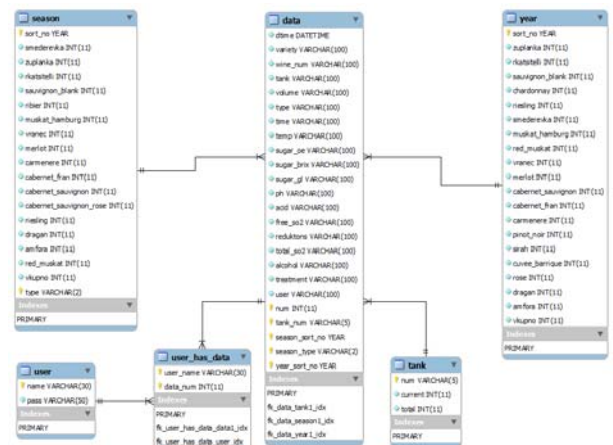


Figure 5: E-R diagram of the application

5. CONCLUSION

This paper presents a study for the design of a system based on sensor networks for monitoring the parameters in the process of vine production. Only the application that supports the activities in the cellar is functional and we are still preparing the necessary network infrastructure that will be placed in the vineyard.

We expect that data collected in the process of the exploitation of the system will be useful for the vine producers and will contribute to better quality of vines. Furthermore the data collected from the measurements are important for decisions related to determining the time for fertilization, application of chemicals, irrigation, etc.

For future work we plan to expand the system with other sensors as for example technology for measuring the exposure of vine to oxygen or soil temperature and humidity in the vineyard.

REFERENCES

- [1] V. Rajaravivarma, Y. Yang, and T. Yang. An overview of wireless sensor networks and applications. In *Proceedings of the 35th Southeastern Symposium on System Theory*, pages 432–436. IEEE, 2003.
- [2] A. Mainwaring, D. Culler, J. Polastre, R. Szewczyk, and J. Anderson. Wireless sensor networks for habitat monitoring. In *WSNA '02: Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications*, pages 88–97, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [3] Anastasi, G.; Farruggia, O.; Lore, G.; Ortolani, M. Monitoring high-quality wine production using wireless sensor networks. In *42st Hawaii International Conference on Systems Science (HICSS-42 2009)*: Waikoloa, Big Island, HI, USA, 2009.
- [4] Wang, N.; Zhang, N.Q.; Wang, M.H. Wireless sensors in agriculture and food industry – Recent development and future perspective. *Comput. Electron. Agric.* 2006, *50*, 1–14.
- [5] Pierce, F.J.; Elliott, T.V. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington. *Comput. Electron. Agric.* 2008, *61*, 32–43.
- [6] Luis Ruiz-Garcia, Loredana Lunadei, Pilar Barreiro and Jose Ignacio Robla. A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends, *Sensors* 2009, *9*, 4728–4750
- [7] João Valente, David Sanz, Antonio Barrientos, Jaime del Cerro, Ángela Ribeiro and Claudio Rossi, An Air-Ground Wireless Sensor Network for Crop Monitoring, *Sensors* 2011, *11*, 6088–6108
- [8] <http://www.devittwinery.com/devitt/>
- [9] Mica mote platform, Memsic, <http://memsic.com>
- [10] BSD-licensed operating system, TinyOS, <http://www.tinyos.net/>

ECDH POTROŠNJA ENERGIJE U SENZORSKIM BEŽIČNIM MREŽAMA ECDH POWER CONSUMPTION IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Maja Kukuseva, Biljana Citkuseva Dimitrovska, Faculty of Electrical Engineering, University Goce Delcev, Stip, R.Macedonia

Sadržaj: Kriptografija eliptičnim krivama je kriptografska šema koja kombinuje niski nivo korišćenja snage za generiranje ključeva i visoki nivo sigurnosti u ograničenim senzorskim bežičnim mrežama. Svaki senzorski čvor prima energiju iz baterije koja bi trebala imati vrlo dugi vek. Ovo ograničava senzorske bežične mreže u smislu korišćenja energije. Drugi bitni problem je sigurna komunikacija i zbog toga je razvoj kriptografskih šema težak i zahtevan zadatak. Eliptična kriva Diffie-Hellman je sigurnosni protokol za dogovor za razmenu ključeva koji obezbeđuje dvema stranama da imaju par koji sadrži javni i privatni ključ za razmenu poruka kroz neobezbeđeni kanal za komunikaciju.

Abstract: Elliptic Curve Cryptography is cryptographic scheme that combines low power usage for key generation and high level of security in constrained Wireless Sensor Networks. Each sensor node is powered by a battery that should last for long period. This constrains wireless sensor networks in terms of energy usage. Another critical issue is secure communications and thus, the development of cryptographic scheme is difficult and challenging task. Elliptic Curve Diffie-Hellman is security protocol for key agreement that provides both sides to have pair of public and private key for message exchange through unsecure communication channel.

1. INTRODUCTION

Elliptic Curve Cryptography (ECC) is new cryptographic scheme independently developed by Kobiltz [1] and Miller [2]. ECC uses elliptic curve with cubic equations over finite prime (or binary) field given with Weistrass Equation (1).

$$y^2 + a_1xy + a_3y = x^3 + a_2x^2 + a_4x + a_6 \quad (1)$$

Where $a_1, a_2, a_3, a_4, a_6 \in F_p$ and discriminat of the curve is not equal to zero.

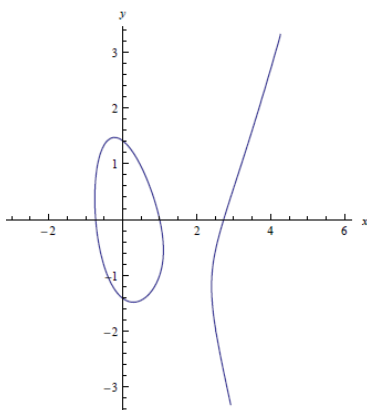


Figure 1. Elliptic Curve $y^2+xy=x^3-3x^2+2$ over finite fields

The set of point x and point y together with special so-called point to infinity O form a commutative group. Elliptic Curve Cryptography uses various arithmetic operations for

key generations such as adding, subtraction, multiplication, inversion and squaring defined in [3].

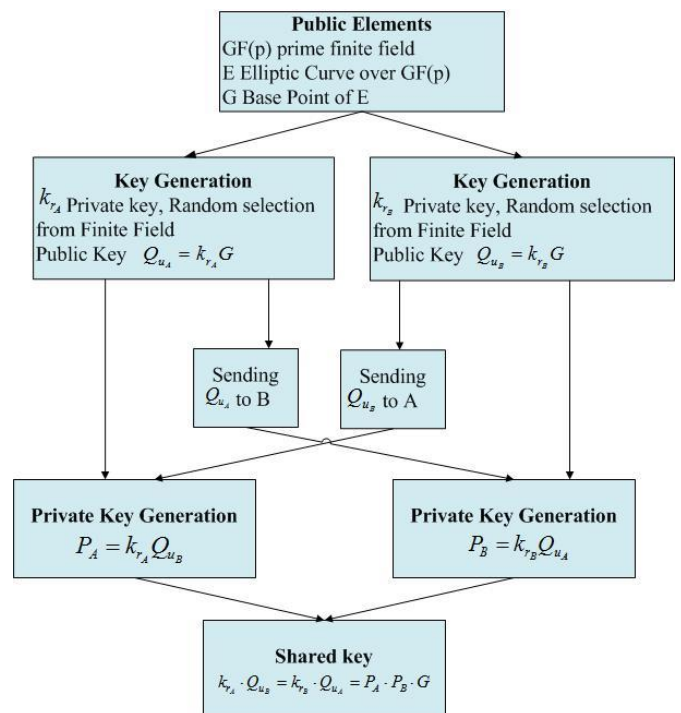


Figure 2. Elliptic Curve Diffie- Hellman protocol

In this paper, power analysis of Elliptic Curve Diffie-Hellman protocol will be represented. The analysis is done using software packet TinyECC1.0 implemented in TinyOS. Sector 2 discusses the basic of Elliptic Curve Diffie- Hellman

protocol. Sector 3 represents the simulation scenarios, obtained results and their analysis. Section 4 concludes.

2. ECDH

Elliptic Curve Diffie- Hellman [4,5] is elliptic- based key establishment scheme using public key methods based on discrete logarithm problem (ECDLP). ECDLP states that for given elliptic curve E defined over finite (or binary) fields F_p (F_2), a point from the curve $P \in E(F_p)$ of order n and point $Q \in E(F_p)$ and there is an integer $k \in [0, n-1]$ such as $Q=kP$. ECC depends on hardness of DLP and the main operation is point multiplication which in fact is point addition and point doubling. For an example, if k is scalar and equal to 23 then, $kP=23P=2(2(2p)+p)+p$.

This, allows sensor nodes to establish a shared key used in algorithms for deriving a private key. Elliptic Curve Diffie- Hellman protocol is illustrated in Figure 2. The node A and B publicly agree EC domain parameters (p,a,b,G,n,h) . Node A and B secretly chose random integer values k_{r_A} and k_{r_B} , so that $0 < k_{r_A}, k_{r_B} < n$. By means of scalar multiplication node A calculates $Q_{u_A} = k_{r_A} G$ while node B calculates $Q_{u_B} = k_{r_B} G$. Node A sends its public key Q_{u_A} to node B and node B sends its public key Q_{u_B} to node A. Once node A and B exchange their public keys, node A and B multiply their private keys with the received public key. Both nodes get the same value, thus the shared key is established.

3. SIMULATIONS AND POWER ANALYZE

The simulations are performed on the free open source operating system TinyOS [6]. TinyOS is flexible framework designed for wireless sensor networks which require minimum resource usage. This OS uses the discrete event simulator TinyOS SIMulator (TOSSIM) that allows debugging, testing and analyze of implemented code in nesC. Developers test not only their algorithms but also their implementations. TOSSIM supports radio and power model and has ability to simulate simultaneously thousands of sensor nodes.

By default, TOSSIM uses an old version of the mica radio stack (40Kbit RFM), including the MAC, encoding, synchronous acknowledgements and timing but does not support power management and tuning transmission power. It does not simulate the mica2 ChipCon CC1000 stack by default, so PowerTOSSIM includes a port of the mica2 radio stack. This allows the implemented code to be run and to use the advantage of the CC1000's power management features.

Two elliptic curves according to NIST recommendation [7] are used in these simulations. The first curve under the finite fields is secp128r1, where the key is 128-bit from which 64 are for security. The second one is secp192k1 with 192-bit key from which 96 are for security. The simulations are performed on grid and random topology with power management. The number of nodes in the network is integer from square root, starting from 4 up to 100 nodes. Simulation duration is 20 seconds and the consumed RAM and ROM is represented in Table 1.

Table 1. Consumed RAM and ROM

Compiled Ecc to build/mica2/main.exe	
1004 bytes	RAM
24154 bytes	ROM

Two types of point representation were used- affine and projective coordinates. Affine coordinates (x, y) satisfy the equation $E : y^2 = x^3 + ax + b$, where $a, b \in F_p$. The projective coordinates (x,y,z) satisfy the homogeneous Weiestrass equation for elliptic curve $E : y^2 z = x^3 + axz^2 + bz^3$, where $a, b \in F_p$. When $z \neq 0$, projective point (x, y, z) corresponds to affine point $(x/y, y/z)$. Projective coordinates are used when field inversion is significantly more expensive then field multiplication, so the inversion is replaced with multiplication.

During the simulation the mean values of three parameters were examine: CPU Total, Radio Total and Total Energy. The parameter CPU Total represents the mean consumed energy for generating the pair of private and public key and processing of the received message. The parameter Radio Total gives the mean consumed energy or transmission of the public key and the consumed energy for the communications with other sensor nodes. Total Energy is parameter that gives the total consumed energy by the sensor node and is sum of CPU Total and Radio Total. The first simulations scenarios were performed using affine coordinates with power management under the two defined curves. Figure 3, 4 and 5 represent the mean values of parameters CPU Total, Radio Total and Total Energy and comparison between grid and random topology.

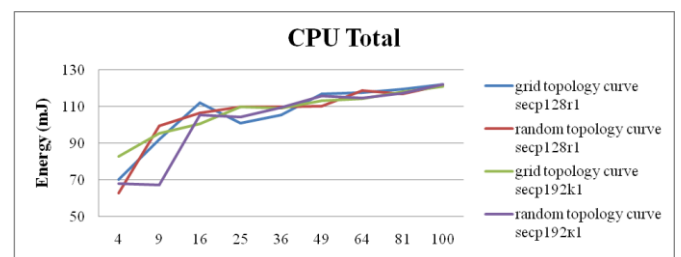


Figure 3. Comparison of CPU Total

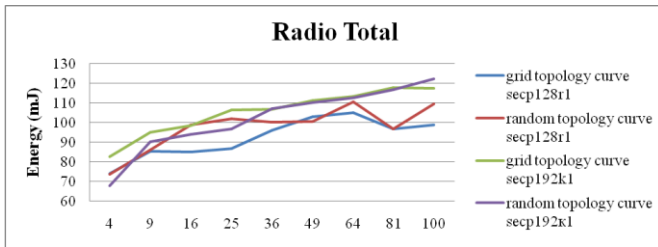


Figure 4. Comparison of Radio Total

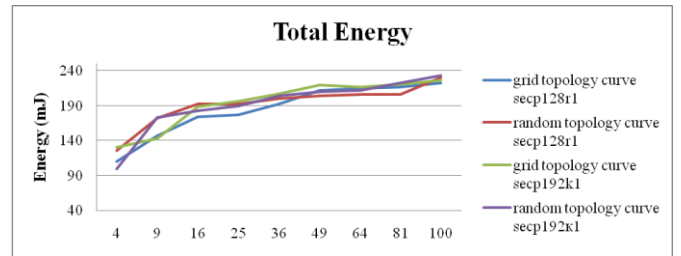


Figure 8. Comparison of Total Energy using grid and random topology

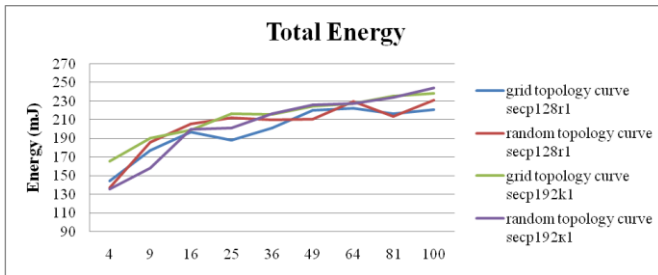


Figure 5. Comparison of Total Energy

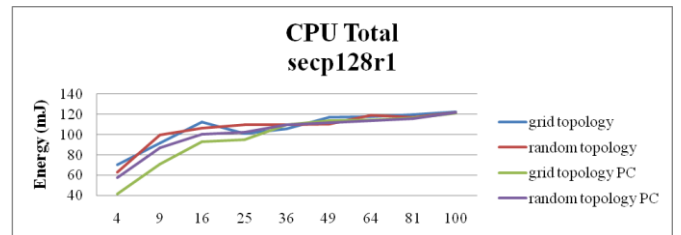


Figure 9. Comparison of CPU Total using affine and projective coordinates

The second simulation scenario is performed using projective coordinates with power management. In order to improve the performance of elliptic curve cryptography it was implemented Baretto reduction, algorithm for hybrid multiplication [8,9] and optimization for secp curves [10]. The simulations are performed on grid and random topology and the results are represented in Figure 6, 7 and 8.

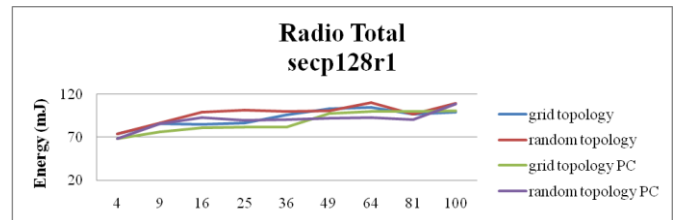


Figure 10. Comparison of Radio Total using affine and projective coordinates

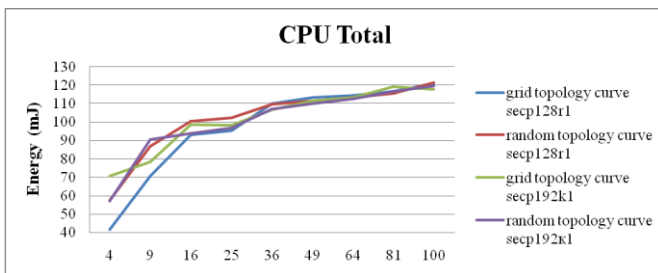


Figure 6. Comparison of CPU Total using grid and random topology

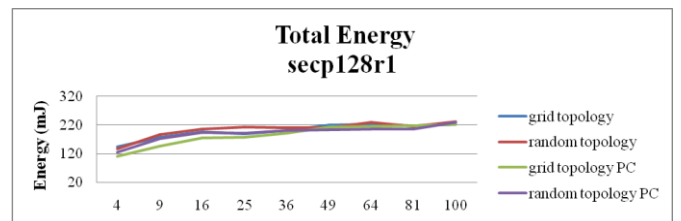


Figure 11. Comparison of Total Energy using affine and projective coordinates

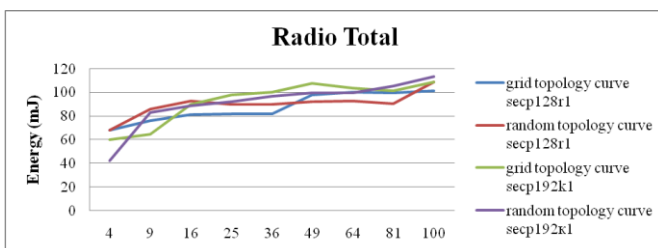


Figure 7. Comparison of Radio Total using grid and random topology

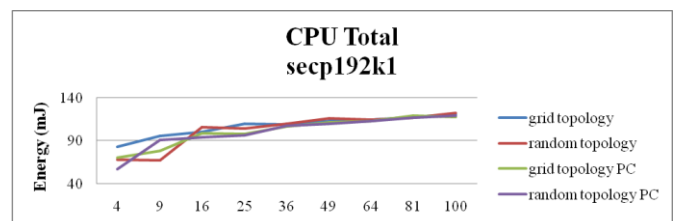


Figure 12. Comparison of CPU Total using affine and projective coordinates

In addition, it is given comparison of the simulations results using affine and projective coordinates. Figure 9, 10 and 11 represent comparison of the parameters CPU Total, Radio Total and Total Energy using curve secp128r1, appropriately. Figure 12, 13 and 14 represent comparison of measured parameters using affine and projective coordinates on curve secp192k1.

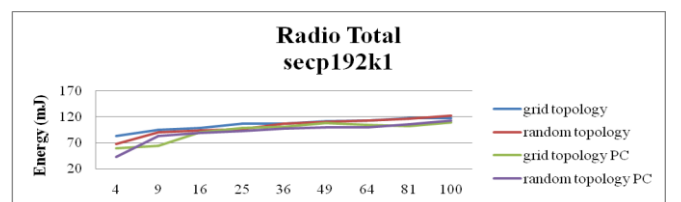


Figure 13. Comparison of Radio Total using affine and projective coordinates

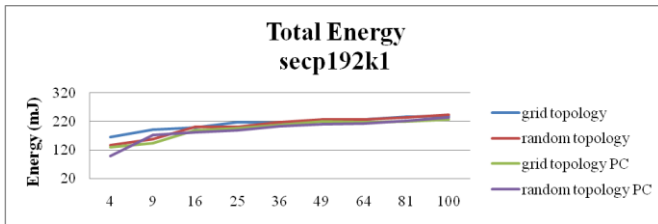


Figure 14. Comparison of Total Energy using affine and projective coordinates

4. CONCLUSION

Wireless Sensor Networks are new emerging technology that faces limitations in energy consumption and security. In this paper it is given analyze of Elliptic Curve Diffie-Hellman in terms of energy usage and power saving. ECDH is tasted on two different network topologies using two different elliptic curve using affine and projective coordinates with power management.

Performed simulations and calculations show that the performance in ECDH is improved when projective coordinates are used. The best performances are achieved if the number of node is smaller or equal to 25. The best performance are achieved for key generations .This is achieved because the implemented projective coordinates reduce the time of performing arithmetic operations especially for field inversion.

REFERENCES

- [1] N. Koblitz, "Elliptic Curve Cryptosystems", *Mathematics of Computation*, Vol. 48, No 177, pp. 203-209, January 1987.
- [2] V. Miller, "Use of Elliptic Curves in Cryptography", *Advances in Cryptography- CRYPTO*, LNCS, Vol. 218, pp. 417- 426, 1987.
- [3] D. R. Hankerson, A. J. Menezes, S. Vanstone, "Guide to Elliptic Curve Cryptography", Springer Verlag, 2004.
- [4] D. Aranha, R. Dahab, J. Lopez, L. Oliveira, "Efficient Implementation of Elliptic Curve Cryptography in Wireless Sensors", *Advanced in Mathematics of Communications*, Vol. 4, No 2, pp. 169- 187, 2010.
- [5] D. Johnson, A. Menezes, "The Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA)", *Technical Report CORR 99- 34*, Department of C&O, University of Waterloo, Canada.
- [6] P. Levis, S. Madden, J.Polastre, R. Szewczyk, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer, D. Culler, "TinyOS: An Operating System for Sensor Networks", *Ambient Intelligence*, Springer- Verlag, pp. 115-18, 2004.
- [7] Certicom, Standards for efficient cryptography- SEC 2: Recommended elliptic curve domain parameters, *Certicom Research Publications*, 2000.
- [8] P. Barrett, "Implementing the Rivest Shamir and Adleman Public Key Encryption Algorithm on a Standard Digital Signal Processor", *Proc Ann. Int'l Cryptology Conf. Advances in Cryptology (CRYPTO '86)*, pp.311-323, 1986.
- [9] N. Gura, A. Patel, A. Wander, "Comparing Elliptic Curve Cryptography and RSA on 8-bit CPUs, *In Proceedings of the 2004 Workshop on Cryptographic Hardware ad Embedded Systems (CHES 2004)*, pp 119-132, August 2004.
- [10] D. Hankerson, A. Menezes, S. Vanstone, "Guide to Elliptic Curve Cryptography" *Springer* 2004.

GENETIČKI ALGORITAM ZA REKONSTRUKCIJU NEDOSTAJUĆIH ODBIRAKA KRATKOTRAJNE FOURIER-OVE TRANSFORMACIJE GENETIC ALGORITHM FOR RECONSTRUCTION OF THE MISSING STFT

Vesna Popović-Bugarin, Filip Radenović, Ljubiša Stanković, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: Tehnika za uspješnu eliminaciju mikro-Doppler efekta pomoću L -statistike je skoro predložena. Mikro-Doppler se uklanja odbacivanjem, za svaku frekvenciju, najvećih vrijednosti kratkotrajne Fourier-ove transformacije. Međutim, na ovaj način se uklanja i dio odbiraka koji pripadaju čvrstom tijelu. Kasnije je predložena primjena genetičkih algoritama na rekonstrukciju nedostajućih vrijednosti kratkotrajne Fourier-ove transformacije koje odgovaraju čvrstom tijelu. U ovom radu predlažemo izmijenjeni, znatno brži genetički algoritam koji daje gotovo istu koncentraciju kao prethodno predloženi algoritam, dok mnogo bolje uklanja šum.

Abstract: Recently, an L -statistics based method for the micro-Doppler effects removal has been proposed. Micro-Doppler is removed by eliminating few of the strongest STFT values for every frequency. However, the procedure for the micro-Doppler removal eliminates the STFT samples that correspond to the rigid body, as well. Later, we proposed a genetic algorithm for the estimation of the removed STFT samples corresponding to the rigid body. In this paper we propose new, modified and a lot faster genetic algorithm which achieves concentration almost as high as in the previously proposed algorithm, while eliminating noise as well.

1. UVOD

Mikro-Doppler (m-D) efekat nastaje kao posljedica postojanja rotirajućih reflektora i može značajno umanjiti čitljivost radarskih slika, tj. može otežati detekciju čvrstih tijela. Zbog toga je problem eliminisanja ovog efekta privukao pažnju velikog broja istraživača. Skorije smo predložili veoma efektan i jednostavan metod za eliminisanje m-D efekta, [1]. Metod je zasnovan na L -statistikama. Da bi se m-D efekat uklonio, najprije je potrebno izračunati kratkotrajnu Fourier-ovu transformaciju (STFT) unutar koherentnog vremena integracije (CIT). Zatim se koristi činjenica da se brzo-rotirajuća i sporo-pokretna ili nepokretna komponenta (čvrsto tijelo) ponašaju različito u vremensko-frekvencijskoj (TF) ravni. Frekvencijski sadržaj m-D dijela signala je vremenski promjenljiv i obuhvata širok spektar frekvencija, ali samo za kratke vremenske intervale; dok je frekvencijski sadržaj sporo-pokretne komponente skoro konstantan u vremenu. Kao posljedica toga, u sortiranoj STFT po vremenskoj osi, m-D dio signala ima nenulte vrijednosti u širokom spektru frekvencija, ali samo za nekoliko najjačih odbiraka u sortiranoj ravni. S toga, odstranjivanjem određenog broja najjačih odbiraka za svaku frekvenciju, odstranjujemo kompletan m-D efekat, [1]. Sumiranjem preostalih STFT odbiraka po vremenu, dobija se FT sporo-pokretne komponente. Ovaj pristup je vrlo jednostavan za implementaciju, daje rezultate jako brzo, i rezultati su bolji nego kod drugih, često složenijih, pristupa, [1]. Međutim, pošto se za svaku frekvenciju odstranjuje isti broj najvećih STFT odbiraka, određeni broj tih odbiraka pripada i čvrstom tijelu. Nedostajuće STFT vrijednosti uslovljavaju smanjenje koncentracije rekonstruisane FT sporo-pokretne komponente, [1]. Koncentracija čvrstog tijela bi se mogla poboljšati estimacijom njegovih odstranjenih STFT odbiraka. Broj odstranjenih odbiraka koji izazivaju pojavu nisko koncentrisanih komponenti oko centralnog pika je veoma

veliki, i zbog toga je gotovo nemoguće upotrijebiti klasične metode optimizacije za njihovu estimaciju. U radu [2] predložili smo upotrebu genetičkog algoritma za estimaciju nedostajućih STFT vrijednosti koje odgovaraju čvrstom tijelu, dok u ovom radu predlažemo njegovo poboljšanje. Naime, odstranjivanjem manjeg broja STFT odbiraka, (što uslovljava slabiju eliminaciju m-D), ubrzavamo rad genetičkog algoritma dok se FT rekonstruiše sa gotovo jednakom koncentracijom kao u [2]. U prisustvu šuma dobija se bolja koncentracija dok se šum gotovo u potpunosti uklanja.

Genetički algoritmi su stohastički metodi optimizacije koji se često koriste prilikom višedimenzionalne pretrage za optimalnim rješenjem [3], [4]. Na početku, genetički algoritam kreira inicijalnu populaciju koja sadrži veliki broj mogućih rješenja (individue predstavljene hromozomima). Zatim se, emulacijom procesa u prirodi, koji forsiraju bolje prilagođene jedinke, kreiraju nove populacije fiksne veličine. Posle nekoliko generacija, prosječni fitness populacije postaje bolji, što znači da se u njoj nalaze sve bolje prilagođene jedinke. Kao rješenje algoritma, koristi se najbolje prilagođena jedinka poslednje populacije, tj. ona sa najboljim fitnessom.

U našoj realizaciji, hromozomi svake individue sastoje se od potencijalnih vrijednosti faza nedostajućih STFT odbiraka koji pripadaju čvrstom tijelu. Širinu (broj kolona) STFT ove komponente lako određujemo znajući da je za njeno računanje korišten Hann-ov prozor dopunjen nulama, kako bi imala istu frekvencijsku diskretizaciju kao FT, [2]. Amplitude STFT odbiraka čvrstog tijela na istoj frekvenciji imaju jednake vrijednosti, ali različite faze, sem na njegovoj centralnoj frekvenciji gdje su odbirci u fazi, [1]. Faze mogu uzeti slučajne vrijednosti iz opsega $[0, 2\pi)$. Sumiranjem svih

STFT odbiraka po vremenu dobija se FT čvrstog tijela koja je ista kao FT koja bi se dobila računanjem sa prozorom približnim pravougaonom – oštar pik. S toga se fitness određuje kao energija bočnih latica rekonstruisane FT. Individua sa najboljim fitnessom (najmanjom energijom) u zadnjoj generaciji se prihvata za krajnju estimaciju faza nedostajućih STFT odbiraka. Za rekonstrukciju FT koriste se samo genetičkim algoritmom dopunjene kolone STFT, čime se uklanjaju ostaci m-D i šuma.

Rad je organizovan u pet sekcija. U sekciji 2 je dat model radarskog signala i procedura za uklanjanje m-D efekta. U sekciji 3 su predložene modifikacije primjene genetičkog algoritma. Rezultati su kroz simulacije ilustrovani u sekciji 4, dok je zaključak dat u sekciji 5.

2. UPOTREBA L-STATISTIKA ZA IZDVAJANJE SPORO-POKRETNE KOMPONENTE

Posmatra se postprocesirani radarski signal, [1]:

$$s(t) = \sigma e^{j2d(t)\omega_0/c}, \quad (1)$$

gdje je σ koeficijent refleksije mete, a ω_0 radna frekvencija radara. Dio primljenog signala koji odgovara sporo-pokretnoj komponenti može se modelovati kao kompleksna sinusoida, dok se dio koji odgovara brzo-rotirajućoj komponenti modeluje kao sinusoidalno modulisan signal, [1]. Radarski signal koji ima K sporo-promjenljivih i P brzo-rotirajućih m-D komponenti može se analitički zapisati kao [1]:

$$s(m) \cong \sum_{i=1}^K \sigma_{Bi} e^{jy_{Bi}m} + \sum_{i=1}^P \sigma_{Ri} e^{jA_{Ri} \sin(\omega_{Ri}m + \phi_i)}, \quad (2)$$

gdje su σ_{Bi} i σ_{Ri} koeficijenti refleksije sporo-pokretne komponente i rotirajuće komponente, respektivno, y_{Bi} je proporcionalna poziciji sporo-pokretne komponente, A_{Ri} je proporcionalna rastojanju od reflektora koji se rotira do centra rotacije, dok ω_{Ri} predstavlja frekvenciju rotacije, $m = 0, \dots, M-1$. Frekvencijski sadržaj brzo-rotirajuće komponente mijenja se tokom vremena. Najjednostavniji način za njegovu lokalizaciju je upotreba STFT:

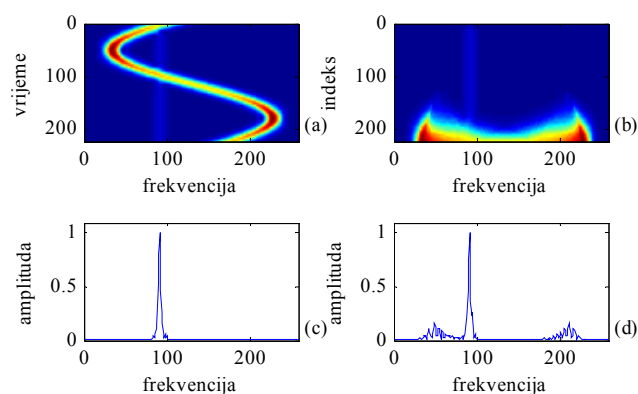
$$STFT(m, k) = \sum_{i=0}^{M-1} s(i)w(i-m)e^{-j2\pi ik/M}, \quad (3)$$

gdje je $w(i)$ funkcija prozora. Koristimo Hann-ov prozor, širine M_w , dopunjen nulama do M . Iz STFT može se rekonstruisati FT sumiranjem STFT odbiraka po vremenu:

$$\begin{aligned} \sum_{m=0}^{M-1} STFT(m, k) &= \sum_{i=0}^{M-1} s(i) \left[\sum_{m=0}^{M-1} w(i-m) \right] e^{-j2\pi ik/M} = \\ &= \sum_{i=0}^{M-1} s(i)w_1(i)e^{-j2\pi ik/M} = S_{w1}(k). \end{aligned} \quad (4)$$

Predstavljeni mehanizam rekonstrukcije FT iz STFT doveo nas je do algoritma za eliminisanje m-D efekta, [1], koji je ilustrovan na primjeru signala (2), sa $K=1$ i $P=1$. Na Slici 1.(a) prikazana je STFT ovog signala. Vidi se da sporo-promjenljiva komponenta ima frekvenciju konstantnu u vremenu, dok se frekvencija rotirajuće komponente mijenja. Osnovna ideja u izdvajanju sporo-promjenljive komponente od rotirajuće komponente je u sortiranju STFT

vrijednosti radarskog signala po vremenskoj osi, Slika 1.(b). Pošto je čvrsto tijelo stacionarno, sortiranje neće značajno poremetiti distribuciju njegovih vrijednosti; dok će sa druge strane u sortiranoj STFT m-D dio signala imati jake vrijednosti duž širokog spektra frekvencija, ali samo za nekoliko odbiraka. Odstranjivanjem, za svaku frekvenciju, nekoliko najjačih STFT odbiraka, eliminisaćemo veći dio ili cjelokupni m-D. Nakon ovog odstranjivanja, preostali odbirci se sumiraju po vremenu kako bi se dobila FT. FT na Slici 1.(c) dobijena je nakon sumiranja 50% najslabijih STFT odbiraka kao u [2], dok je FT na Slici 1.(d) dobijena sumiranjem 70% najslabijih vrijednosti kao što ćemo činiti ovdje.



Slika 1. Sporo-promjenljiva i brzo-rotirajuća komponenta. (a) STFT. (b) Sortirani STFT. (c) FT nakon rekonstrukcije sa 50% najnižih odbiraka. (d) FT nakon rekonstrukcije sa 70% najnižih odbiraka.

Prikazanom procedurom sa uklonjenih 50% STFT odbiraka rekonstruiše se FT signala bez m-D efekta. Međutim, odstranjene su i vrijednosti koje pripadaju čvrstom tijelu pa će se oko visoko koncentrisanog pika u rekonstruisanoj FT naći i neželjeni pikovi.

3. ESTIMACIJA STFT ODBIRAKA PRIMJENOM GENETIČKOG ALGORITMA

Svaki genetički algoritam sastoji se iz istih komponenti. Na samom početku potrebno je odlučiti na koji način će biti predstavljena moguća rješenja u vidu hromozoma.

U našoj primjeni STFT odbirci koji se nalaze na frekvenciji sporo-pokretne komponente ($k=k_0$) imaju istu amplitudu i u fazi su, [1]. Njih estimiramo medijanom preostalih vrijednosti na ovoj frekvenciji. Sa druge strane, odbirci na frekvenciji ($k=k_0+l, l \neq 0$) takođe imaju iste amplitude, ali im se faze razlikuju. Amplitude nedostajućih STFT odbiraka na frekvencijama bliskim k_0 računamo kao medijan preostalih amplituda na istoj frekvenciji, dok njihove faze nasumično biramo iz opsega $[0, 2\pi)$, i binarno kodiramo, [5], čime dobijamo hromozome jedne jedinice iz početne populacije.

Da bi rekonstruisali FT sporo-pokretne komponente, dovoljno je estimirati samo one odbirke koji pripadaju njenoj

STFT. Broj odbiraka l sa obje strane frekvencije k_0 koje treba estimirati za svaki vremenski trenutak jednak je broju odbiraka FT Hann-ovog prozora širine M_w dopunjenog nulama do M , [2],

$$|l| \leq 1 + 2(M/M_w - 1). \quad (5)$$

Ukoliko eliminišemo 50% STFT odbiraka, tj. $M/2$ za svaku frekvenciju, dužina hromozoma će biti $L_{ch} = 2[1 + 2(M/M_w - 1)]M/2 \cdot 3$, ukoliko je svaka faza kodirana sa tri bita. U slučaju da se eliminiše 30% odbiraka dužina hromozoma je značajno manja, tj. $L_{ch} = 2[1 + 2(M/M_w - 1)]3M/10 \cdot 3$. Svaka tri bita predstavljaju fazu dobijenu kada njihovu dekadnu vrijednost pomnožimo sa $2\pi/8$.

Najbitniji korak genetičkog algoritma je pravilan odabir funkcije koja predstavlja ocjenu kvaliteta određene jedinke, tzv. fitnes funkcija. Željeni rezultat rekonstrukcije FT (4) bi bila FT dobijena korištenjem pravougaonog prozora, tj. FT sa jednim pikom na frekvenciji k_0 i nultim vrijednostima na ostalim frekvencijama. Logično se za fitnes funkciju nameće energija FT na tim frekvencijama, računata kao

$$E = \sum_{\substack{|l| \leq 1 + 2(M/M_w - 1) \\ l \neq 0}} |S_{w1}(k_0 + l)|^2. \quad (6)$$

Jedinka sa najmanjom energijom ima najveći fitnes (najbliža je optimalnom rješenju).

Kada imamo fitnes funkciju, vršimo selekciju jedinki koje će razmijeniti svoj genetički materijal (sadržaj hromozoma). Najbolje prilagođene jedinke biće češće birane. Selekcija jedinki može se vršiti na više načina [4]. Ovdje je izabrana selekcija posredstvom turnira, [2]. Kada su izabrana dva "roditelja", vrši se razmjena materijala njihovih hromozoma sa predefinisanim visokom vjerovatnoćom, i na taj način stvaraju se dva "potomka". U radu [2], kao i ovdje, korišten je metod uniformnog ukrštanja sa vjerovatnoćom 0.7. Nakon kreiranja potomaka, za svakog od njih postoji mala vjerovatnoća da mu se dio genetičkog materijala slučajno izmijeni – mutira. Mutacija se koristi da bi se eliminisala pojava konvergencije ka neoptimalnom rješenju. Zbog velike dužine hromozoma u našem slučaju, vrši se promjena jednog bita na svakih 50 bita sa vjerovatnoćom 0.25, [2].

Nakon razmjene genetičkog materijala, mora se odabrati koje jedinke će formirati novu generaciju. U našoj realizaciji stara i nova generacija se sastave i odaberu se najbolje jedinke tako da veličina generacije bude ista kao na početku algoritma. Populacija od 100 jedinki je korištena, [2].

Algoritam se ponavlja sve dok u 5 uzastopnih generacija fitnes najbolje jedinke ne ostane nepromijenjen, ili dok ne prođe 100 generacija. U našim simulacijama rješenje je dobijano u prosjeku nakon 76. generacije, kada se otklanja 50% odbiraka, odnosno 84. kada se uklanja 30%. Međutim, u posljednjem slučaju veličina jedinke je mnogo manja i algoritam se izvršava mnogo brže, u prosjeku za 20s umjesto ranijih 33s na Intel i3 procesoru, 3.2 GHz. Jedinka sa najboljim fitnesom u poslednjoj generaciji predstavlja rješenje algoritma.

Predloženi algoritam se može koristiti i u slučaju kada radarski signal sadrži i veći broj sporo-pokretnih komponenti. Za određivanje broja i pozicije komponenti koristi se procedura slična proceduri iz [6]. Posmatramo rekonstruisanu FT nakon eliminacije m-D. Pretpostavljamo da se u ovoj FT nalazi bar jedno čvrsto tijelo, i postavljamo prag ε na 8% energije signala bez m-D efekta, [2]. Prvo čvrsto tijelo detektujemo kao maksimalnu vrijednost posmatrane FT. Postavljamo nule u FT na poziciji detektovanog maksimuma i l susjednih frekvencija i ponavljamo postupak sve dok je preostala energija veća od definisanog praga, [2]. Zbog ostataka m-D efekta kao na Slici 1.(d), ovdje se koristi veći prag u odnosu na [6].

U ovom radu, za odstranjivanje m-D efekta, eliminisano je 30% najvećih STFT odbiraka, a ne 50% kao u [2]. Kao posledica toga m-D efekat nije kompletno uklonjen i javljaju se njegovi ostaci u rekonstruisanoj FT, Slika 1.(d). Međutim, u genetičkom algoritmu rekonstruišemo odbirke samo na onim frekvencijama koje čvrsto tijelo zauzima, tj. na frekvencijama $k = k_0 + l$, $l \neq 0$ i $|l| \leq 1 + 2(M/M_w - 1)$. Za krajnju estimaciju STFT čvrstog tijela pamtimo samo na ovaj način rekonstruisane odbirke za detektovane komponente, a sve ostale postavljamo na nulu. Na taj način eliminišemo ostatke m-D efekta koji se vide na Slici 1.(d), i uklanjamo šum ukoliko ga ima. Dalje, ubrzavamo izvršavanje genetičkog algoritma, jer smanjujemo dužinu hromozoma, a dobijamo rekonstruisanu FT sporo-pokretne komponente sa gotovo jednako visokom koncentracijom kao i u slučaju genetičkog algoritma nakon eliminisanja 50% odbiraka, [2].

4. SIMULACIJE

Primjer 1: Posmatran je primljeni radarski signal koji ima jednu sporo-pokretnu i jednu brzo-rotirajuću komponentu:

$$s(m) = e^{-j0.3\pi m} + 15e^{j96\cos(2\pi m/256)}. \quad (7)$$

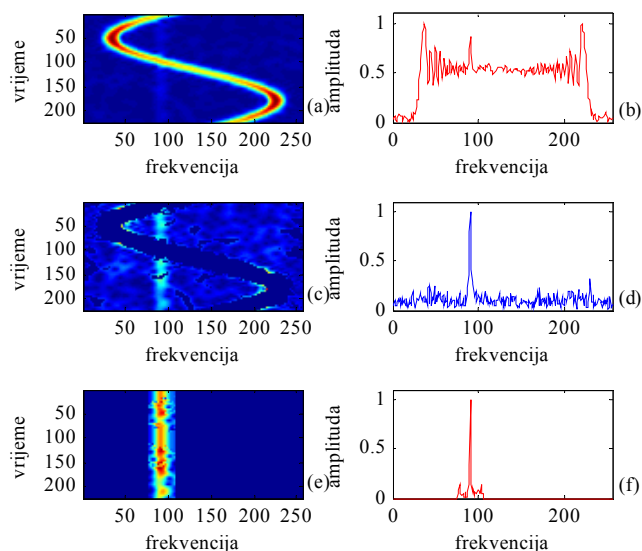
Signalu je dodat kompleksan Gausov šum sa varijansom $\sigma^2 = 2$. STFT računamo pomoću Hann-ovog prozora širine $M_w = M/8$. STFT originalnog signala i odgovarajuća FT su prikazane na Slici 2.(a), (b), respektivno. Najprije je za svaku frekvenciju eliminisano 30% najjačih STFT odbiraka, Slika 2.(c), dok su preostali sumirani i rekonstruisana je FT, Slika 2.(d). Slike pokazuju da je ova metoda robusna na šum. Međutim, zbog eliminacije dijela odbiraka koji pripadaju sporo-pokretnoj komponenti, smanjena je koncentracija FT čvrstog tijela. Primjenom predloženog genetičkog algoritma i pamćenjem samo STFT čvrstog tijela eliminišemo gotovo sav preostali šum, Slika 2.(e). Nakon sumiranja rekonstruisanih STFT odbiraka dobijamo FT sa znatno boljom koncentracijom, i sa skoro u potpunosti eliminisanim šumom, Slika 2.(f). Dobijena FT je veoma bliska onoj koja bi se dobila kada uopšte ne bi bilo prisustva m-D efekta i šuma.

Primjer 2: U ovom primjeru predloženi metod je testiran na signalu:

$$s(m) = \sum_{i=1}^K e^{j\theta_i m} + 5e^{j96\cos(2\pi m/256)}, \quad (8)$$

koji ima $K = 5$ komponenti sa konstantnom frekvencijom (sporo-pokretni reflektori) i jednu sinusoidalno modulisanu

komponentu (brzo-rotirajući reflektor) sa: $y_{Bi} = [1.7\pi, 1.8\pi, 1.9\pi, 2.0\pi, 2.1\pi]$, za $i = 1, \dots, 5$, $M = 256$ i $M_w = M / 4$. M_w utiče na frekvencijsku rezoluciju STFT, tj. veća vrijednost M_w doprinosi većoj frekvencijskoj rezoluciji STFT. U ovom primjeru korištena je veća vrijednost M_w , jer imamo više komponenti koje treba rekonstruisati. STFT ovog signala, kao i odgovarajuća FT prikazane su na Slici 3.(a), (b). Zatim je eliminisano 30% najvećih STFT vrijednosti kako bi se eliminisao m-D efekat, Slika 3.(c). Sumiranjem preostalih vrijednosti dobijena je FT Slika 3.(d). Kao što se na slici vidi, m-D efekat nije kompletno eliminisan, tj. osim pet sporo-promjenljivih komponenti, takode se vide ostaci m-D efekta Slika 3.(c), (d). Međutim, upotrebom predloženog genetičkog algoritma za svaki od detektovanih pikova i pamćenjem samo rekonstrukcijom dopunjene STFT, uspješno su eliminisani ostaci m-D efekta, Slika 3.(e). Sabiranjem tako dobijenih STFT odbiraka rekonstruiše se FT sa veoma visokom koncentracijom, Slika 3.(f). Krajnji rezultat je gotovo identičan rezultatu rada [2], sa tom razlikom što dodata izmjena doprinosi znatno većoj brzini algoritma.

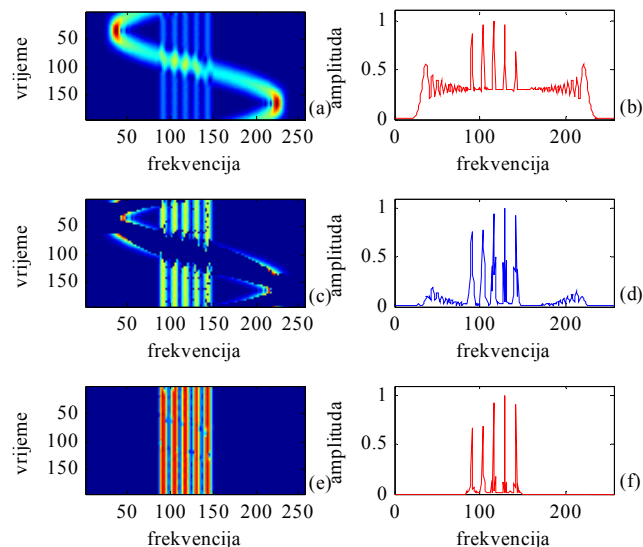


Slika 2. Radarski signal koji sadrži jednu sporo-promjenljivu i jednu rotirajuću komponentu u prisustvu kompleksnog Gausovog šuma sa varijansom $\sigma^2 = 2$. (a) STFT originalnog signala. (b) FT originalnog signala. (c) STFT nakon eliminacije m-D efekta. (d) FT nakon eliminacije m-D efekta. (e) STFT nakon primjene genetičkog algoritma. (f) FT nakon primjene genetičkog algoritma.

5. ZAKLJUČAK

Mikro-Doppler efekat može značajno otežati čitljivost radarskih slika, pa je njegova eliminacija vrlo važna za dobijanje fokusirane slike. Postoji efikasan metod eliminacije m-D efekta odbacivanjem za svaku frekvenciju najvećih STFT odbiraka. Međutim, na ovaj način se eliminiše i dio odbiraka koji odgovaraju čvrstom tijelu. Upotrebom genetičkog algoritma moguće je rekonstruisati nedostajuće odbirke STFT čvrstog tijela. U ovom radu unaprijeđena je

primjena postojećeg genetičkog algoritma. Naime, postignuto je da se uz manje odstranjenih odbiraka eliminiše kompletan m-D efekat, uz značajno manje vrijeme izvršavanja algoritma. Simuliranim primjerima potvrđeno je da predloženi algoritam eliminiše m-D efekat i veliki dio šuma i rekonstruiše visoko koncentrisanu FT signala.



Slika 3. Radarski signal koji sadrži pet sporo-promjenljivih i jednu rotirajuću komponentu. (a) STFT originalnog signala. (b) FT originalnog signala. (c) STFT nakon eliminacije m-D efekta. (d) FT nakon eliminacije m-D efekta. (e) STFT nakon primjene genetičkog algoritma. (f) FT nakon primjene genetičkog algoritma.

LITERATURA

- [1] L.J. Stanković, T. Thayaparan, M. Daković, V. Popović-Bugarin, "Micro-Doppler Removal in the Radar Imaging Analysis", *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 49, no. 2, Apr. 2013.
- [2] L.J. Stanković, V. Popović-Bugarin, F. Radenović, "Genetic algorithm for rigid body reconstruction after micro-Doppler removal in the radar imaging analysis", u štampi u *Signal Processing*, 2013.
- [3] E. Lutten, P. Martinez, "A Genetic Algorithm for the Detection of 2D Geometric Primitives", *Images, INRIA Robotique, image et vision*, vol. 2110, Nov. 1993.
- [4] K. S. Tang, K. F. Man, S. Kwong, Q. He, "Genetic Algorithms and their Applications", *IEEE Sig. Process. Magazine*, vol. 13, no. 6, Nov. 1996.
- [5] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Ann Arbor, University of Michigan Press, 1975.
- [6] V. Popović, I. Djurović, L. Stanković, T. Thayaparan, M. Daković, "Autofocusing of SAR images based on parameters estimated from the PHAF", *Signal Processing*, vol. 90, no. 5, May 2010, pp. 1382-1391.

UPOREDNI PREGLED PERFORMANSI LMS I NLMS ALGORITAMA U SISTEMIMA PAMETNIH ANTENA

PERFORMANCE ANALYSIS OF LMS AND NLMS ALGORITHM FOR SMART ANTENNA SYSTEMS

Luka Lazović, Ana Jovanović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U ovom radu je predstavljena uporedna analiza LMS algoritma i njegovih varijacija NLMS i Leaky NLMS algoritama primjenjenih na pametnim antenama. Razmatran je uticaj veličine i rastojanja elemenata linearnih antenskih nizova. Numeričkim analizama je razmatran uticaj ugla pod kojim dolazi interferirajući signal na rad adaptivnih algoritama.

Abstract: This paper presents a comparative performance study between LMS (Least Mean Square) and his variations NLMS (Normalized Least Mean Square) and Leaky NLMS algorithm for smart antenna systems. We studied the effect of linear antenna array parameters in terms of its size and element spacing. In simulations we study the influence of the angle of arrival of the interfering signal on the adaptive algorithm behavior.

1. UVOD

Smart antene 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. Automatska optimizacija se zasniva na korišćenju adaptivnih algoritama kao što su LMS, NLMS i mnogi drugi.

Adaptivni antenski niz kontinualno prilagođava svoj oblik dijagrama zračenja preko kontrole povratne sprege. Principijelna namjena adaptivnih senzorskih nizova je da poboljša detekciju i prijem određenih željenih signala. Osim toga, adaptivni nizovi "osjećaju" okolne izvore interferencije i automatski ih potiskuju, poboljšavajući npr. performanse radarskog sistema bez podataka o lokaciji interferencije.

Glavni razlog napretka u tehnologiji adaptivnih antenskih nizova je mogućnost njihovog automatskog reagovanja na nepoznato interferentno okruženje putem formiranje nula (steering nulls) i smanjenja nivoa bočnih lobova u dijagramu zračenja u smjeru interferencije, a pri tome čuvajući karakteristike zraka željenog signala.

2. OPIS PROBLEMA I PRIMIJENJENOG METODA

Neka je uniformni antenski niz formiran od N antenskih elemenata i neka prima M signala od željenog izvora $s_m(t)$ koji stižu pod uglovima $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M$ kao što je prikazano na slici 1. Antenski niz takođe prima i I signala od neželjenog izvora $s_i(t)$ koji stižu pod uglovima $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_I$. [1] [2]

Uzimajući u obzir karakterističnu funkciju zračenja k -tog elementa niza, u odnosu na referentnu struju i prvi element niza koja je jednaka [3]

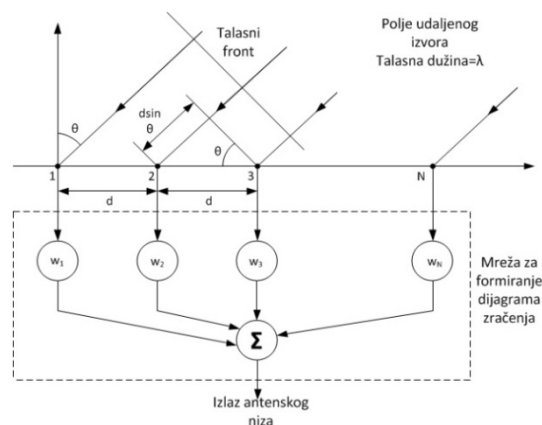
$$\vec{F}_k = A_k e^{jk(\delta + \beta d \cos \psi)} \vec{F}_0 \quad (1)$$

i uvodeći kompleksnu promjenljivu

$$z = e^{j(\delta + \beta d \cos \psi)} = e^{j\phi}, \quad (2)$$

dobijamo faktor neuniformnog antenskog niza u obliku

$$F_n(z) = A_0 + A_1 z^2 + A_2 z^2 + \dots + A_{n-1} z^{n-1}. \quad (3)$$



Slika 1. Linearni antenski niz

Kao što se vidi dobili smo kompleksni polinom po promjenljivoj z , stepena $n-1$, gdje je n ukupan broj elemenata niza. U jednačini (2) d predstavlja rastojanje između elemenata niza, δ predstavlja fazni pomak struje u elementima niza, dok ψ predstavlja upadni ugao signala.

Različite performanse antenskog niza se mogu postići mijenjanjem rastojanja između antena d , promjenom faze struje u elementima niza kao i promjenom amplitude struja u elementima niza. U ovom radu razmatrana je primjena LMS i njegovih varijacija na uniformnom ekvidistantnom linearnom antenskom nizu sa transverzalnim zračenjem (d je konstantno, δ je konstantno kao i amplituda struja u elementima niza) koji se opisuje jednačinom (3).

Posmatrajući ovaj matematički model sa stanovišta diskretnog signala, željeni signal $x_S(t)$ se može definisati kao

$$x_M(t) = \sum_{m=1}^M a(\theta_m) s_m(t) \quad (4)$$

gdje je $a(\theta_m)$ matrica $N \times 1$ koja sadrži „array steering“ koeficijente koji se za ugao θ_m mogu napisati kao

$$a(\theta_m) = \exp[j(n-1)\psi_m]^T \quad (5)$$

gdje T predstavlja operator transponovanja, a ψ_m predstavlja fazni pomak polja između dva susjedna elementa niza i definišemo ga kao

$$\psi_m = 2\pi\left(\frac{d}{\lambda}\right)\sin(\theta_m), \quad (6)$$

gdje je d rastojanje elemenata a λ talasna dužina primljenog signala.

Željeni signal $x_m(t)$ se sada može zapisati kao

$$x_m(t) = A_m s(t), \quad (7)$$

gdje je A_m vektor željenog signala reda $N \times M$ i može se zapisati kao

$$A_m = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_M)] \quad (8)$$

A $s(t)$ je vektor željenih signala reda $N \times 1$ definisan kao

$$s(t) = [s_1(t) \quad s_2(t) \quad \dots \quad s_M(t)]^T \quad (9)$$

Analogno željenom signalu, na isti način se definiše i neželjeni interferirajući signal kao

$$x_i(t) = A_i i(t) \quad (10)$$

gdje je A_i matrica reda $N \times I$ a $i(t)$ matrica reda $I \times 1$.

Ukupan signal koji prima antenski niz $x_m(t)$ dat je superpozicijom željenog signala, neželjenog (interferirajućeg signala) i bijelog Gausovog šuma kojeg detektuje antena a koji se opisuje vektorom reda $N \times 1$. Konačno signal $x(t)$ se može zapisati kao

$$x(t) = x_m(t) + n(t) + x_i(t). \quad (11)$$

2.a Pametne antene

Primjena pametnih antena omogućava veće prijemne kapacitete sistema, povećava odnos signal-šum, redukuje interferenciju između kanala skrećući glavnu laticu dijagrama zračenja prema korisniku i istovremeno formirajući nule na dijagramu zračenja u smjeru interferirajućih komponenti.

Pametne antene kombinuju antenske nizove sa digitalnom obradom signala u cilju poboljšanja prijema i emitovanja, dinamično odgovarajući promjenama u okruženju signala.

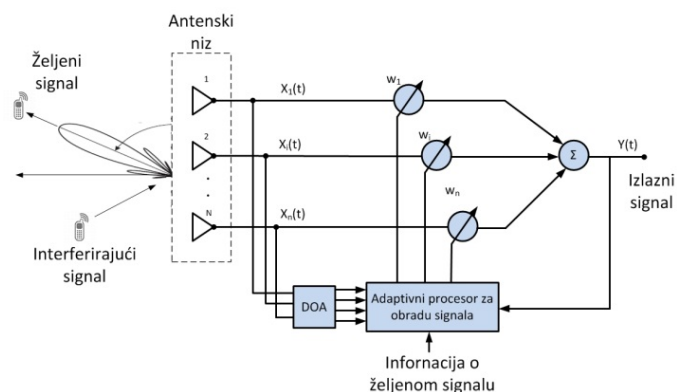
Sistem pametne antene se može podijeliti u tri dijela [4]:

1. Prvi procijenjuje DOA (direction of arrival) i procijenjuje koliko ima signala
2. Drugi dio se bavi klasifikacijom šta su korisni a šta interferirajući signali
3. Treći dio predstavlja adaptivni algoritam koji će biti razmatran u ovom radu.

U ovom radu ćemo napraviti pretpostavke da nema uparivanja između antenskih elemenata, da postoji konačan broj signala i da je opseg signala mali u odnosu na frekvenciju nosioca.

2.b LMS algoritam

Least mean square (LMS) algoritam je adaptivni algoritam koji koristi metod najbržeg spuštanja. LMS algoritam koristi iterativnu proceduru koja pravi sukcesivne korekcije težinskih koeficijenata koja vodi do minimizacije MSE (Mean Square Error). LMS pripada tipu algoritama sa kontinualnom adaptacijom, gdje algoritmi podešavaju težinske koeficijente dok se signal odabira tj. za svaki odbirak se određuju koeficijenti za najoptimalniji izlaz [1] [2]. Blok šema sistema za adaptaciju je prikazana na slici 2.



Slika 2. Funkcionalni blok dijagram pametne antene

U poređenju sa ostalim, LMS algoritam je relativno jednostavan, ne zahtijeva računanje korelacione funkcije niti zahtijeva operacije invertovanja matrice koje smanjuju brzinu adaptacije.

U toku svake iteracije LMS algoritma, podešavaju se težinski koeficijenti po formuli

$$w(n+1) = w(n) + 2\mu e(n)x(n) \quad (12)$$

Ovdje je $x(n)$ ulazni vektor za vrijednosti signala iz prethodnog odbirka, dok $w(n)$ predstavljaju težinske koeficijente adaptivnog algoritma [5]. Parametar μ je poznat kao veličina koraka i ima malu pozitivnu vrijednost. Ovaj parametar kontroliše uticaj faktora update-ovanja. Odabir vrijednosti μ je ključan za LMS algoritam, ako je μ suviše malo, vrijeme konvergencije sistema će biti veliko, a ako je μ suviše veliko sistem će biti nestabilan. Za LMS algoritam korišćen u simulacijama pokazalo se da je najoptimalnije $\mu=0.04$.

Svaka iteracija LMS algoritma zahtijeva tri koraka u sledećem redosledu [6]

1. Izlaz sistema se računa po relaciji

$$y(n) = w^T(n)x(n) \quad (13)$$

2. Procijenjena greška se računa po jednačini

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (14)$$

3. Težinski koeficijent se računa za sledeću iteraciju po formuli

$$w(n+1) = w(n) + 2\mu e(n)x(n) \quad (15)$$

Za svaku iteraciju LMS algoritma potrebno je $2N$ sabiranja i $2N+1$ množenja.

2.c NLMS algoritam

Osnovna mana LMS algoritma je fiksni korak μ za svaku iteraciju. Ovo zahtijeva poznavanje statistike ulaznog signala što je u praksi veoma teško. NLMS (Normalised LMS) je verzija LMS algoritma koja prevazilazi ovaj problem računajući maksimalni korak μ po formuli

$$\mu = \frac{\mu_{norm}}{1 + X^T(n)X(n)} \quad (16)$$

Normalizacija je izvršena u odnosu na energiju posmatranih N odbiraka signala. U izvršenim simulacijama NLMS algoritma primjenjenog na antenske nizove dolazimo do zaključka da pokazuje veću stabilnost za nepoznate signale od ostalih algoritama.

Koraci NLMS algoritma su slični koracima LMS-a.

1. Izlaz sistema se računa po relaciji

$$y(n) = w^T(n)x(n) \quad (17)$$

2. Procijenjena greška se računa po jednačini

$$e(n) = d(n) - y(n) \quad (18)$$

3. Veličina koraka μ se računa po formuli

$$\mu(n) = \frac{1}{X^T(n)X(n)} \quad (19)$$

4. Težinski koeficijent za sledeću iteraciju se računa po formuli

$$w(n+1) = w(n) + \mu(n)e(n)x(n) \quad (20)$$

Svaka iteracija NLMS algoritma zahtijeva $3N+1$ množenja što je N množenja više nego LMS. Ovo je prihvatljivo zbog mnogo veće stabilnosti i slabljenja šuma.

2.d Leaky NLMS algoritam

Leaky NLMS algoritam je razvijen radi optimizacije stabilnosti i performansi NLMS i LMS algoritama. Glavni razlog razvijanja ovakvog algoritma je pojava nestacionarnog šuma i vremenski varijabilnih odnosa signal-šum. Leaky NLMS algoritam je baziran na „Lyapunov tuning“ pristupu. U odnosu na tradicionalne LMS i NLMS algoritme, ovaj algoritam pokazuje bolje rezultate na polju adaptacije antenskih nizova.

U odnosu na NLMS, Leaky NLMS se razlikuje samo u zadnjem koraku. Težinski koeficijenti se računaju po relaciji

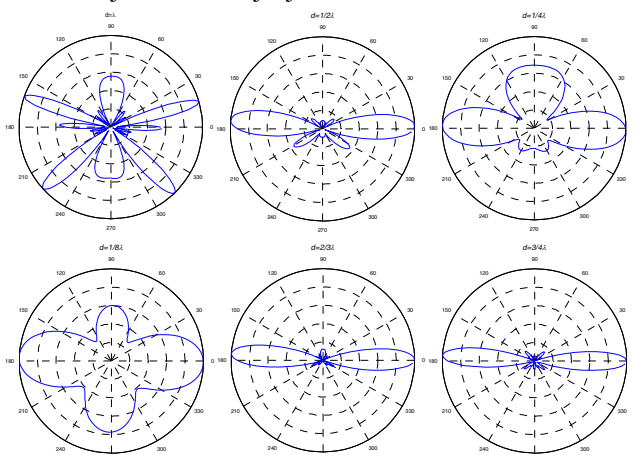
$$w(n+1) = (1 - \mu(n)) * w(n) + \mu(n)e(n)x(n) \quad (21)$$

Upoređujući brzinu i stabilnost upravo ovim algoritmom su postignuti najbolji rezultati u simulaciji.

3. NUMERIČKI REZULTATI

U svim simulacijama, kao ulazni signal, korišćen je signal opisan jednačinom (11). Simuliran je uniformni ekvidistantni niz sa upadnim uglom ulaznog signala $\theta=0^\circ$ i talasnom dužinom $\lambda=0,5$ m. Interferirajuće komponente dolaze pod uglovima $\theta_1=-20^\circ$, $\theta_1=-60^\circ$, $\theta_1=30^\circ$ i $\theta_1=60^\circ$ sa odnosom signal-interferirajući signal=10dB. Simulacije su vršene za 400 odbiraka sa korakom $\mu=0.04$.

Na slici 3 su dati dijagrami zračenja za LMS algoritam za različite vrijednosti rastojanja između antena d .

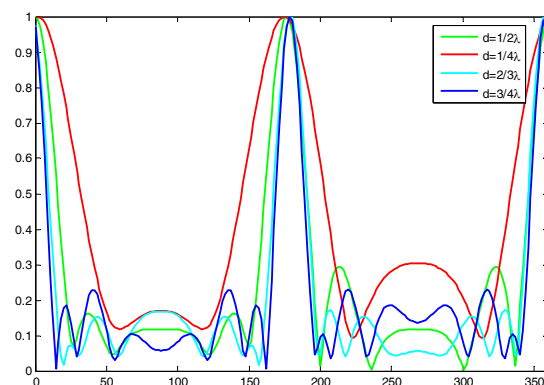


Slika 3. Dijagram zračenja LMS algoritma za različite

vrijednosti rastojanja d ($d=\lambda$, $d=1/2\lambda$, $d=1/4\lambda$, $d=1/8\lambda$, $d=2/3\lambda$ i $d=3/4\lambda$)

Na osnovi dobijenih dijagrama zračenja možemo zaključiti da LMS jako zavisi od rastojanja elemenata antenskog niza i broja elemenata, pa za $d=1/8\lambda$ gotovo da nema.

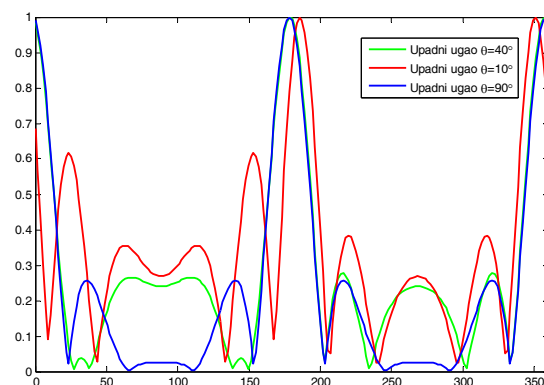
Na slici 4 je dat dijagram zračenja Leaky NLMS algoritma prilikom promjene rastojanja d .



Slika 4. Dijagram zračenja Leaky NLMS algoritma prilikom promjene rastojanja d

Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da mijenjajući rastojanje d dolazi do promjene direktivnosti, pa je optimalna direktivnost i najveće poništavanje neželjenih signala za $d=3/4\lambda$. Ako smanjujemo rastojanje d povećavamo energiju koja se rasipa u neželjenim pravcima. Za vrijednost $d=1/4\lambda$ algoritam gotovo da ne poništava interferirajući signal.

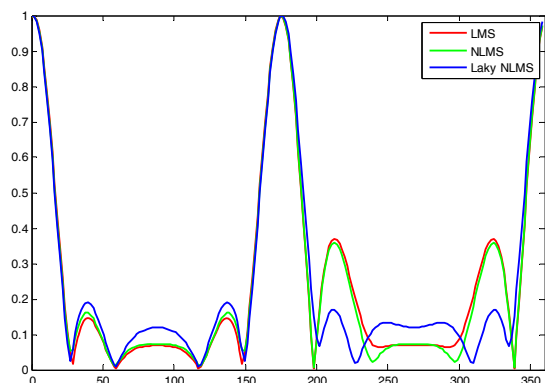
Na slici 5 su prikazane razlike u radu Leaky NLMS algoritma prilikom promjene ugla interferirajućeg signala.



Slika 5. DOA Leaky NLMS algoritma sa jednim neželjenim signalom koji dolazi pod različitim uglovima

Na osnovu dobijenih dijagrama, primjećuje se da uglovi interferirajućih komponenti imaju veliki uticaj na direktivnost zračenja i na rad samog algoritma prilikom adaptacije, što je ugao upadnog signala udaljeniji od ose niza ($\theta=90^\circ$) poništavanje interferirajućih komponenti je bolja i manja je snaga u neželjenim pravcima, a što je ugao bliži vrijednostima $\theta=0^\circ$ i $\theta=180^\circ$ adaptacija je lošija.

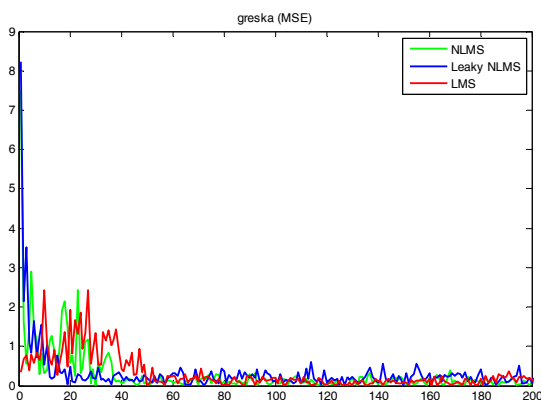
Na slici 6 je dat uporedni pregled LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima.



Slika 6. Uporedni pregled dijagrama zračenja LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima

Sa dijagrama se uočava da najveće poništavanje neželjenog signala i najmanju snagu emitovanja u neželjenim pravcima postiže NLMS.

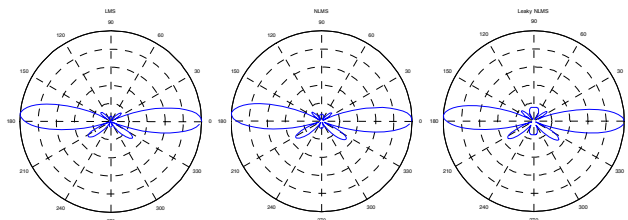
Na slici 7 dat je uporedni pregled grešaka (MSE) za LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima.



Slika 7. Uporedni pregled greške LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima

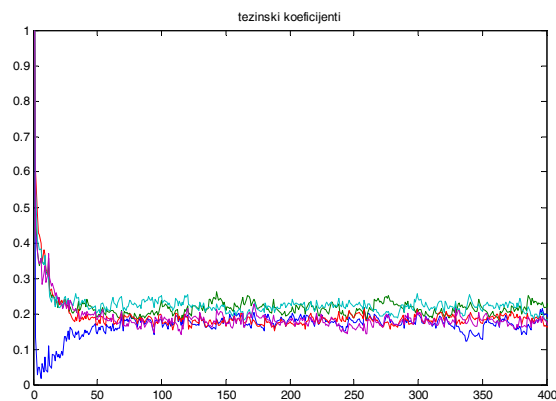
Na osnovu dobijenih rezultata uočava se da najbrže konvergira i najmanju grešku ima Leaky LMS.

Na slici 8 su predstavljeni dijagrami zračenja za LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima.



Slika 8. Dijagram zračenja LMS, NLMS i Leaky NLMS algoritima

Na slici 9 su predstavljeni težinski koeficijenti koji najbrže postižu krajnju vrijednost kod Leaky NLMS-a.



Slika 9. Težinski koeficijenti Leaky NLMS algoritma

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su razmatrani adaptivni algoritmi LMS, NLMS i Leaky NLMS primjenjeni na pametnim antenama. Simulacijom je utvrđeno da najbolju brzinu rada, grešku i konvergenciju postiže Leaky NLMS. On takođe daje najbolje rezultate kada je signal dinamičan i kada dolazi do brze promjene položaja signala interferencije. LMS algoritam pokazuje veliku zavisnost od koraka μ , iako pokazuje najbolje rezultate prilikom poništavanja interferirajućih komponenti.

U radu je razmatran i uticaj parametara antenskog niza na ponašanje adaptivnog algoritma, pa je povoljnim izborom rastojanja d moguće smanjiti snagu zračenja u neželjenim pravcima. Razmatrajući rastojanje između elemenata niza došli smo do rezultata da previše malo i previše veliko rastojanje kviri performanse algoritma.

Rad algoritma je zavistan od ugla pod kojim dolazi signal, pa ukoliko je bliži $\theta=90^\circ$ stepeni daje bolje performanse, dok za uglove koji su bliski $\theta=0^\circ$ algoritam gotovo da ne radi.

LITERATURA

- [1] Alan J. Fenn, *Adaptive Antennas and Phased Arrays for Radar and Communications.*: Massachusetts Institute of Technology Lincoln Laboratory, 2005.
- [2] Andreas Spanias, and Mahesh K. Banavar Jeffrey Foutz, *Narrowband Direction of Arrival Estimation for Antenna Arrays*, 8th ed.: Morgan & Claypool.
- [3] Momčilo B. Dragovic, *Antene i prostiranje radio talasa*. Beograd: Akademska misao, 2008.
- [4] Ms. Jyoti Chougale-Patil, Dr. Shrikant K. Bodhe Prof. B.G. Hogade, "Analysis of Improved and Traditional LMS Beamforming Algorithm for Smart Antenna," *Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 2, no. 3, pp. 1816-1820, May-Jun 2012.
- [5] M. Yasin Dr. Pervez Akhtar Dr. Valiuddin, "Performance Analysis of LMS and NLMS Algorithms for a Smart Antenna System," *International Journal of Computer Applications*, vol. 4, August 2010.
- [6] D.S. Ramkiran, Habibulla Khan, M. Usha, B.T.P. Madhav K. Phani Srinivas & G.V. Ganesh Radhika Chinaboina, "Adaptive algorithms for acoustic echo cancellation in speech processing," *IJRRAS*, vol. 7, no. 1, April 2011.

KODOVANJE VIDEO SADRŽAJA ZA REPRODUKCIJU SA MULTIMEDIJALNOG SERVERA U HETEROGENIM MREŽAMA

ENCODE VIDEO TO PLAY FROM MULTIMEDIA SERVER IN HETEROGENEOUS NETWORKS

Zoran Veličković, Saša Matijašević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Srbija*

Sadržaj: *Raznovrsnost uređaja koji pristupaju multimedijalnom IP serveru je sve veća. Evidentna je potreba da se svim uređajima, bez obzira na njihove tehničke i mrežne karakteristike, obezbedi efikasan pristup multimedijalnom sadržaju. Jedno od rešenja problema je da se arhivirani multimedijalni sadržaj koduje različitim bitskim brzinama a samim tim i kvalitetom. U ovom radu su prezentovani bazni principi kodovanja video materijala kao i alati koji su korišćeni u tu svrhu. Realizovana je Web aplikacija za arhiviranje i reprodukciju multimedijalnog materijala sa IP servera u heterogenoj terminalnoj mreži.*

Abstract: *Diversity of devices which accessing to the multimedia IP server is increasing. All devices, regardless of their technical characteristics and the network possibilities, need to have efficient access to the multimedia contents. One of the solutions this problem is that multimedia contents be encoded with different bit rates and quality. This paper presents the basic principles of video coding and tools that are used for this purpose. Web application for archiving and playback multimedia material with IP servers in a heterogeneous terminal networks is realized.*

1. UVOD

Pod pojmom multimedijalni server (MMS) u ovom radu se podrazumeva uređaj koji skladišti multimedijalni sadržaj i čini ga dostupnim korisnicima sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme. Multimedijalni server se može realizovati kako na snažnim hardverskim platformama (koje mogu pružiti uslugu videa na zahtev), tako i na platformama malih kućnih računara NAS (engl. *Network Attached Storage*) [1]. MMS se na NAS platformi realizuje u vidu kućnog bioskopa sa operativnim sistemom Windows Media Center Edition ili u formi Web servera koji hostuje medije za Web sajt. MMS u ovom radu je baziran na Web serveru i otvorenim softverskim platformama PHP-a i MySQL-a [2]. Pristup arhiviranim multimedijalnim sadržajima je omogućen sa samog servera ili pokretanjem Web aplikacije koja omogućava korisnicima pristup sa udaljene lokacije preko Interneta.

Obzirom na raznovrsnost uređaja i tipove mreža iz kojih se može pristupiti serveru, multimedijalni sadržaj se mora prilagoditi svim korisnicima kako se bi se omogućio najbolji kvalitet usluge. Jedan od načina prilagođavanja multimedijalnih sadržaja korisnicima različitih zahteva je konverzija formata multimedijalnog sadržaja. Konverzija video sadržaja pored ostalog podrazumeva i video kompresiju, koja omogućava da se video signal koduje na takav način da prilikom skladištenja zauzima što manje memorijskog prostora. Istovremeno, kompresija ne treba značajno da degradira kvalitet videa prilikom reprodukcije [3]. Pojmovi koji se povezani sa video kompresijom su konverzija, rekompresija (prekodovanje) i remultipleksiranje video sadržaja. Proces prevođenja kodovanih video sadržaja iz jednog formata u drugi naziva se konverzija i predstavlja direktnu digitalno – digitalnu konverziju [4]. Prekodovanje predstavlja proces kodovanja video signala koji je prethodno već bio kodovan i obično se vrši u slučajevima kada neki uređaj ili aplikacija ne podržavaju određeni format, ili postoji ograničenje u veličini fajla. Takođe, prekodovanje se koristi za konvertovanje nekompatibilnih ili zastarelih formata u

novije - bolje podržane formate. Remultipleksiranje predstavlja proces promene formata kontejnera fajla. Pri remultipleksiranju audio i video signal se izdvajaju iz kontejner fajla i neizmenjeni se smeštaju u novi kontejner fajl.

U zavisnosti od primene, mogu se kao ciljni optimizacioni kriterijumi postaviti veličina kodovanog fajla ili kvalitet videa. Obzirom da je ljudsko oko/uho tolerantno na gubitke detalja u video/audio sadržaju, za kodovanje multimedijalnih sadržaja se koriste kompresije sa gubicima (engl. *Lossy*) [5]. Ovo ima za posledicu da se kodovanje multimedijalnih sadržaja može obaviti sa znatno manjom količinom podataka. Zapravo, algoritmi kompresije omogućavaju pravljenje kompromisa između zahtevanog kvaliteta reprodukovanoog videa i količine podataka kojima se on opisuje (veličine fajla kodovanog videa). Kompresija sa gubicima ima za posledicu formiranje manjih fajlova koji su pogodniji za skladištenje, odnosno, transfer putem Interneta [6]. U radu je pokazano da se kodovanjem video materijala u više različitih formata može izvršiti adaptacija sadržaja prilagođena terminalnim uređajima različitih performansi. Takođe, pokazano je da se slična adaptacija može obaviti u funkciji kapaciteta komunikacionog kanala kojim se pristupa MMS-u.

U drugoj sekciji su prikazani principi kompresije i obrade video sadržaja koderom FFMPEG. U trećoj sekciji je prikazana realizacija multimedijalnog servera sa posebnim osvrtom na postavljanje i kodovanje video sadržaja od strane korisnika. U četvrtoj sekciji su prikazani rezultati dobijeni kodovanjem video sadržaja različitim koderima, bitskim brzinama i hardverskim platformama. U zaključnom poglavlju sumirani su dobijeni rezultati i date preporuke za primenu prilikom praktične realizacije.

2. KODOVANJE VIDEO SADRŽAJA i FFMPEG

Video predstavlja seriju slika koje se prikazuju jedna za drugom određenom brzinom, tako da se ostvaruje privid kontinualnog kretanja [7], [8]. Svaka pojedinačna slika se

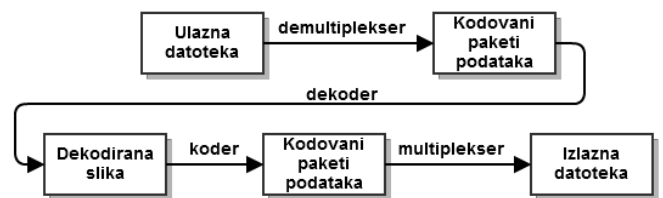
naziva frejm (engl. *frame*). Kako je već napomenuto, osnovni problem kod video sadržaja je kako redukovati količinu podataka kojom se opisuje svaki pojedini frejm. Na smanjenje količine podataka može se uticati na razne načine.

Za ovaj rad su interesantni predikcioni modeli na primeru H.264/AVC kodeka koji presudno utiču na efikasnost kompresije i kvalitet dekodovanog videa [9]. Uobičajeno je da se pojedine predikcione šeme mogu selektovati prilikom kodovanja videa [10]. Rezultat rada primenjene predikcione šeme je „residualni“ frejm koji se dobija oduzimanjem predikcije od tekućeg frejma [11]. H.264/AVC kodek podržava veliki spektar predikcionih modela. Inter (engl. *Inter*) predikcioni modeli se zasnivaju na korišćenju podataka iz tekućeg frejma, dok se intra (engl. *Intra*) predikcione šeme zasnivaju na kompenzaciji pokreta iz prethodnog frejma. Izbor različitih veličina predikcionih blokova kao i višestruko korišćenje referentnih frejmova su osnovni izvori dobrih predikcionih karakteristika kod intra predikcionih šema. Ugrađeni digitalni filtri i interpolacione tehnike smanjuju greške u slici koje su posledica kompresije [12]. Izbor najbolje predikcione šeme za svaki blok podataka u videu imaće za posledicu visoko kompresovan video zapis.

U zavisnosti od podataka koji učestvuju u predikciji nekog bloka se oni mogu podeliti na I, P i B tipove. Tako, kod I predikcionog bloka participiraju podaci iz tekućeg frejma kod kojih se istražuje sličnost susednih uzoraka. Predikcija P makrobloka se zasniva na podacima prethodno kodovanog frejma koji se može nalaziti bilo pre ili posle tekuće slike u redosledu prikazivanja. Predikcija P makrobloka se može odrediti iz podataka više različitih frejmova. Predikcija B makrobloka se zasniva na podacima iz jednog ili dva prethodno kodovana frejma. Tako, predikcija B makrobloka se može zasnivati na jednom frejmu koji prethodi i jednog frejma koji sledi.

Kod ovog predikcionog modela kod H.264/AVC kodeka se može selektovati veličina predikcionih blokova za luminentnu komponentu. Standardno se mogu selektovati predikcioni blokovi veličina 16×16, 8×8 ili 4×4 piksela. Za svaki hromanentni blok se formira po jedan predikcioni blok. Izbor veličine predikcionih blokova je veoma značajna funkcija u algoritmu kodovanja video sadržaja H.264 koderom. Razlog ovome leži u činjenici da manji predikcioni blokovi daju pouzdaniju predikciju i time manje podataka u rezidualnom frejmu. U tom slučaju samo nekoliko bitova je potrebno za kodovanje kvantizacionih koeficijenata QP [10]. Međutim, znatno veći broj bitova je potreban za kodovanje predikcionog izbora. Sa druge strane, veći predikcioni blokovi daju manje pouzdanu predikciju i otuda se generiše veći broj podataka u rezidualnom frejmu. Međutim, samo nekoliko bitova je potrebno za kodovanje predikcionog izbora.

FFMPEG je alat iz komandne linije za različite platforme koji, u svom najjednostavnijem obliku, omogućava kodovanje i dekodovanje multimedijalnih fajlova [13]. FFMPEG je besplatna aplikacije sa LGPL (engl. *Lesser General Public License*) ili GPL (engl. *General Public License*) licencom. Glavne komponente FFMPEG-a su *libavcodec*, biblioteka sa audio i video kodecima,



Slika 1. Proces obrade multimedijalnog fajla

libavformat, biblioteka za multipleksiranje i demultipleksiranje audio i video kontejnera, i komandna linija za prosljeđivanje opcija vezanih za manipulaciju multimedijalnim materijalom glavnom programu. Proces obrade multimedijalnog fajla opisan je dijagramom na slici 1. FFMPEG poziva biblioteku *libavformat*, koja sadrži kodovane pakete podatka. Kodovani paketi se zatim prosljeđuju dekodekeru koji formira nekompresovane podatke koji se mogu dodatno obrađivati filtriranjem. Posle filtriranja podaci se prosljeđuju koderu (obično drugog tipa ili sa drugim kodnim parametrima), koji ih koduje i kreira kodovane pakete podataka. Konačno oni se prosljeđuju multiplekseru, koji ih zapisuje u izlazni fajl. FFMPEG predstavlja nezamenljiv alat za sve Web programere koji imaju potrebu da obrade video materijal postavljen od strane korisnika. Budući da je dostupan na većini platformi, integracija sa jezicima kao što je PHP je relativno laka. Za integraciju neophodna je i PHP ekstenzija FFMPEG-PHP koja je takođe besplatna. Jedan od uobičajenih načina integracije FFMPEG-a sa PHP-om je korišćenjem `exec()` funkcije za čije korišćenje je potrebno poznavanje sintakse FFMPEG-a:

```
ffmpeg [[infile options]['-i' infile]]... [[outfile options] outfile]...
```

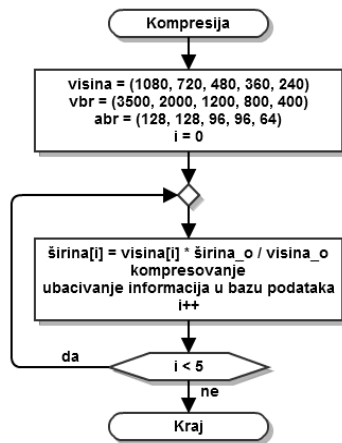
`ffmpeg` – predstavlja naziv izvršnog fajla.

- *infile option* – Opcije koje se odnose na ulazni fajl, i određuje šta treba da se primeni pre početka obrade.
- *-i infile* – Ulazni fajl koji se obrađuje sa kompletnom putanjom.
- *outfile options* – Opcije koje se odnose na izlazni fajl, i određuju način obrade ulaznog fajla.
- *outfile* – Izlazni fajl koji se kreira sa kompletnom putanjom.

Sve navedene opcije se primenjuju na sledeći naveden fajl i zbog toga je njihov redosled izuzetno važan. Ista opcija se može više puta ponoviti u komandnoj liniji i ona se uvek primenjuje na prvi sledeći fajl.

3. MULTIMEDIJALNI SERVER

Za potrebe ovog rada realizovan je multimedijalni server korišćenjem programerske tehnologije bazirane na PHP-u i MySQL-u. Multimedijalni server se u ovom radu razmatra kao arhiver i dostavljač multimedijalnog sadržaja. Osnovna karakteristika ovako koncipiranog multimedijalnog servera je adaptacija multimedijalnog sadržaja prema terminalnim i mrežnim karakteristikama korisničkog terminala. Prilikom postavljanja fajlova na server potrebno je izvršiti redukciju kvaliteta video sadržaja kako bi se ponudio kontinualan pregled i korisnicima koji imaju slabije mrežne performanse, uz zadržavanje originalnog fajla. Dijagram toka kompresije video fajla prikazan je na slici 2. Prvo se podešavaju parametri koji će se koristiti pri kompresiji postavljenog



Slika 2. Adaptacija kvaliteta videa rekompresijom

(arhiviranog) video fajla: ciljana visina i željena video (*vbr*) i audio bitska brzina (*abr*). Kako bi se sačuvao originalna razmera slike širina izlaznog fajla se izračunava na osnovu ciljane visine i odnosa širine i visine originalnog fajla. Po završenoj kompresiji podaci o izlaznom fajlu se smeštaju u bazu podataka realizovanu takođe softverom otvorenog koda MySQL. Pre reprodukcije potrebno je izmeriti brzinu veze između servera i korisnikovog terminala, te na osnovu rezultata, korisniku ponuditi najbolji mogući kodovani video koji se može kontinualno pregledati bez baferovanja. Izgled korisničkog interfejsa prilikom pregleda video fajla sa realizovanog MMS-a je prikazan na slici 3. Merenje brzine veze između korisnika i servera se realizuje pomoću java skripta. Potrebno je preuzeti fajl poznate veličine sa servera, proveriti koliko je vremena potrebno za preuzimanje, a zatim podeliti veličinu fajla sa vremenom potrebnim za preuzimanje.

4. PRAKTIČNA REALIZACIJA MMS-a

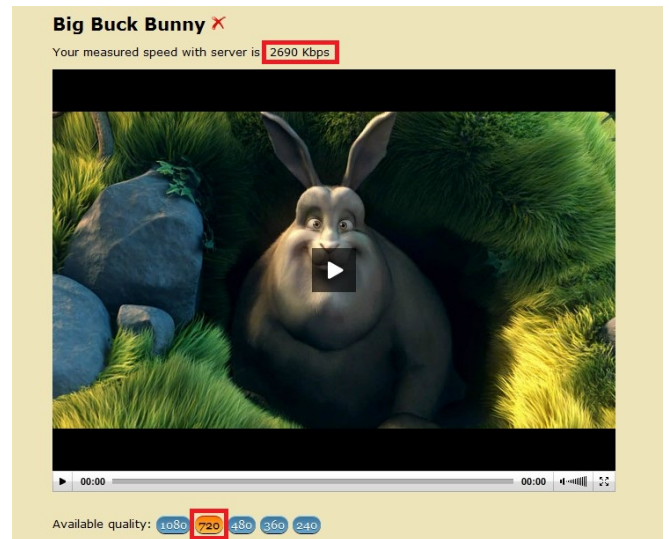
Primenom algoritma prikazanog u sekciji 2 izvršena je kompresija video fajla sa različitim vrednostima zahtevane bitske brzine. Tom prilikom je dobijeno nekoliko fajlova sa kodovanim videom različitih performansi. Generalno se može reći da je FFmpeg koder generisao veće fajlove za veće bitske brzine. Testiranje FFmpeg koder je obavljeno na video sekvenci sa puno pokreta snimljenoj statičnom kamerom u trajanja od 82s. Za prikazani slučaj, veličina kodovanog fajla generisanog FFmpeg-om nije zavisila od upotrebljenog kodeka već od željene bitske brzine. Dobijene veličine fajlova za testiranu sekvencu u funkciji bitske brzine su prikazane u tabeli 1. Očekuje se da će veći fajlovi pri reprodukciji dati bolji kvalitet videa.

Tabela 1. Veličina video fajla u funkciji bitske brzine

Bitska brzina (kb/s)	Veličina fajla (MB)
256	4
500	6
1000	11
2000	21

Iz tabele 1 se jasno može sagledati enormno povećanje količine podataka sa porastom zahtevane bitske brzine. Ovo je jedna od činjenica koje opravdava razmatrani koncept adaptacije video sadržaja. Za evaluaciju predloženog

koncepta korišćeni su kodeci XviD i H.264. Selektovana je fiksna veličina bloka 8x8 piksela za H.264 koder. Isti video



Slika 3. Pregled video fajla sa preporučenim kvalitetom videa

sadržaj je kodovan zahtevanom bitskom brzinom od 2000 kb/s. Po jedan frejm iz dobijenog dekodovanog video je prikazan na slikama 4 i 5. Na slici 4 je prikazan frejm dobijen koderom XviD, dok je na slici 5 prikazan isti frejm dobijen koderom H.264. Pri kodovanju XviD koderom, postavljen je parametar koji opisuje GoP (engl. *Group of Pictures*) [10] na 150, dok B frejmovi nisu korišćeni. Za kodovanje H.264 koderom zahtevan je *High* profil sa kvantizacionim koeficijentom QP=31 [10], [11]. Kada se video sadržaji koduju na velikim bitskim brzinama, (u ovom slučaju 2000 kb/s) subjektivno nije moguće primetiti razlike u kvalitetu video fajla. Ovo se može primetiti poredeći kvalitet slike 4 i 5. Na velikim bitskim brzinama ova tvrdnja važi za sve testirane kodeke.



Slika 4. Frejm iz videa kodovanog XviD kodekom pri 2000 kb/s



Slika 5. Frejm iz videa kodovanog H.264 kodekom pri 2000 kb/s



Slika 6. Frejm iz videa kodovanog XviD kodekom (256 kb/s)

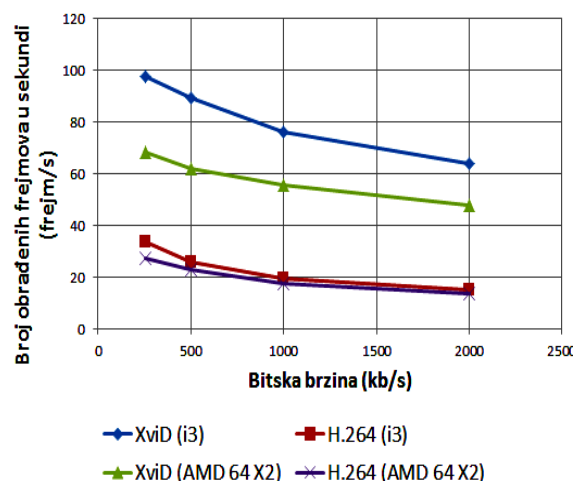


Slika 7. Frejm iz videa kodovanog H.264 kodekom (256 kb/s)

Međutim, pri malim bitskim brzinama kvalitet videa je znatno lošiji i zavisi od upotrebljenog kodeka. Na slikama 6 i 7 su prikazani frejmovi kodovani sa XviD i H.264 kodecima pri bitskoj brzini od 256 kb/s. H.264 ima evidentno bolje performanse što se može ustanoviti i subjektivnom ocenom kvaliteta slika 6 i 7. Veličina fajla za isti kvalitet videa dobijenog H. 264 kodekom je znatno manja što će imati za posledicu kraće vreme kodovanja u odnosu na XviD kodek. U cilju evaluacije ove tvrdnje, izvršena je kompresija istog video sadržaja na dve platforme: prva je bazirana na procesoru AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core 6000+ (3114 MHz) sa 4GB RAM i druga, bazirana na procesoru Intel(R) Core(TM) i3 M 370 (2394 MHz) sa 4 jezgra i 4GB RAM. Dobijeni rezultati su prikazani na slici 8 i potvrđuju očekivane rezultate za obe platforme. Evidentno je da sa porastom zahtevane bitske brzine broj obrađenih frejmova opada kod svih kodeka, što je takođe očekivani rezultat.

5. ZAKLJUČAK

Multimedijalnom IP serveru pristupa sve više različitih uređaja kojima je potrebno obezbediti odgovarajući pristup multimedijalnom sadržaju bez obzira na njihove tehničke i mrežne karakteristike. Sa stanovišta tehničkih karakteristika uređaja, problem se rešava kodovanjem multimedijalnog sadržaja različitim kodecima, dok sa stanovišta mrežnih karakteristika problem se rešava kodovanjem različitim bitskim brzinama. Realizacijom MMS-a ovim koceptom omogućeno je korišćenje servera od strane velikog broja različitih korisničkih terminala. Pri kodovanju sa manjim bitskim brzinama poželjno je da se koristi H.264 kodek jer su rezultati kodovanja veoma dobri, dok pri kodovanju velikim bitskim brzinama nema mnogo vidljivih razlika tako da nije presudan tip kodeka. Na veličinu fajla utiče i veličina GoP-a, tako da što je on veći, veličina fajla je manja, ali je otežano pozicioniranje pri reprodukciji. Preporučena je vrednost od



Slika 8. Brzina kodovanja video fajla

250 frejmova za PAL standard (25 frejmova/s) odnosno 300 frejmova za NTSC standard (29,97 frejmova/s), što predstavlja vremenski interval od 10 sekundi. Pored GOP-a, na veličinu fajla utiče i broj B frejmova i njih iskustveno treba da bude 5 do 6 na prethodnu veličinu GoP-a. Iako je vreme kodovanja H.264 kodekom veće nego kodovanjem XviD kodekom poželjna je češća upotreba H.264 kodeka zbog kvaliteta video sadržaja koji se njime dobija.

LITERATURA

- [1] G. Gibson, R. V. Meter, „Network attached storage architecture, Communications of the ACM“, vol. 43, no. 11, pp 37-45, 2000.
- [2] T. Converse, J. Park, C. Morgan, *PHP5 and MySQL Bible*, Wiley Publishing, Inc., 2004.
- [3] H. H. Li, S. Sun, H. Derin, „Video data compression for multimedia computing“, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997.
- [4] P. D. Symes, „Digital Video Compression“, McGraw Hill Companies, New York, 2001.
- [5] S. Matijašević, Z. Veličković, „Multimedijalni IP server sa podrškom heterogenim mrežama“, YUInfo 2013, prihvaćeno za prezentaciju.
- [6] V. Bhaskaran, K. Konstantinides, „Image and Video Compression Standards: Algorithms and Architectures“, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 1997.
- [7] J. Ozer, „Video compression for multimedia“, AP Professional, Phoenix, 1995.
- [8] S. Savage, V. Vogel, „An Introduction to Digital Multimedia“, Jones and Bartlett Publishers, London, 2009.
- [9] ITU-T, Recommendation H.264, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services. Technical report, ITU-T, 2011.
- [10] I. E. Richardson, *The H.264 advanced video compression standard*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- [11] Z. Veličković, M. Jevtović, „Performanse predikcionih šema kod H.264 kodeka“, IT 2013, prihvaćeno za prezentaciju.
- [12] C. A. Poynton, „Digital Video and Hdtv: Algorithms and Interfaces“, Elsevier Science, San Francisco, 2003.
- [13] <http://ffmpeg.org/>

PERFORMANSE PREDIKCIONIH ŠEMA H.264/AVC VIDEO KODEKA PERFORMANCES OF PREDICTION SCHEMES H.264/AVC VIDEO CODEC

Zoran Veličković, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš*
Milojko Jevtović, *Inženjerska akademija Srbije*

Sadržaj: *Multimedijalne IP aplikacije pored velikog mrežnog protoka zahtevaju i obezbeđenje određenog QoS-a. Kod mrežnih multimedijalnih aplikacija je izuzetno važno istovremeno zadovoljavanje oba zahteva. Kod H.264 kodeka se ovaj problem može rešiti kodovanjem videa različitim bitskim brzinama i varijabilnim video kvalitetom. Ove mogućnosti H.264 kodeka se realizuju odgovarajućim predikcionim šemama kojima on raspolaže. U ovom radu su određene performanse pojedinih predikcionih šema i razmatrane su specifičnosti njihovih primena. Osnovna ideja kojom se rukovalo u ovom radu je kako načiniti kompromis između zahtevanog kapaciteta komunikacionog kanala i kvaliteta videa. Problem u realizaciji predloženog pristupa može biti u velikom broju kodnih parametara, čime je prostor za pretraživanje optimalnih rešenja znatno uvećan.*

Abstract: *IP multimedia applications demands high bandwidth and adequate QoS. In multimedia network applications is extremely important at the same time satisfying both requirements. With H.264 codec this problem can be solved by a variety of video coding bit rates and variable video quality. These capabilities are implemented in H.264 codec with corresponding predictive schemes which he has. The basic idea was run in this paper is how to make a compromise between the required capacity of the channel, and video quality. The problem in the implementation of the proposed approach can be in large number of coding parameters, and the searching of optimal solutions is considerably increased.*

1. UVOD

Iako je Internet dizajniran da aplikacijama ponudi najbolje moguće komunikacione usluge u svakom trenutku, to najčešće nije dovoljno za realizaciju savremenih multimedijalnih servisa [1]. Kada se ovome dodaju zahtevi korisnika za bežičnim pristupom Internetu, zbog varijabilnosti karakteristika bežičnog komunikacionog kanala, problem realizacije multimedijalnih usluga postaje još izraženiji. Varijabilnost karakteristika bežičnog komunikacionog kanala je posledica mobilnosti korisnika, nastanka interferencije i pojave fadinga. Ove neželjene pojave u bežičnim mrežama dodatno komplikuju realizaciju komunikacionih veza željenog kapaciteta, a time i realizacija multimedijalnih aplikacija. Evidentna je potreba adaptacije mrežnih parametara na trenutno stanje u mreži. Istovremeno, od savremenih komunikacionih mreža se zahteva da opsluže heterogenu terminalnu opremu različitih tehničkih karakteristika i aplikacijskih mogućnosti. Međutim, tek je zajednička optimizacija raspodele mrežnih resursa u funkciji zahteva korisnika, mrežnih karakteristika i tehničkih mogućnosti terminalne opreme dala prihvatljive rezultate u praksi. Osnovno obeležje savremenog Interneta je razvoj novih klasa komunikacionih protokola. Pored razvoja novih komunikacionih protokola, predložen je i novi koncept CL (engl. *Cross Layer*) mrežnih protokola koji zahteva združenu optimizaciju parametara sa više slojeva [2]. Istovremeno obezbeđenje velikog mrežnog protoka i zahtevanog QoS-a (engl. *Quality of Service*) je moguće ostvariti napuštanjem

tradicionalne slojne arhitekture steka komunikacionih protokola i realizacijom CL dizajna novog steka. Pored novog koncepta steka komunikacionih protokola, veoma su značajne specijalizovane optimizacije i kompresione tehnike. U pogledu mrežnih resursa koje angažuje, video je najzahtevniji, te su za njega razvijene nove efikasne optimizacije tehnike [3]. Mada se ciljne funkcije mrežne optimizacije mogu proizvoljno postaviti, u ovom radu su razmatrane performanse predikcionih šema kod H.264/AVC video kodeka [4]. Predikcione šeme kod H.264/AVC kodeka imaju presudan uticaj na kvalitet video strima u funkciji zahtevane bitske brzine, odnosno, hardverskih resursa kodeka. U radu je pokazano da H.264/AVC koder pruža veliki izbor predikcionih šema koje mogu zadovoljiti različite klase korisnika i usluga. Performanse kodeka se uobičajeno razmatraju u odnosu na stepen kompresije video sadržaja, kvalitet rekonstruisanog videa i zahtevanu procesorsku snagu. Kompresija video zapisa je razmatrana u VCL sloju (engl. *Video Coding Layer*), dok su mrežni aspekti razmatrani u NAL sloju (engl. *Network Abstraction Layer*) ovog standarda [4].

Struktura rada je sledeća. U drugoj sekciji su prikazane osnovne karakteristike H.264/AVC kodeka. U sekciji 3 je dat kratak pregled predikcionih modela (šema) video standarda za kompresiju H.264/AVC, dok je u četvrtoj sekciji definisana metrika za evaluaciju predikcionih šema. U petoj sekciji su prikazani dobijeni simulacioni rezultati i neka generalna zapažanja, dok su u šestoj zaključnoj sekciji date preporuke za korišćenje predikcionih šema ovog standarda.

Tabela 1: Formati najčešće korišćenih frejmova na Internetu u 4:2:0 formatu.

Format	Rezolucija [H×V]	Bita/frejm
SQCIF	128×96	147456
QCIF	176×144	304128
CIF	352×288	1216512

2. H.264/AVC VIDEO KODEK

Novim standardom za kompresiju videa, poznatim pod oznakom H.264/AVC, obuhvaćen je najširi spektar video formata [4]. Ovim standardom je pokriven opseg od skromnih video aplikacija na Internetu do video aplikacija visoke HD (engl. *High Definition*) rezolucije primenljivih kod digitalne televizije. U ovom radu se razmatraju video formati koji se najčešće primenjuju na Internetu.

U tabeli 1 su prikazane rezolucije i uobičajene ekstenzije (nazivi) ovih video formata, kao i zahtevani broj bitova po svakom video frejmu. Informacija u poslednjoj koloni ove tabele ilustruje količinu podataka koju treba preneti kroz deljeni multiservisni komunikacioni kanal za jedan frejm. Iz tabele 1 je sasvim jasno da i za najskromnije video formate treba obezbediti značajne mrežne protoke. Ovo je razlog zbog koga se video aplikacije svrstavaju u klasu najzahtevnijih multimedijalnih aplikacija. Da bi se omogućila primena H.264 standarda na što širem skupu uređaja, definisani su različiti profili (engl. *profiles*) kojima je determinisan skup alata za generisanje komprimovanog video strima. Svaki profil je predodređen za definisanu klasu aplikacija. H.264 standardom su definisani sledeći profili: *Baseline*, *Constarined Baseline*, *Extended*, *Main*, i nekoliko klasa *High* profila. Tako je *Baseline* profil pogodan za video aplikacije sa malim kašnjenjem (npr. videokonferencije), uz relativno malo zahtevne hardverske resurse na prijemu, dok su *High10* i *High444* pred profili namenjeni profesionalnoj upotrebi. Nametanjem ograničenja u veličini sintakasnih elemenata u H.264 strimu, definisani su nivoi (engl. *levels*) kojima se određuje potrebna računarska snaga i memorijski zahtevi za realizaciju H.264 dekodera. Tako, H.264 dekoderi sa oznakom višeg nivoa mogu realizovati sve dekodere sa nižim oznakama nivoa (naravno, obrnuto ne važi). Svaki H.264 dekodera na osnovu oznaka *profila* i *nivoa* može odmah zaključiti da li je sposoban da dekoduje određeni H.264 strim ili ne.

Ovaj rad ne razmatra osnove kodovanja video strima, ali treba imati u vidu da su H.264 algoritmi kompresije bazirani na uklanjanju redundansnih informacija iz videa, postupcima predikcije u vremenu (engl. *temporal*, *inter*) i prostoru (engl. *spatial*, *intra*). Predikcija frejma se obavlja na bazi jednog ili više prethodnih ili budućih frejmova koji se nazivaju *referentnim* frejmovima. Pouzdanost predikcije se postiže kompenzacijom pokreta između referentnog i tekućeg frejma. Makroblok MB (engl. *macroblock*) je region u slici određen sa 16×16 piksela i predstavlja osnovnu jedinicu nad kojom se kompenzuje pokret. Tako se razlikuju frejmovi tipa I (*intra*), P (*inter*) i B (*bidirectional*), koji koristi jedan ili više (prethodnih ili budućih) referentnih frejmova.

3. PREDIKCIONI MODELI U H.264/AVC KODEKU

Predikcioni model je proces redukcije redundanse u video sadržaju istraživanjem sličnosti između susednih frejmova ili susednih uzoraka u slici. Procesom predikcije moguće je odrediti sadržaj tekućeg video frejma ili bloka video podataka na bazi istraženih sličnosti. Rezultat rada primenjene predikcione šeme je „residualni“ frejm koji se dobija oduzimanjem predikcije od tekućeg frejma.

Predikcioni modeli (šeme) su možda najznačajniji aspekt H.264 video kodeka koje presudno utiču na njegove kompresione performanse. U poređenju sa drugim kodecima, H.264/AVC ostvaruje viši stepen kompresije za isti kvalitet slike. Od efikasnosti predikcionih modela zavisi sa kojom količinom podataka će se opisati neki frejm. Što je ta količina podataka manja, ostvaruju se veće kompresione performanse. H.264/AVC podržava veliki spektar predikcionih modela. Izbor različitih veličina predikcionih blokova kao i višestruko korišćenje referentnih frejmova su osnovni izvori dobrih predikcionih karakteristika kod intra predikcionih šema. Ugrađeni digitalni filtri i interpolacione tehnike smanjuju greške u slici koje su posledica kompresije. Izbor najbolje predikcione šeme za svaki blok podataka u videu imaće za posledicu visoko kompresovan video zapis. Veliki broj predikcionih šema koje pruža H.264/AVC kodek ga čine veoma fleksibilnim i upotrebljivim u širokom spektru aplikacija. U procesu kodovanja video sadržaja, blok rezidualnog frejma se transformiše primenom DCT-a (engl. *Discrete Cosine Transform*) u niz transformacionih koeficijenata. U nastavku procesa kodovanja dobijeni transformacioni koeficijenti se dele celobrojnom vrednošću QP (engl. *Quantization Parameter*) i rezultat se zaokružuje na najbližu celu vrednost. Jasno je da se u procesu kvantizacije redukuje preciznost određivanja transformacionih koeficijenata u funkciji vrednosti kvantizacionog parametra QP. Međutim, očekivana posledica kvantizacije je pojava velikog broja kvantizacionih koeficijenata čija je vrednost nula. Tako, sa povećanjem vrednosti kvantizacionog parametra QP pojavljuje se sve veći broj transformacionih koeficijenata čija je vrednost nula. Sa druge strane, smanjivanjem vrednosti kvantizacionog parametra QP, smanjuje se broj transformacionih koeficijenata čija je vrednost nula (ili se može reći da se pojavljuje sve veći broj transformacionih koeficijenata koji su različiti od nule), čime se povećava kvalitet slike, ali se redukuje nivo kompresije video sadržaja.

4. PERFORMANSE H.264 KODEKA

Veliki broj parametara koje poseduje H.264 koder, pruža ogromne mogućnosti dizajnerima protokola (mreža) da adekvatnim izborom kodnih parametara naprave kompromis između karakteristika mreža i zahteva korisnika. Može se reći da je H.264 standardom definisan način dekodovanja video strima, dok je način kodovanja (realizuje se izborom kodnih parametara) ostavljen na volju dizajnerima. Prema [5] parametri kodovanja se mogu svrstati u nekoliko velikih grupa: *Encoder Control*, *B Slices*, *SP Frames*, *Interlace Handling*, *Deblocking filter parameters*, *Error Resilience/Slaces*, *RD Optimization*, *Rate Control* itd. Tako se na jednom polu adaptivnih mogućnosti kodera mogu naći

zahtevi za veoma brzim kodovanjem, a na drugom, zahtevi za visoko-kvalitetnim kodovanjem videa. Za ovaj rad je izuzetno važno da se video može kodovati H.264 koderom sa fiksnim ili adaptivnim kvantizacionim koeficijentima. Ako se kodovanje videa obavlja sa fiksnim kvantizacionim koeficijentima QP, formira se video strim sa konstantnim kvalitetom ali sa promenljivom brzinom paketskog saobraćaja. Sa druge strane, ako se kodovanje video izvora obavlja adaptivnim kvantizacionim koeficijentima, formira se video strim sa relativno konstantnom brzinom paketskog saobraćaja ali po ceni varjabilnog kvaliteta dekodovanog videa. Performanse kvaliteta video koder se najčešće opisuju u „Rate-Distortion“ (RD) parametarskom prostoru. RD performanse pokazuju stepen distorzije dekodovanog videa u funkciji generisane bitske brzine. Kao objektivna mera kvaliteta dekodovane video sekvence, u ovom radu se koristi PSNR (engl. *Peak Signal To Noise Ratio*). Uobičajeno je da se izračunava PSNR samo za lumentnu komponentu video sekvence, iako se PSNR može odrediti i za hromanentne komponente video sekvence. Ako se lumentna komponenta originalnog video frejma označi sa $F(x,y)$, a dekodovanog (rekonstruisanog) frejma sa $R(x,y)$, onda se srednja kvadratna greška MSE (engl. *Mean Square Error*) rekonstruisane lumentne komponente jednog frejma izračunava na sledeći način:

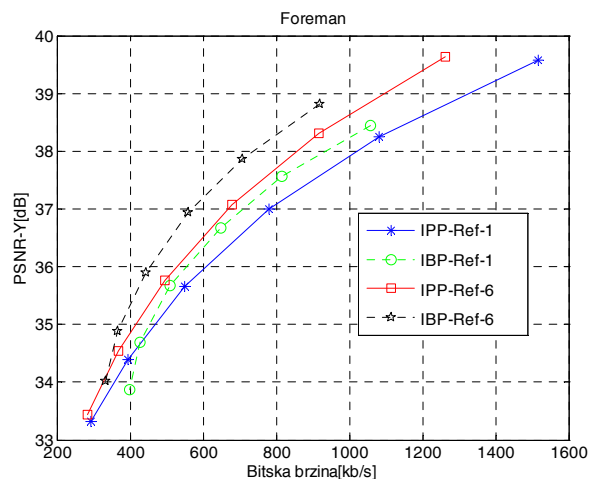
$$MSE = \frac{1}{N_x \cdot N_y} \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} [F(x,y) - R(x,y)]^2, \quad (1)$$

gde N_x i N_y predstavljaju širinu i visinu frejma u pikselima respektivno, a x i y lokaciju piksela u frejmu. Da bi se prilagodio logaritamskoj karakteristici osetljivosti oka, PSNR se izračunava na osnovu MSE-a prema izrazu (2):

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE}. \quad (2)$$

5. REZULTATI SIMULACIJE

Evaluacija najznačajnijih adaptivnih karakteristika H.264 kodeka je obavljena u simulacionom okruženju Matlab-a. Za kodovanje i dekodovanje video sekvenci korišćen je JM referentni softver koji predstavlja oficijelnu verziju ITU-a u verziji 14.2 FRExt [5], [6]. Kodovane su izvorne video sekvence CIF rezolucije nekomprimovanog .YUV formata koje se mogu naći na <http://trace.eas.asu.edu/yuv>. MSE i PSNR se računaju upravo u odnosu na ove nekodovane formate. Posle dekodovanja, FRExt obezbeđuje .YUV video sekvence koje odgovaraju rekonstruisanim sekvencama što pojednostavljuje određivanje performansi koder. Postavljanjem odgovarajućih parametara kodovanja može se uticati na željeni kvalitet video sekvence. Za testiranje prediktivnih karakteristika H.264 kodeka korišćeno je prvih 30 frejmova video sekvence „Foreman“ u CIF rezoluciji i formatu uzorkovanja 4:2:0. Rezolucija ove video sekvence je 352×288 piksela, a izabrane su četiri predikcione šeme između mnogih koje dozvoljava H.264 koder.



Slika 1. Srednja vrednost PSNR-a u funkciji zahtevane srednje vrednosti brzine komunikacionog kanala sekvence „Foreman“ u CIF formatu za razmatrane predikcione šeme IPP-Ref-1, IPP-Ref-6, IBP-Ref-1 i IBP-Ref-6.

Sve predikcione šeme imaju po 10 frejmova u GOP-u (engl. *Group Of Pictures*) od kojih je prvi frejm I tipa. Kod predkcionih šema IPP-* svi ostali frejmovi u GOP-u su P tipa. Kod predkcionih šema IBP-* svaki drugi frejm je B tipa, dok se između njih nalaze frejmovi P tipa. Oznaka u imenu šeme Ref-*, (*) označava broj frejmova koji participiraju u izračunavanju predikcije tekućeg frejma. Tako je jedna predikciona šema označena sa IPP-Ref-1, druga sa IPP-Ref-6, treća sa IBP-Ref-1 i četvrta sa IBP-Ref-6. Dakle razlika između prve i druge predikcione šeme sa oznakom IPP-Ref-1 i IPP-Ref-6 je u tome što prva koristi samo jedan frejm za izračunavanje predikcije, dok druga za to koristi 6 frejmova. Na sličan način se može objasniti razlika između treće i četvrte predikcione šeme. Ključni kodni parametri u JM softveru koji određuju pomenute kodne šeme su: *IntraPeriod*, koji za sve šeme ima vrednost 10 i *NumberReferenceFrames* koji za prvu i treću šemu ima vrednost 1, a za drugu i četvrtu vrednost 6. Kod svih šema parametar *RateControlEnable* ima vrednost 0, odnosno, ne minimizira se potreban kapacitet komunikacionog kanala. U simulacionom scenariju korišćeno je prvih 30 frejmova iz nekodovanog .YUV formata. Na slici 1 su prikazani dobijeni rezultati za sve izabrane predikcione šeme pri varijaciji kvantizacionog parametra QP. Kako je već napomenuto, za objektivnu ocenu kvaliteta dekodovane video sekvence korišćen je parametar PSNR. PSNR dekodovanog video strima „Foreman“ je prikazan u funkciji zahtevane brzine komunikacionog kanala za sve predikcione šeme. Sa slike 1 se generalno može zaključiti da se sa povećanjem željenog PSNR-a zahteva sve veći mrežni protok za sve predikcione šeme. Ovaj zaključak je logičan i u skladu je sa očekivanim.

Takođe, sa slike 1 se mogu izvući još neki zaključci. *Prvo*, predikcione šeme sa 6 referentnih frejmova (*-Ref-6) generalno daju bolji PSNR od onih sa jednim referentnim frejmom (*-Ref-1). Ovaj rezultat je takođe očekivan ali je cena plaćena u dodatnom vremenu potrebnom za kodovanje i dekodovanje videa. *Drugo*, za isti broj referentnih frejmova, predikcione šeme sa oznakom IBP realizuju bolji kvalitet videa. Međutim, za veliki kapacitet kanala predikcione šeme IPP mogu ostvariti bolji PSNR rezultat za istu vrednost QP

parametra. Prikazani rezultati potkrepljuju tezu da izbor optimalne predikcione šeme nije jednostavan zadatak i da u mnogome zavisi od primene.

Na slici 2 prikazani su 6-ti frejmovi sekvence „Foreman“ u CIF rezoluciji dobijeni predikcionim šemama a) IPP-Ref-6 i b) IBP-Ref-6 za istu vrednost kvantizacionog koeficijenta $QP=36$. Evidentno je da predikciona šema IBP-Ref-6 ostvaruje bolji PSNR (slika 2b) na račun procesorskog vremena potrebnog za kodovanje video sekvence. Sa grafika na sl. 1 se može zaključiti da se veći dobitak ostvaruje na većim brzinama, dok je on na manjim brzinama neznatan. Na četiri prikazane predikcione šeme je pokazano da se dobitak u funkciji izbora predikcione šeme može kretati do 1.5dB. Ovaj rezultat znači da se adaptacijom odgovarajućih kodnih parametara H.264 kodera mogu realizovati različite varijante kodovanog video sadržaja sa širokim spektrom karakteristika. Algoritmi optimizacije mogu izabrati odgovarajuću kodnu šemu kako bi se ostvario traženi QoS-a. Obzirom na ograničenja vezana za kapacitet komunikacionog kanala u bežičnom okruženju, optimalni izbor parametara se vrši iz parametarskog prostora *PSNR-Brzina*, sličnom onom sa sl. 1.

6. ZAKLJUČAK

Multimedijalne IP aplikacije pored velikog protoka zahtevaju i realizaciju određenog QoS-a. Zadovoljenje traženog QoS-a u multiservisnim mrežama nije jednostavan zadatak. Multiservisne mreže često postavljaju ograničenja u vidu maksimalnog dozvoljenog mrežnog protoka prilikom preuzimanja video striminga. Tako se od komunikacionih kanala koje koriste broadcast emiteri fiksira kapacitet komunikacionog kanala, dok se kod preuzimanja video striminga na Internetu ograničavaju donja i gornja maksimalna brzina. U bežičnom okruženju realizacija QoS-a je još više otežana usled varijabilnost kapaciteta bežičnog komunikacionog kanala. Jedno od rešenja koje se susreće u praksi je da se video izvor koduje različitim bitskim brzinama. Tako, ako se kapacitet komunikacionog kanala redukuje zbog pojave interferencije ili fedinga, neophodno je adaptirati brzinu kodovanja izvora i time očuvati multimedijalni servis. Istovremeno, u multiservisnoj mreži se može upravljati mrežnim resursima, tako što će se nekim aplikacijama oduzeti dodeljeni mrežni resurs i pridružiti nekoj drugoj aplikaciji koja ga treba u tom trenutku. Kodovanje video sadržaja različitim brzinama koje omogućuje H.264 kodek ima veliki značaj i u heterogenim mrežama. U radu je pokazano da se adaptivno kodovanje video izvora kodekom H.264 može obaviti u širokom opsegu brzina i kvaliteta. Isti video sadržaj (video sekvenca *Foreman_cif*) je kodovan sa brzinama od 300 kb/s do 1500 kb/s, odnosno sa odgovarajućim PSNR-om od 33.5dB do 39.5dB. Naravno, za male brzine kodovanja mora se platiti cena u lošijem kvalitetu dekodovanog video sadržaja. Pokazano je da se u zavisnosti od izbora predikcione šeme može ostvariti bolji PSNR i sa manjom brzinom. Ovaj rezultat daje izuzetne potencijalne mogućnosti koje treba da iskoriste mrežni optimizacioni algoritmi.



Slika 2. Šesti frejm video sekvence „Foreman“ dobijen za istu vrednost kvantizacionog parametra QP i predikcionu šemu a) IPP-Ref-6 b) IBP-Ref-6

LITERATURA

- [1] M. Jevtović, Z. Veličković, „Protokoli prepletenih slojeva“, Akademska misao, Beograd, 2013.
- [2] Z. Veličković, M. Jevtović, „Adaptive Cross-layer Optimization Based on Markov Decision Process,“ *Electronics and electrical engineering*, No. 2, (108), pp. 39-42, 2011.
- [3] ITU-T, Recommendation H.264, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services. Technical report, ITU-T, 2011.
- [4] I. E. Richardson, *The H.264 advanced video compression standard*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- [5] A. M. Tourapis, A. Leontaris, K. Suehring and G. Sullivan, “H.264/MPEG-4AVC Reference Software Manual”, Joint Video Team Document JVT-AD010, January 2009.
- [6] JM reference software version 16.0, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>, July 2009.

INHARMONIČNOST BAS SEKCIJE FENDER STRATOCASTER ELEKTRIČNE GITARE INHARMONICITY OF THE BASS SECTION IN FENDER STRATOCASTER ELECTRIC GUITAR

Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola, Niš, Srbija*
Darko Brodić, *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, Srbija*

Sadržaj: U ovom radu predstavljeni su rezultati analize inharmoničnosti bas sekcije Fender Stratocaster električne gitare. U prvom delu rada prikazan je algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti. U drugom delu rada prikazani su rezultati primene algoritma za procenu koeficijenta inharmoničnosti žice E2, A2 i D3 koje pripadaju bas sekciji gitare. Rezultati su prikazani grafički i tabelarno. Komparativnom analizom sa rezultatima inharmoničnosti klavira i pianina data je ocena inharmoničnosti električne gitare.

Ključne reči: fundamentalna frekvencija, harmonik, inharmonik.

Abstract: This paper presents the inharmonicity analysis of the bass section in Fender Stratocaster electric guitar. First, the algorithm for the estimation of inharmonicity coefficients is given. Then, the results of the algorithm's application for the estimation of inharmonicity coefficients for strings E2, A3 and D3 from the bass section of the guitar are shown. The results are given by tables and graphs. At the end, comparative analysis of the inharmonicity among the grand piano, piano and electric guitar are shown, which allows correct grading of electric guitar's inharmonicity.

Key Words: Fundamental frequency, Harmonicity, Inharmonicity.

1. UVOD

Teorijom muzike definisane su osnovne osobine zvuka: a) trajanje, b) jačina i c) boja. Izraz *boja* se na zvuk primenjuje u prenosnom smislu, što ukazuje na složenost ove osobine zvuka. Zvučni izvor generiše zvuk sa osnovnom frekvencijom (osnovni ton) kao i prizvuke (aliquotni tonovi u odnosu na osnovni ton). Različiti broj prisutnih alikvota (**lat. aliquoties**, nekoliko puta) i njihova različita relativna jačina u sklopu ukupnog zvučanja, određuje boju zvuka [1]. Kod klavira kao i kod drugih žičanih muzičkih instrumenata alikvoti se nazivaju partialima (**engl. partials**). U odnosu na frekvenciju osnovnog tona f_0 (fundamentalna frekvencija) partiali mogu biti sa frekvencijama koje su: a) celobrojni umnošci fundamentalne frekvencije (harmonici) i b) necelobrojni umnošci (inharmonici) [2].

Kod žičanih instrumenata ton se proizvodi vibriranjem žice. Za slučaj da se radi o idealnoj žici koja je fiksirana na oba kraja, partiali su harmonični. Pod idealnom žicom podrazumeva se žica koja ima beskonačno veliku elastičnost. Međutim, u stvarnosti ne postoji idealna žica već postoji konačna elastičnost, odnosno krutost. Kod gitare, a naročito električne gitare, žice su zategnute velikom silom tako da je njihova elastičnost smanjena. Posledica toga je da su frekvencijske pozicije partiala na pozicijama necelobrojnih umnožaka fundamentalne frekvencije. Samim tim instrument sa ovakvim žicama nije harmoničan. Pored krutosti žice povećanju inharmoničnosti instrumenta doprinosi i karakter akustičke impedanse rezonatorske ploče klavira, odnosno, rezonatorskog tela gitare [3]. Odstupanje od harmoničnosti za posledicu ima narušavanje alikvotnosti instrumenta u većoj ili manjoj meri. Ton dobijen na inharmoničnom instrumentu

nije nužno neprijatan. U [3] iznešena je tvrdnja da *blago* inharmoničan ton poseduje određenu toplinu.

Prvi radovi u kojima je analizirana problematika inharmoničnosti muzičkih instrumenata bavili su se analizom vibriranja žica kod klavira [4,5]. U radu [6] predložena je formula koja definiše odnos između frekvencije partiala f_k i koeficijenta inharmoničnosti β žice koja vibrira. Određivanjem koeficijenta inharmoničnosti žica posredstvom kojih se generiše ton određuje se i stepen inharmoničnosti muzičkog instrumenta. Klasična gitara predmet je intenzivne analize efekta inharmoničnosti. U [7] su prikazani rezultati testiranja inharmoničnosti vrlo kvalitetne klasične gitare sa najlon žicama. U radu [8] je ispitivan efekat inharmoničnosti tonova gitare na slušaoca. Inharmonici su najčešće detektovani kod tonova sa nižim frekvencijama. Na višim frekvencijama inharmoničnost je teže detektovana. Razlog dobrog detektovanja kod tonova sa nižom frekvencijom nalazi se u činjenici da je veliki broj partiala u frekvencijskom opsegu gde čovek dobro čuje. Kod tonova sa višim frekvencijama svega nekoliko prvih partiala, koji ne iskazuju veliku inharmoničnost, se nalazi u ovoj oblasti. Analizom inharmoničnosti moguće je donositi zaključke o vrsti instrumenta koji proizvodi ton. U radu opisan je algoritam za automatsku klasifikaciju nota između piana i gitare [9]. Kod gitare je jedan ton moguće odsvirati na tri različite žice. Analizom stepena inharmoničnosti moguće je odrediti odsvirani ton, žicu i polje gde je žica pritisnuta [10].

U ovom radu opisan je algoritam procene inharmoničnosti muzičkih žičanih instrumenata koji je kreiran od strane autora. Algoritam se sastoji od dve celine: a) procene frekvencijske pozicije partiala i b) procene inharmoničnosti. Procena frekvencijske pozicije bazira se na pikovanjima

maksimuma u spektru i primene PCC konvolucionog jezgra. Parametri ovog dela algoritma su deo rezultata autora objavljenih u [13] i [14]. Od većeg broja objavljenih formula za racunanje inharmoničnosti autori su primenili formulu iz [12]. Nakon toga prikazani su rezultati primene opisanog algoritma kod procene inharmoničnosti bas sekcije električne gitare Fender Stratocaster. Bas sekciju čine žice E2, A2 i D3. Komparativna analiza izvršena je sa odgovarajućim tonovima, odnosno žicama kod klavira i pijanina (klaviri Steinway D i Steinway C, pijanina Nordiska 1, Straud i August Förster) [11].

Organizacija rada je sledeća: U sekciji 2 opisana je inharmoničnost kod žičanih muzičkih instrumenata. U sekciji 3 prikazan algoritam za procenu koeficijenta inharmoničnosti. Eksperimentalni rezultati i analiza prikazani su u sekciji 4. Zaključak je prikazan u sekciji 5. U zadnjoj sekciji dat je spisak korišćene literature.

2. KOEFICIJENT INHARMONIČNOSTI KOD ŽIČANIH MUZIČKIH INSTRUMENATA

Teorija muzike kod definisanja frekvencijskog sastava tona podrazumeva harmoničnost, odnosno da su harmonici (partiali) celobrojni umnošci fundamentalne frekvencije, što se matematički predstavlja kao:

$$f_k = k \cdot f_0, \quad k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

gde je f_0 fundamentalna frekvencija, k redni broj partiala a f_k frekvencija partiala. Frekvencijsko pomeranje partiala predstavlja inharmoničnost instrumenta. Inharmoničnost instrumenta, odnosno žice, definisano je preko koeficijenta inharmoničnosti β [10]:

$$f_k = k \cdot f_0 \sqrt{1 + \beta k^2}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Na sl. 1 prikazan je spektar tona odsviranog na pijaninu. Vertikalne crvene linije predstavljaju frekvencijsku poziciju harmonika tona A0 ($f_0=27.5$ Hz). Kružićima je označena vrednost amplitudske karakteristike na poziciji harmonika dok kvadratići predstavljaju pozicije inharmonika. Vidi se da se sa povećanjem rednog broja partiala povećava razlika frekvencija harmonika i inharmonika. Koeficijent inharmoničnosti β zavisi od vrste materijala žice i može da se izračuna na osnovu:

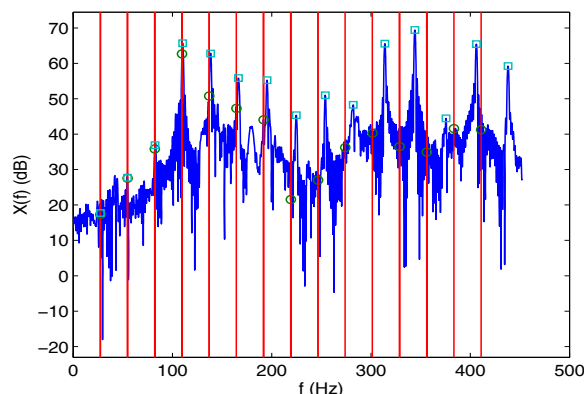
$$\beta = \frac{\pi^3 \cdot Q \cdot d^4}{64 \cdot l^2 \cdot T}, \quad (3)$$

gde je Q Youngov modul elastičnosti materijala od koga je napravljena žica, d prečnik žice, l dužina žice a T sila zatezanja.

3. ALGORITAM ZA PROCENU KOEFICIJENTA INHARMONIČNOSTI

U literaturi je predloženo više algoritama za određivanje koeficijenta inharmoničnosti β . U [10] opisan je iterativni algoritam kod koga se preciznost određivanja povećava uvođenjem većeg broja partiala kao i pozicioniranje prozora na osnovu predhodnih vrednosti. Izračunavanje predstavlja određivanje koeficijenta polinomalne funkcije trećeg reda kojom se aproksimira vrednost krive greške. Na osnovu koeficijenta polinoma izračunava se koeficijent inharmoničnosti. U [11] prikazan je algoritam koji se bazira na

uvođenje interpolacione funkcije. U [12] predložen je algoritam za izračunavanje β na osnovu poznavanja frekvencije dva partiala bez upotrebe fundamentalne frekvencije. U ovom radu se koristi algoritam za određivanje koeficijenta inharmoničnosti predložen od strane autora, koji predstavlja kombinaciju segmenta algoritama iz [10-14]. Algoritam se primenjuje nad signalom $x(n)$ i realizuje u sledećim koracima:



Slika 1. Amplitudska karakteristika signala tona A0.

Korak 1: izdvajanje bloka trajanja T , odnosno N odmeraka,

Korak 2: Izračunavanje spektra primenom DFT dužine $NFFT$:

$$X(i) = DFT(x(n), NFFT) \quad (4)$$

Spektrum je izračunat u diskretnim tačkama $i=0, \dots, NFFT-1$.

Korak 3: Izračunavanje fundamentalne frekvencije f_0 analizom spektra, pikovanjem maksimuma i primene PCC interpolacionog jezgra [13, 14],

Korak 4: Izračunavanje partiala f_k , gde je $k=1:Np$, a Np broj analiziranih partiala,

Korak 5: Izračunavanje razlike između frekvencije harmonika i inharmonika k -tog partiala:

$$e(k) = f_k - k \cdot f_0, \quad (5)$$

Korak 6: Izračunavanje koeficijenta inharmoničnosti prema algoritmu iz [12]:

$$\beta = \frac{\left(f_k \frac{m}{k}\right)^2 - f_m^2}{k^2 f_m^2 - m^2 \left(f_k \frac{m}{k}\right)^2}, \quad (6)$$

gde su m i k partiali a f_m i f_k odgovarajuće frekvencije partiala.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

U nastavku rada biće analizirani koeficijenti inharmoničnosti bas sekcije gitare Fender Stratocaster (žice E2, A2 i D3). Na kraju ove sekcije biće izvršena komparacija inharmoničnosti tonova bas sekcije reprodukovanih na analiziranoj gitari sa tonovima bas sekcije proizvedenim na drugim žičanim muzičkim instrumentima (koncertni klavir, polukoncertni klavir, pijanina). Za potrebe eksperimenta formirana je baza signala. Nad signalima primenjen je algo-

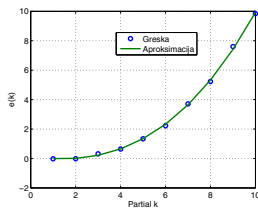
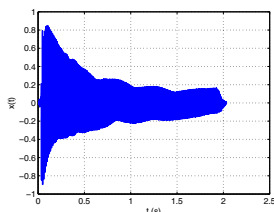
ritam opisan u sekciji 4. Parametri algoritma su $T=0.66s$, $NFFT=10*218$, $m=6$, $k=10$.

4.1 Baza

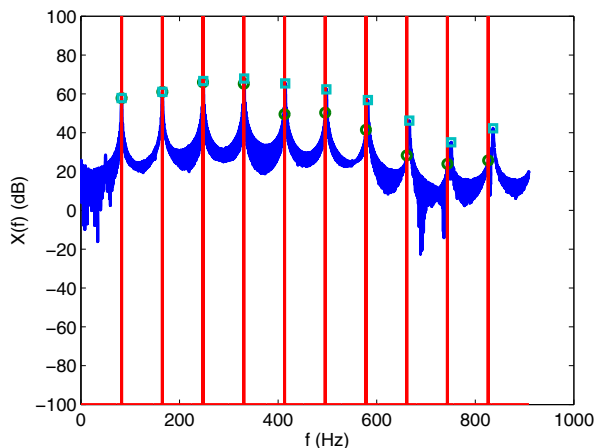
Bazu čine signali tonova na četvrtoj, petoj i šestoj žici električne gitare Fender Stratocaster. Žice su proizvođača D'Addario, lidera u oblasti proizvodnje žica za gitare, od nikla, tipa XL 130, prečnika $d=0.5334mm$ (D3), $d=0.76mm$ (A2) i $d=0.9652mm$ (E2). Snimanje je obavljeno sa frekvencijom odmeravanja $f_s=44.1$ kHz i 16 bita po odmerku.

4.2 Rezultati

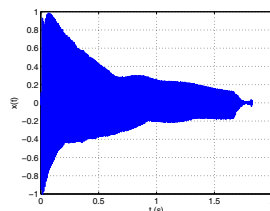
Vremenski oblici signala testiranih tonova prikazane su na slikama: sl. 2 (E2), sl. 5 (A2) i sl. 8 (D3). Razlike frekvencija između harmoničnih i inharmoničnih komponenta prikazane su na slikama: sl. 3 (E2), sl. 6 (A2) i sl. 9 (D3). Amplitudske karakteristike signala testiranih tonova prikazane su na slikama: sl. 4 (A0), sl. 7 (E1) i sl. 10 (A1). Vertikalne crvene linije predstavljaju teorijske pozicije harmoničnih partiala. Simbol krug predstavlja vrednost spektralnih komponenti signala na poziciji harmoničnosti, dok kvadratić predstavlja realnu poziciju inharmoničnog partiala. Na graficima su prikazane pozicije prvih 10 partiala. Koeficijenti inharmoničnosti za analizirane tonove analizirane gitare kao i za klavire Steinway, pijanina Nordiska 1, Straud [11] i pijanina August Förster prikazani su u tabeli 1. Rezultati iz table 1 su reda 10^{-6} što je naznačeno u samoj tabeli kao i u tekstu table.



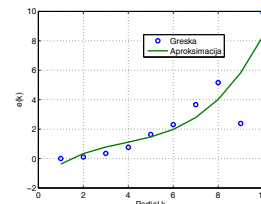
Slika 2. Vremenski oblik signala za ton E2. Slika 3. Razlika frekvencija signala za ton E2.



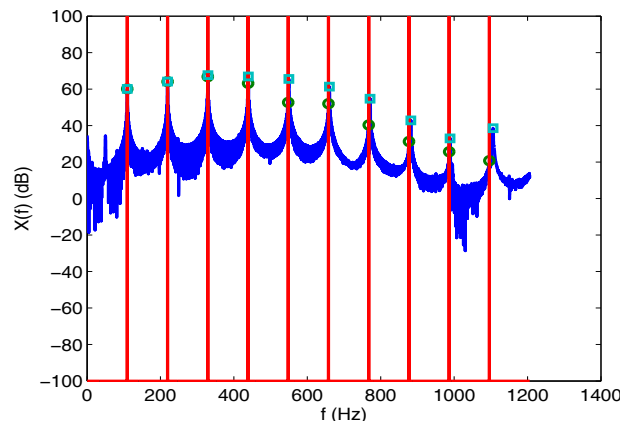
Slika 4. Amplitudska karakteristika signala tona E2.



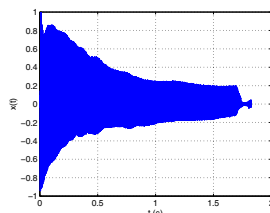
Slika 5. Vremenski oblik signala za ton A2.



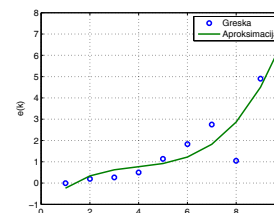
Slika 6. Razlika frekvencija signala za ton A2.



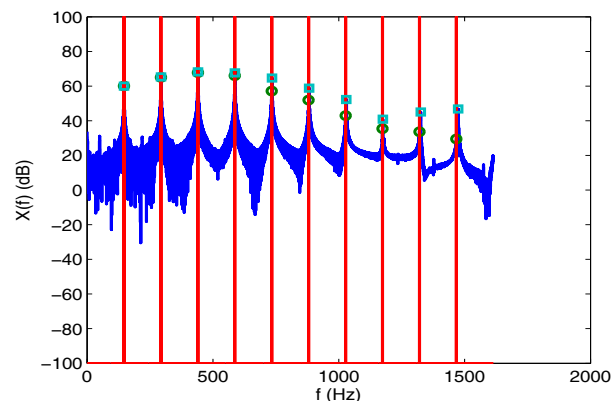
Slika 7. Amplitudska karakteristika signala tona A2.



Slika 8. Vremenski oblik signala za ton D3.



Slika 9. Razlika frekvencija signala za ton D3.



Slika 10. Amplitudska karakteristika signala tona D3.

Tabela 1. Koeficijent inharmoničnosti β ($\times 10^{-6}$) nekih tonova iz bas sekcije nekih muzičkih instrumenata [11].

Muzički Instrument	Koef. inharmoničnosti β ($\times 10^{-6}$)		
	E2	A2	D3
Steinway D	068	085	-
Steinway C	114	131	-
Nordiska 1	142	154	-
Straud	235	202	-
August Forster	239.44	192.69	129.11
Gitara Strat.	254.29	151.40	87.89

4.3 Analiza rezultata

Na sl.4, 7 i 10 prikazana su frekvencijska pomeranja partiala od teorijskih pozicija. Međutim, zbog širine frekvencijskog opsega, naročito kod tonova viših fundamentalnih frekvencija, kao što je slučaj sa tonom D (sl. 10), teško je uočiti i proceniti odstupanja (već od 500Hz i na više). Zbog toga treba koristiti izračunata odstupanja koja su prikazana na sl. 3, 6 i 9.

Upoređivanjem vrednosti koeficijenata inharmoničnosti za tonove bas sekcije gitare E2, A2, E2 iz tabele 1 dolazi se do zaključka da:

a) gitara Fender Stratocaster ima veći koeficijent inharmoničnosti od oba klavira i pianina (3.74 puta veći od koncertnog klavira Steinway D i 1.06 puta u odnosu na pijanino August Forster) za žicu 6 (ton E2),

b) za ton A2 (peta žica) gitara ima veći koeficijent inharmoničnosti od oba klavira (1.78 puta veći od koncertnog klavira Steinway D) i manji od svih pijanina (1.33 puta manji od pijanina Straud).

c) za ton D3 (četvrta žica) gitara ima 1.46 manji koeficijent inharmoničnosti od pijanina August Forster. Za ovaj ton nisu dostupni podaci za klavire i pojedina pijanina.

5. ZAKLJUČAK

U radu je analizirano inharmonično proizvođenje tonova bas sekcije Fender Stratocaster električne gitare. Analiza je obuhvatila tonove E2, A2 i D3. Najpre su određeni koeficijenti inharmoničnosti četvrte, pete i šeste žice. Zatim su upoređeni sa rezultatima inharmoničnosti odgovarajućih žica kod koncertnih i polukoncertnih klavira Steinway, kao i nekih pijanina. Rezultati pokazuju superiornost klavira. Razlog ovakvih rezultata leži prvenstveno u gabaritima klavira, koji imaju duže žice u odnosu na gitaru. Samim tim njihova inharmoničnost je manja. U odnosu na pijanina gitara ima manju inharmoničnost. Razlog je u izuzetno kvalitetno, u mehaničkom i akustičkom pogledu, urađenom telu gitare kao i kvalitetnim žicama.

Zahvalnica

Formiranje baze pomogao je gitarista Milivoje Popović na čemu se autori zahvaljuju.

LITERATURA

[1] Z. Milivojević, D. Balanesković, "Enhancement Of The Perceptive Quality Of The Noisy Speech Signal By Using Of DFF-FBC Algorithm", *Facta Universitatis, Niš, Elec. Energ.* Vol. 22, No. 3, pp. 379-392, Dec. 2009.

[2] S. Lixin, Z. Junxing, and P. Lingbin, "Piano fundamental frequency estimation algorithm based on weighted least square method," in *Proc. Int. Forum Inf. Technol. Applicat., IFITA '09*, vol. 2, pp. 155–158, May 2009.

[3] L. Ortiz-Berenguer, J. Casajus-Quiros, M. Torres-Guijarro, J. Beracoechea, and J. Perez-Aranda, "Simple modeling of piano inharmonicity due to soundboard impedance", In *Proc. 120th AES Convention*, Vol. 6647, pp. 1–6, 2006.

[4] L. Schuck and R. Young, "Observations on the vibrations of piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 15, No. 1, pp. 1–11, 1943.

[5] R. Young, "Inharmonicity of plain wire piano strings", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 24, No. 3, pp. 267–273, 1952.

[6] H. Fletcher, E. D. Blackham, and R. Stratton, "Quality of piano tones", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 34, No. 6, pp. 749–761, 1962.

[7] M. Karjalainen and H. Järveläinen, "Is inharmonicity perceivable in the acoustic guitar", *Forum Acusticum*, Budapest, 2005.

[8] H. Järveläinen, V. Välimäki and M. Karjalainen, "Audibility of the timbral effects of inharmonicity in stringed instrument tones", *Acoustics Research Letters Online ARLO*, 2(3), pp. 79-84, July 2001.

[9] D. Fragoulis, C. Papaodysseus, M. Exarhos, G. Rousopoulos, T. Panagopoulos and Dimitrios Kamarotos, "Automated Classification of Piano-Guitar Notes", *IEEE Transactions On Audio, Speech, And Language Processing*, Vol. 14, No. 3, pp. 1040-1050, May 2006.

[10] I. Barbancho, L. Tardon, S. Sammartino, A. Barbancho, "Inharmonicity-Based Method for the Automatic Generation of Guitar Tablature", *IEEE Transactions On Audio, Speech, And Language Processing*, Vol. 20, No. 6, pp. 1875-1886, August 2012.

[11] A. Galembo, A. Askenfelt, "Signal Representation and Estimation of Spectral Parameters by Inharmonic Comb Filters with Application to the Piano", *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. 7, No. 2, pp. 197-203, March 1999.

[12] M. Hodgkinson, J. Wang, J. Timoney, V. Lazzarini, Handling inharmonic series with median-adjustive trajectories, *12th Int. Conference on Digital Audio Effects DAFx-09*, Como, Italy, Sept. 1-4, 2009.

[13] Z. Milivojević, M. Mirković, "Estimation of the fundamental frequency of the speech signal modeled by the SYMPES method", *International Journal of Electronics and Communications (AEU)*, vol. 63, no. 3, pp. 200-208, 2009.

[14] Z. Milivojević, D. Brodić, "Estimation of the fundamental frequency of the speech signal compressed by G.723.1 algorithm applying PCC interpolation", *Journal of Electrical Engineering*, vol. 62, no. 4, pp. 181-189, 2011.

CIS KOHLEARNI IMPLANT CIS COCHLEAR IMPLANT

Vlada Bogosavljević, *Republički fond za zdravstveno osiguranje, Niš, Srbija.*
Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, Srbija.*

Sadržaj - U ovom radu je prikazan koncept komunikacije sa osobama oštećenog sluha pomoću kohlearnih implanta. U tu svrhu napravljen je simulacioni model CIS implanta. Model se sastoji iz dva dela. Prvi simulira rad CIS kohlearnih implanta, dok drugi deo predstavlja akustičku simulaciju. Na osnovu simulacionog modela napisan je program u Matlabu. Pomoću programa realizovan je eksperiment u kome je ispitan uticaj broja elektroda na kvalitet čujnosti kohlearnih implanta. Dobijeni rezultati su analizirani i izvučeni su zaključci.

Ključne reči: *Procesiranje govora, Kohlearni implanti, MOS test.*

Abstract - In this paper is present a concept of communication with hearing impaired people push on cochlear implants. For this purpose was made CIS simulation model of the implant. The model consists of two parts. The first simulates a cochlear implant CIS, while another part is the acoustic simulation. Based on the simulation model is a program written in Matlab. This program is used for the experiment in which the influence of the amount of electrode cochlear implant quality audibility. The results are analyzed and conclusions drawn.

Key words: *Speech processing, Cochlear implants, MOS test.*

1. UVOD

Sluh je jedno od najosetljivijih i najkompleksnijih čula, od njih pet koliko ih čovek ima [1]. Ono je prirodni sistem senzora koji omogućavaju percepciju zvuka iz okoline. Usled različitih dejstava na čulo sluha u toku života uvo može da izgubi svoju osnovnu funkciju, detekciju zvuka. Za izuzetno velika oštećenja, odnosno kod dijagnoze „duboko gluv“ pacijentu se može implantirati kohlearni implant (**engl. Cochlear Implants, CI**) [2].

Najraniji počeci električne stimulacije nervnog sistema za sluh, vezani su za fizičara Aleksandra Volta, koji je 1790. god. u svoje uvo ubacio provodnik koji je povezao na 50V [3]. 1961. godine oformljena je grupa naučnika (William House, John Doyle i James Doyle) koja je stvorila prvi kohlearni implant, jednokanalne organizacije. Paralelno je vršen razvoj višekanalnih implanta (Blair Simmons, 1964. god.) [4]. 1972. godine pojavio se prvi komercijalni jednokanalni CI kompanije House 3M [3]. Početkom osamdesetih pojavili su se višekanalni CI sa obradom signala zasnovanom na talasnom obliku. Unapređena verzija ovih implanta rešila je problem kanalne interakcije. To su implanti sa isprepletanom i kontinuiranim uzorkovanjem CIS (**engl. Continuous Interleaved Sampling**) [4]. Profesor Grame Clark je osamdesetih razvio strategiju F0/F1/F2 zasnovanu na ekstrakciji spektralnih karakteristika. Iz nje su proistekle različite varijante implantata pod nazivima MPEAK (**engl. Multipeak**), SPEAK (**engl. Spectral Peak**), SMSP (**engl. Spectral Maxima Sound Processor**) i dr. Početkom devedesetih predstavljen je SMSP tip obrade signala zasnovana na detekciji spektralnih maksimuma [4]. Današnja istraživanja bazirana su na povećanju broja elektroda i do 50 (Hi-Fi implanti) [1].

U ovom radu ispitan je uticaj broja kanala na kvalitet čujnosti kod višekanalnih kohlearnih implanta. U tu svrhu napravljen je simulacioni model CIS implanta, na osnovu

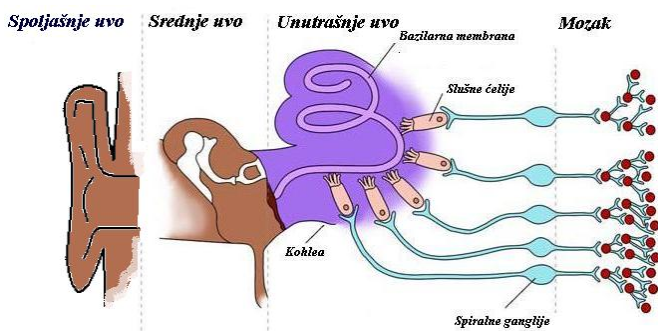
koga je napisan program u Matlabu. Program je korišćen u simulaciji. Rezultati dobijeni simulacijom podvrgnuti su MOS testu. Na osnovu ovih rezultata donešen je zaključak o kvalitetu zvuka koga osoba sa ugrađenim implantima čuje.

Rad je organizovan na sledeći način: Sekcija 2 opisuje princip rada kohlearnih implanta. U sekciji 3 predstavljen je simulacioni model CIS kohlearnog implanta. U sekciji 4 opisan je eksperiment, predstavljeni su rezultati i izvršena analiza. Na osnovu rezultata u sekciji 5 izvučen je zaključak.

2. KOHLEARNI IMPLANTI

Funkcionalni model uva je prikazan na sl.1. Zvuk se prenese spoljašnjim uvom do bubne opne koja deli spoljašnje i srednje uvo. Bubna opna transformiše zvučni pritisak u mehaničke pokrete, koji se slušnim koščicama srednjeg uva prenese do ovalnog prozora. Ovalni prozor je membrana koja se nalazi na ulazu kohleje. Vibracije se sa ovalnog prozora prenese na tečnost u kohleji, a ona izaziva oscilovanje bazilarne membrane. Građa bazilarne membrane je takva da su rezonance visokih frekvencija na početku kohleje, dok su niže pri vrhu [5]. Raspored rezonantnih frekvencija je najpribližnija logaritamskoj zavisnosti, a opseg je od 20Hz-20kHz. Na ovaj način kohleja ‘vrši’ analizu spektra složenog zvuka. Pokrete bazilarne membrane registruju trepljaste slušne ćelije, ćelije dlačice, koje stvaraju električne impulse koji se prenose preko slušnog nerva do mozga. U mozgu se na osnovu tih impulsa stvara ‘slika’ o zvuku koji čujemo.

Kohlearni implanti su komunikacioni elektronski uređaji koji se hiruškim putem implantiraju u unutrašnje uvo [6]. Oni omogućavaju osobama sa teškim oštećenjima sluha da u izvesnoj meri komuniciraju sa drugim osobama. Na sl.2. je prikazan izgled uva kome je implantiran kohlearni implant. CI se sastoji od mikrofona, sistema za obradu signala koji prilagođava električni signal za što efikasniju stimulaciju nerava, sistema koji prenosi električni signal na elektrode.



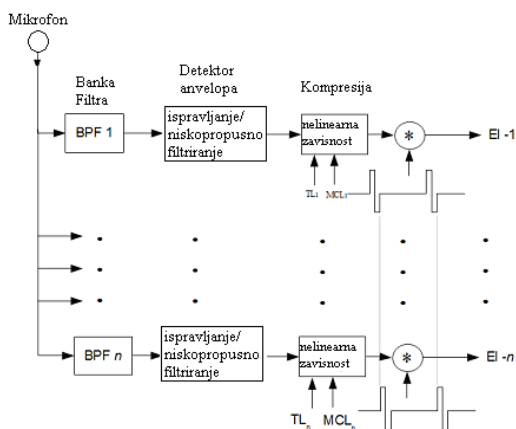
Slika 1. Funkcionalni model uva.

Postoji veliki broj kohlearnih implantanskih uređaja, i oni se međusobno razlikuju po dizajnu elektroda, vrsti stimulacije (analogna ili impulsna), načinu prenosa podataka između spoljne i implantirane jedinice i obradi signala (predstavljena talasnim oblikom ili ekstrakcijom spektralnih karakteristika).



Slika 2. Uzdužni presek uva sa implantiranim CI.

CIS su kohlearni implanti sa kontinuiranim i isprepletanim uzorkovanjem. Da bi se izbegao uticaj preostalog naelektrisanja u tkivu oko implantiranih elektroda, koriste se dvofazni impulsi. Oni su vremenski pomaknuti tako da je pobuda neistovremena, odnosno samo je jedna elektroda aktivna. Na ovaj način se izbegava uticaj električnih polja susednih elektroda [6]. Blok dijagram CIS implanta prikazana je na sl.3.



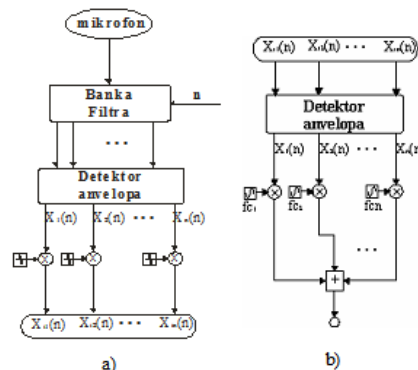
Slika 3. Blok dijagram CIS implanta.

3. SIMULACIONI MODEL CIS IMPLANTA

Simulacioni model CIS implanta prikazuje osnovne procese u percepciji zvuka kod čoveka sa ovakvim tipom

implanta. Model uzima u obzir i tehničke i psihološke aspekte percepcije zvuka. Na osnovu ovog modela napisan je program u Matlabu, kojim se simulira rad CIS implanta. Model koji je blok šemom prikazan na sl.4. se sastoji iz dva dela, i to:

- a) simulatora rada CIS implanta i
- b) akustičke simulacije.



Slika 1. Model simulacije.

Zvuk iz okoline slušaoca se snima mikrofonom. U banci filtra, koja se sastoji od n FIR filtra, se vrši frekvencijsko razdvajanje ulaznog signala na n kanala. Propusni opsezi se biraju u skladu sa karakteristikom kohleje i u zavisnosti od broja elektroda. Za implante sa $n < 8$ centralne frekvencije se biraju po logaritamskoj zavisnosti. Širine propusnih opsega su izabrane su po kriterijumu slabljenja od 3dB. Kod implanta sa većim brojem kanala ($n \geq 8$) centralne frekvencije su raspoređene u skladu sa Mel skalom. Mel skala je sa logaritamskom raspodelom, tako da je dobro prilagođena karakteristikama ljudskog uva [8]. Vela između Mel i frekvencijske ose je:

$$m = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right). \quad (1)$$

Širina opsega (Δf) za $n \geq 8$ se računa po:

$$\Delta f = 1100 \log(f/800 + 1). \quad (2)$$

FIR filter realizovan je uz pomoć Kaiserove prozorske funkcije. Ova funkcija je definisana izrazom [9]:

$$\omega(n) = \frac{I_0 \left(\beta \sqrt{1 - \left(\frac{2n}{M} - 1 \right)^2} \right)}{I_0(\beta)}, \quad 0 \leq n \leq M, \quad (3)$$

gde je I_0 – Besselova funkcija:

$$I_0 = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{x}{2} \right)^{2i}}{(i!)^2}. \quad (4)$$

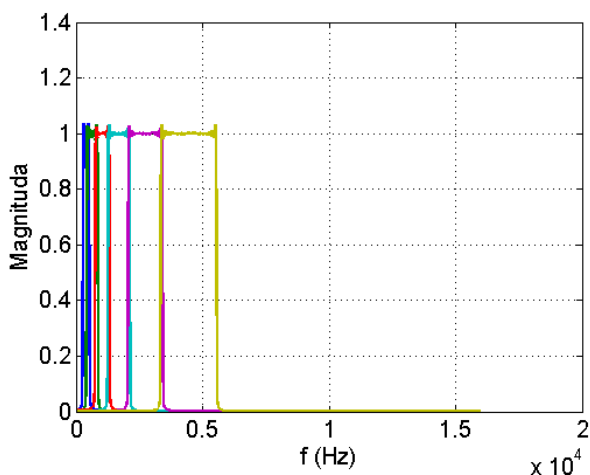
Spektralna karakteristika banke filtra za CI sa 6 kanala prikazana je na sl.5. Talasni oblici signala na izlazu iz banke filtra su prikazani na sl.6.

Uz pomoć Hilbertove transformacije svakom signalu na izlazu iz banke filtra određuje se anvelopa. Od originalnog signala $x(t)$ dobije se analitički signal koji se definiše kao:

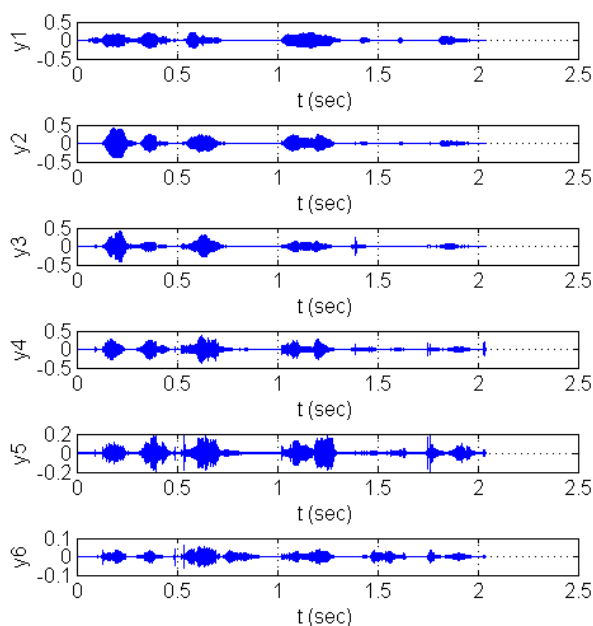
$$x_a(t) = x(t) + j\bar{x}(t), \quad (5)$$

gde je :

$$\bar{x}(t) = H[x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(u)}{\pi(t-u)} du, \quad (6)$$



Slika 5. Spektralna karakteristika banke filtra za CI sa 6 kanala.



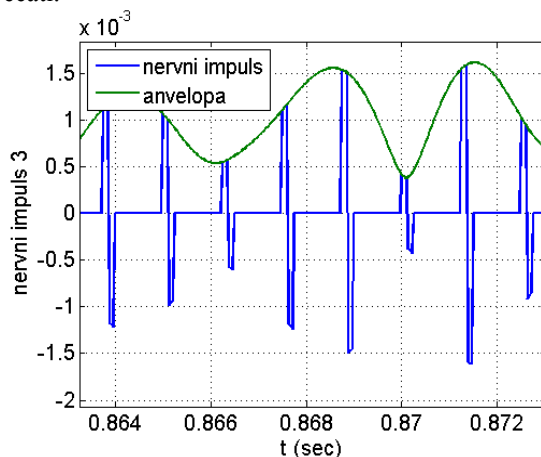
Slika 6. Talasni oblici signala na izlazu iz banke filtra za CI sa 6 kanala.

Anvelopa se dobija kao apsolutna vrednost analitičkog signala [6]. Dobijenim anvelopama se vrši modulacija povorke dvofaznih impulsa. Trajanje impulsa kao i njihova brzina su eksperimentalno određeni i mogu se individualno podešavati. Najbolji rezultati se postižu za vrednosti trajanje impulsa od 33μs do 167μs, i impulsne brzine od 833 do 2525 pps (impulsa u sekundi) [7]. Signalima dobijenim modulacijom se vrši pobuda elektroda. Izgled signala za pobudu prikazan je na sl.7. Drugi deo modela simulacije CIS implanta jeste akustična simulacija. Njome se vrši rekonstrukcija signala sa elektroda da bi simulirala čujnost ljudi sa ovakvim implantom.

Signalima koji se vode na elektrode se najpre detektuju anvelope. Tim anvelopama se vrši amplitudna modulacija čija je noseća frekvencija jednaka centralnoj frekvenciji kanala koji se rekonstruiše. Tako dobijeni signali se sabere. Dobijeni signal bi predstavljao ono što bi čovek sa takvim implantom čuo [8].

4. EKSPERIMENT

Cilj ovog rada je da se izvrši analiza uticaja broja kanala na kvalitet zvuka koji čuje osoba sa CIS implantom. Iz napred navedenih teorijskih razmatranja sledi da bi kohlearni implanti sa većim brojem kanala trebali da daju bolje rezultate. To tvrđenje proističe iz činjenice da je sa većim brojem filtra propusnika opsega u banci filtra, gubitak informacija o zvuku manji. Ipak, na osnovu [8] i [10] pokazano je da se drastičnim povećanjem broja kanala ne povećava proporcionalno kvalitet zvuka. U [8] je pokazano da je za prepoznavanje govora dovoljno i 6 kanala i da se sa daljim povećanjem kanala ne dobijaju značajnija poboljšanja rezultata na testovima prepoznavanja govora. U studiji [10] je pokazano da se broj kanala u okruženjima sa bukom mora povećati.



Slika 7. Usporedni prikaz anvelope i signala na 3. lektrodi za CI sa 6 kanala.

U ovom radu izvršena je objektivna i subjektivna analiza zvuka kod CI. Objektivna podrazumeva rezultate dobijene u procesu simulacije. Predstavljani su grafički (sl.8, sl.9 i sl.10) i posredstvom srednje kvadratne greške MSE (Tabela 1.). Subjektivni rezultati su dobijeni MOS (engl. Mean Opinion Score) testiranjem i u skladu sa standardima MOS testiranja. U testiranju je učestvovalo sedam ispitanika. U tabeli 2. prikazane su prosečne ocene MOS testiranja.

4.1. BAZA

Za potrebe eksperimenta napravljena je baza zvukovnih signala. U skladu sa standardima testiranja (ITU-T preporukom P.800) odabrano je pet rečenica. Testnu grupu čine dve odrasle osobe (po jedna muškog i ženskog pola) i dvoje dece školskog uzrasta. Osobe su izgovorile rečenice i njihov izgovor je snimljen. Za testiranje CIS implanta sa muzičkim signalima, odabrano je pet kompozicija različitog žanra. Dužina uzorka je 10s. Da bi se ispitaio uticaj buke na kvalitet čujnosti kod CIS implanta snimljenim signalima je

superponiran šum. Frekvencija smplovanja $F_s=8$ kHz, sa 1B po semplu. Dobijeni audio materijal se obrađuje programom za simulaciju kohlearnih implanta za slučajeve sa 6, 8, 10, 12, 16 i 24 kanala napisanom u Matlabu. Audio materijal koji je obrađen se koristi za subjektivno testiranje.

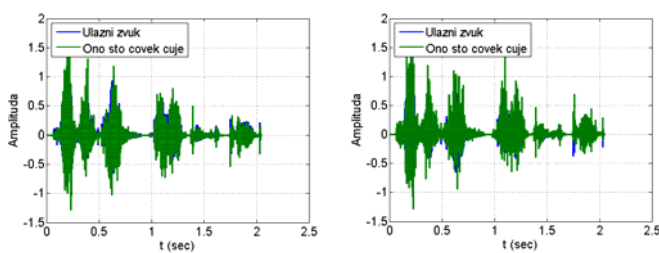
4.2. REZULTATI

Tabela 1. Srednje vrednosti MSE.

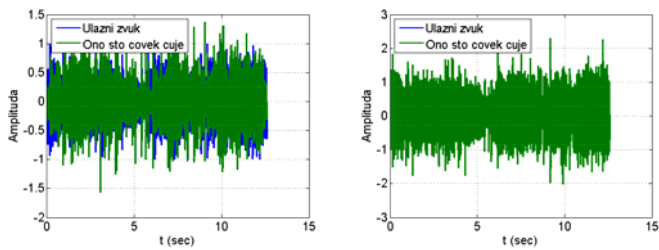
	Broj elektroda					
	6	8	10	12	16	24
Buka	8,7206E-7	1,9347E-6	1,2501E-6	2,0286E-6	1,2030E-6	1,4160E-6
Muzika	1,4657E-6	1,2667E-6	3,6429E-6	3,3731E-6	3,5959E-6	4,8743E-6
Govor	1,596E-6	1,2141E-7	4,1787E-8	5,0319E-8	6,386E-8	4,3656E-8

Tabela 2. Prosečna ocena MOS testa.

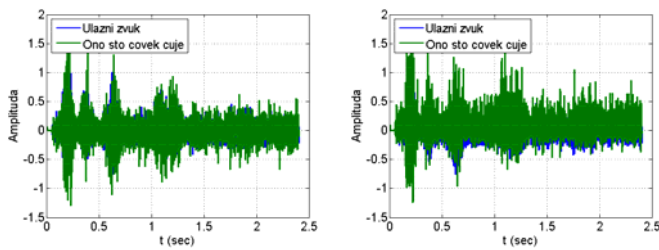
	Broj elektroda					
	6	8	10	12	16	24
Buka	2,00	2,03	2,00	2,09	2,20	2,17
Muzika	1,46	1,66	1,51	1,71	1,54	1,49
Govor	3,28	3,46	3,46	3,66	3,74	4,04



Slika 8. Uporedni prikaz ulaznog zvuka i onog što čovek sa implantom čuje za govorne signale, za CI sa: a) 6 elektroda; i b) 24 elektroda.



Slika 9. Uporedni prikaz ulaznog zvuka i onog što čovek sa implantom čuje za muzičke signale, za CI sa: a) 6 elektroda; i b) 24 elektroda.



Slika 10. Uporedni prikaz ulaznog zvuka i onog što čovek sa implantom čuje signale u okruženju sa bukom, za CI sa: a) 6 elektroda; i b) 24 elektroda.

4.3. ANALIZA REZULTATA

Na osnovu rezultata MSE, predstavljenih u tabeli 1, se vidi da za materijal sa bukom vrednosti MSE-a su približno istog nivoa. Za muzički materijal MSE blago raste sa povećanjem broja elektroda, ali su te promene istog reda veličine. Kod govornog signala se vrednost MSE-a postepeno smanjuje pa je između 6 i 24 kanala razlika vrednosti MSE-a dva reda veličine. Vrednost MSE-a je najveća kod CI sa 6 kanala. MOS testiranje je dalo rezultate slične rezultatima MSE-a (tabela 2.). Na grafikonima sa sl.8, sl.9. i sl.10. se vidi da nema drastičnog poboljšanja kvaliteta za CI sa 24 u odnosu na CI sa 6 kanala.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je simulacioni model CIS implanta. Na osnovu njega napravljena je kompjuterska simulacija. Uz pomoć simulacije i ispitanika, izvršen je eksperiment ispitivanja uticaja broja kanala na kvalitet čujnosti CIS implanta, za implante sa 6, 8, 10, 12, 16 i 24 kanala. Analizom dobijenih rezultata vidi se da su zvuci prepoznatljiviji, ali da nema bitnijeg poboljšanja kvaliteta sa značajnijim povećanjem broja kanala. u Ovom radu je pokazano da je to slučaj između 6 i 24 kanala. Za muzičke i zvuke u okruženju sa bukom kvalitet čujnosti je jako slab. Rezultati se poklapaju sa rezultatima studija [8] i [9].

LITERATURA

- [1] <http://sr.wikipedia.org/sr/%D0%A1%D0%BB%D1%83%D1%85>, April 2012.
- [2] <http://www.audiobm.rs/implanti.html>, Mart 2012.
- [3] A. Moctezuma, J. Tu, *Project Proposal: Cochlear Implant*, University of Illinois, Urbana-Champaign, 2011.
- [4] P. Loizou, *Mimicking the human ear*, IEEE Signal Processing Magazin, pp. 104-124, Sept. 1998.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Georg_von_Békésy, Mart 2012.
- [6] S. Zirn, *Design of a hearing test to evaluate the Comodulation Masking Release in Cochlear Implant users*, Ludwigs-Maximilians-Universität München, 2011.
- [7] B. Wilson, C. Finley, D. Lawson, R. Wolford, M. Zerbi, *Design and evaluation of a continuous interleaved sampling (CIS) processing strategy for multichannel cochlear implants*, Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 30, No. 1, 1993.
- [8] P. Loizou, M. Dorman, *On the number of channels needed to understand speech*, Journal of Acoustical Society of America, Vol. 106, No. 4, 1999.
- [9] <http://automatika.etf.bg.ac.rs/files/predmeti/os3dos/kaiser.pdf>, Mart 2012.
- [10] P. Loizou, D. Rainey, *Speech intelligibility as a function of the number of channels of stimulation for signal processors using sine-wave and noiseband outputs*, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 102, No. 4, pp. 2403-2411, 1997.

POVEZIVANJE BEŽIČNIH SENZORSKIH ČVOROVA SA TCP/IP MREŽAMA WIRELESS SENSOR NODES CONNECTIVITY WITH TCP/IP NETWORKS

Mirko Kosanović, Miloš Kosanović, *Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš*

Sadržaj: *Proteklih godina, područje bežičnih senzorskih mreža (BSM) postalo je jedno od najinteresantnijih, a verovatno i najviše istraživanih područja u oblasti elektronike. Velike mogućnosti u pogledu prikupljanja, obrade i distribuiranja velikog broja različitih podataka omogućile su njihovu primenu u gotovo svim oblastima ljudskog rada. Ali, BSM obično ne mogu da rade potpuno samostalno, u potpunoj izolaciji, odnosno one moraju biti povezane sa nekom drugom vrstom mreže (LAN, WAN). Kako su TCP/IP protokoli postali de-facto standard za mrežno povezivanje, postalo je neophodno povezati BSM sa TCP/IP mrežama i tako omogućiti da prikupljeni podaci budu vidljivi sa različitih mesta. U ovom radu, u početku, mi ćemo dati osnovne karakteristike BSM koje utiču na povezivanje sa TCP/IP mrežom, i analiziraćemo aktuelna poznata rešenja. Nakon toga razmotrićemo uslove koje moraju ispuniti BSM kako bi se povezale sa TCP/IP mrežom i predložićemo jedno jednostavno rešenje.*

Abstract: *The area of Wireless Sensor Networks (WSN) has become one of the most interesting and probably the most researched areas in the field of electronics in recent years. Great opportunities in terms of collecting, processing and distributing a wide variety of data have allowed their use in almost all areas of human activity. But, WSNs usually can not operate independently, in full isolation, i.e. they have to be connected to some other kind of network (LAN, WAN). As the TCP/IP protocol suite becomes de-facto standard for networking, it is a challenge now to connect WSNs to WAN and to allow the collected information to be visible from various places. In this paper, at first, we will give the basic characteristics of WSN which affecting to the WSN connection with TCP/IP network, and analyze the current well known solutions. After that we will consider the requirements that SNs must meet in order to be able to connect to the TCP/IP network, and propose a simple solution.*

1. UVOD

BSM predstavljaju kolekciju malih, jeftinih bežičnih senzorskih čvorova (SČ), koji su raspoređeni u širokom geografskom području. One su sposobne da potpuno samostalno formiraju mrežnu infrastrukturu preko koje kontinuirano prate pojave u prirodi, obrađuju prikupljene podatke i distribuiraju ih bežičnom komunikacijom. Neke od ključnih karakteristika BSM su: a) SČ su gusto raspoređeni u regionu i veoma su podložni otkazima (kvarovima) b) uglavnom se ne koristi jedinstvena globalna identifikacija (ID) senzorskih čvorova c) čvorovi rade sa strogo limitiranim energetske resursima i d) količina računarskih kapaciteta i memorijski prostor svakog senzora čvora su ograničeni. U principu, BSM može da radi kao samostalna mreža ili da bude povezana sa drugim mrežama. Ali za mnoge aplikacije, BSM ne rade efikasno u punoj izolaciji. Mora da se omogućiti način za spoljašnje nadgledanje događaja kao i za pristup podacima koje nam daje mreže senzora. Dakle, javlja se potreba da BSM povežemo na već postojeću mrežnu infrastrukturu, kao što su lokalne mreže (LAN), gradske mreže (Metropolis), ili mrežu svih mreža Internet. Na taj način možemo da konfigurišemo veoma složenu distribuiranu heterogenu mrežu (DHM). Takva veza, s jedne strane, omogućuje potpuno transparentan rad BSM za sve krajnje korisnike u DHM mreži, ali, sa druge strane, stvara nove izazove koji se odnose na razvoj i istraživanja u ovoj oblasti. Imajući u vidu da skup TCP/IP protokola postaje *de facto* standard u mrežnom okruženju, sasvim je razumno da

razmotrimo mogućnosti da povežemo BSM sa TCP/IP baziranim mrežama, kao što je na primer Internet. Međutim, ovaj zadatak, povezivanje BSM na postojeću infrastrukturu Interneta, donosi sa sobom i nekoliko problema koje treba rešiti. Svaka mreža koja želi da bude povezana sa Internetom treba da omogući pre svega podršku standardnim TCP/IP protokolima. Ovaj problem je u fokusu našeg interesovanja u ovom radu. Cilj predloženog rada biće da istraži načine povezivanja BSM sa Internetom, odnosno implementacija skupa TCP/IP protokola u BSM. Imajući u vidu da komunikacija ima dominantan uticaj na potrošnju energije, u radu se predlaže način da se ona smanji, smanjivanjem dužine polja zaglavljaja u protokolima. Dobijeni rezultati pokazuju da energetska efikasnost koja se postiže smanjivanjem TCP/IP zaglavljaja daje rezultate koji su za 60% bolji u odnosu na korišćenje standardnog TCP/IP zaglavljaja koje se koristi na Internetu.

2. PRIMENLJIVOST TCP/IP PROTOKOLA

Efikasno povezivanje sa TCP/IP baziranim mrežama nije nimalo lak i jednostavan zadatak, a posebno to važi za BSM, gde se susrećemo sa mnogim limitiranim resursima u SČ. Bez sumnje, jedan od najvećih limitirajućih faktora odnosi se na energetske potrošnju u SČ. Naime, pošto je količina električne energije u SČ strogo limitirana, efikasna potrošnja energije u SČ je od izuzetnog značaja za njegov duži životni vek. Brojna istraživanja rađena u ovoj oblasti [1], [2], [3], [4] pokazuju da je komunikacioni blok najveći potrošač energije

u SČ. Na primer, energija koja se potroši da bi se poslao samo jedan bit podataka jednaka je količini energije potrebne za obradu 100 instrukcija u Berkeley SČ [5]. TCP/IP protokoli se često nazivaju i "heavy-weight" protokoli, jer njihova primena zahteva velike resurse, kako u pogledu memorije tako i procesorske snage. Postoji, međutim, i veliki broj drugih problema koji trenutno sprečavaju direktnu primenu TCP/IP protokola u BSM. Oni uključuju sledeće: implementacija adresiranja svakog SČ, veličina zaglavlja u odnosu na *payload* podatke, visoka stopa loših poruka, velika potrošnja energije za *end-to-end multi-hop* retransmisije, razlike u protokolima usmeravanja i kao i različite šeme usmeravanja podataka, zavisnost od primenjene aplikacije, distribuirano TCP keširanje [1]. Imajući sve ovo u vidu, direktna implementacija TCP/IP protokola u BSM predstavlja neefikasno rešenje, jer moramo da pošaljemo 30 bajta poruke za samo 2-3 bajta korisnih podataka. Da bi se rešili ovi problemi predloženo je nekoliko metoda koje su prikazane u referencama [6], [7], [8].

2.1 Komunikaciona arhitektura

U literaturi se navode nekoliko komunikacionih modela za povezivanje BSM sa TCP/IP mrežama. U zavisnosti od primenjene komunikacione arhitekture, oni se dele na: *Proxy* arhitekture, *Overlay* arhitekture i *Gateway* arhitekture [8].

2.1.1 Proxy arhitektura

U ovom modelu kompletna komunikacija između TCP korisnika i SČ odvija se preko posebnog proxy računara. Komunikacioni protokol koji se koristi u BSM može slobodno da se izabere. Postoje dva različita načina na osnovu kojih proxy računar ostvaruje svoju operativnost i povezuje BSM sa TCP/IP mrežama i to su [8]:

1. *relay* - u ovom režimu svi podaci koji dolaze iz jedne mreže prenose se na drugu mrežu.

2. *front-end* - proxy pro-aktivno prikuplja podatke iz BSM i skladišti ove informacije u svojoj bazi. Korisnici iz TCP/IP mreže mogu da zahtevaju određene podatke i to različitim upitima, kao što je SQL upiti ili WEB-bazirani upiti.

Oba ova rešenja imaju neke nedostatke, koji ih eliminišu iz upotrebe pa se one i ne primenjuju. Kao prvo, ovaj način je dosta nepouzdan. Kada proxy server prestane sa radom, sve veze do i od BSM ne postoje. Kao drugo, proxy primena obično zavisi od određenog zadatka ili određenog skupa protokola. To znači da za svaku aplikaciju trebamo da imamo različiti proxy računar [8].

2.1.2 Overlay arhitektura

Postoje dve vrste metoda koje se zasnivaju na *Overlay* arhitekturama i to: *TCP/IP overlay sensor networks*, i *Sensor networks overlay TCP/IP* [3]. Prvi pristup ukazuje da je moguće implementirati TCP/IP protokol i u mikroracunarskim sistemima sa veoma siromašnim resursima: 8-bitni mikroprocesor sa samo 2KB RAM memorije [9]. U drugoj metodi protokol stek BSM je implementiran preko TCP/IP steka i svaki korisnik Interneta se smatra kao virtuelni SČ. Virtuelni SČ može prepoznati BSM pakete, jer on ima instaliran BSM protokol stek pored standardnog TCP/IP steka.

2.1.3 Gateway arhitektura

Jedan od osnovnih uređaja koji obezbeđuje vezu između bežičnih i TCP/IP mreža je mrežni prolaz (*gateway*). On izvršava nekoliko zadataka kao što su konverzija protokola, reguliše kašnjenje poruka, itd. Sva rešenja, koja koriste

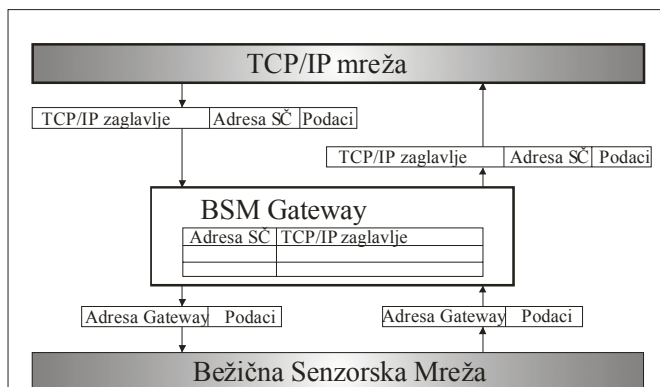
gateway uređaj kao sredstvo za povezivanje, mogu se grupisati u sledeće dve kategorije: *gateway* zavistan od aplikacije i mreže koje dozvoljavaju kašnjenje poruka (*Delay Tolerant Network-DTN*). *Gateway* zavistan od aplikacije predstavlja jednostavan *gateway* koji radi u aplikacionom sloju [6]. DTN, je slično rešenje. Osnovna razlika u odnosu na aplikacioni *gateway* sastoji se u sledećem: on realizuje jedan novi sloj, kako u TCP/IP tako i BSM, nazvan paket sloj (*Bundle Layer*). Glavna funkcija ovog sloja je da upamti i prosledi pakete između dve mreže.

3. PRINCIPI PREDLOŽENOG REŠENJA

Glavni problem koji treba rešiti kod povezivanja BSM sa TCP/IP mrežama sastoji se u tome da je neophodno da se obezbedi: a) pristup svakom SČ sa TCP/IP bazirane mreže, b) efikasna komunikacija sa aspekta potrošnje energije SČ; i c) transparentnost u radu između TCP/IP protokola i protokola koji se primenjuju u BSM.

Metod koji predlažemo u ovom radu je pogodan za aplikacije koje se odnose na: praćenje zdravlja pacijenata (dijagnostika, telemonitoring), praćenja stanja životne sredine (za detekciju požara, zagađenje vode, praćenje kretanja ptica, životinja ili insekata, otkrivanje hemijskih i bioloških agenasa), vojno i bezbedonosno praćenje (pokreti vojnika i vozila, praćenje kritičnih terena), upravljanje procesima u industriji, pametne (*smart*) zgrade, kontrolu leta, itd [10]. U principu, kako sa aspekta topološke organizacije mreže, s jedne strane, i kontrole, sa druge strane, ovi sistemi su jako heterogeni u prirodi. Dakle, u cilju osmišljavanja optimalnog rešenja, za određeni slučaj, to je neophodno prvo da predvidimo ključne pretpostavke i kao zahteve koje ove vrste mreža trebaju da ispune, a to su: BSM je organizovana u vidu većeg broja klastera gde je topologija klaster proizvoljna; svaki klaster je organizovan oko jednog SČ, koga nazivamo glavni senzorski čvor (GSČ); GSČ predstavlja *gateway* između BSM i TCP/IP bazirane mreže; svaki GSČ ima dve adrese: prva je TCP/IP adresa, a druga je lokalna BSM adresa; svaki SČ pristupa TCP/IP korisnicima preko GSČ i obratno; u okviru svakog klastera, SČ moguće je dodeliti 255 jednoadresnih lokalnih adresa, 128 dvoadresnih, 64 četvoadresnih, itd; broj adresa koje poseduje SČ određuju broj poruka koje on može simultano da primi, odnosno u isto vreme; za prenos podataka, korisiti se tehnika *store and forward*; višeskakoviti (*multi-hop*) prenosi podataka u okviru klastera su mogući [11].

Tokom faze inicijalizacije, GSČ dodeljuje različite adrese (jednoadresne, dvoadresne, četvoadresne i td.) svakom SČ, u skladu sa predviđenim intenzitetom saobraćaja između tog čvora i GSČ. Za svakog TCP/IP korisnika svaki SČ prepoznatljiv je po osnovnoj jednoadresnoj adresi. GSČ može da komunicira sa: a) SČ iz svog klastera; b) sa GSČ koji se nalaze u drugim klasterima, i c) sa TCP/IP korisnicima.



Slika 1 Blok šema principa rada Gateway-a

Slika 1. prikazuje princip razmene poruka između TCP/IP mreže i BSM. Kao što se može videti sa sl.1 GSČ deluje kao prevodilac protokola između ovih mreža. Sa softverske tačke gledišta on preslikava adrese iz jedne mreže u drugu, i prilagođava veliko TCP/IP zaglavlje manjem BSM zaglavlju. Da bi izvršio ovu aktivnost koristi se podacima koje pamti u uporednoj tabeli. Tabela ima 256 stavki. Svaka stavka ima dva polja. U prvom polju pamti se lokalna adresa SČ u BSM, dok drugo polje pamti originalno TCP/IP zaglavlje. Ovakva organizacija tabele omogućava nam da istovremeno pošaljemo nekoliko TCP/IP poruka istom SČ, sa znatno smanjenim zaglavljem. Manje veličine zaglavlja direktno utiču na nižu cenu komunikacije, a indirektno do smanjenja potrošnje energije u svakom SČ [12] [13].

3.1 Gateway performanse

U cilju da bi procenili performanse predloženog rešenja mi smo pretpostavili sledeće: a.) svaki SČ u okviru klastera je vidljiv kao TCP/IP adresibilna jedinica b) protokoli iznad i ispod mrežnog sloja moraju da ostanu nepromenjeni, c) prenos podataka između dve komunikacione jedinice je *store-and-forward* tipa d) više skokovita (*multihop*) topologija je dozvoljena; d) prenos podataka odvija se bez grešaka, odnosno bez retransmisija. Uspešan prenos podataka jedne poruke između dva SČ (slanje poruke i prijem odgovora) zavisi od najkraćih *end-to-end* kašnjenja. Pretpostavili smo da ova vrsta komunikacije uključuje sledeća kašnjenja koja mogu da se pojave:

1. T_t (prenosno vreme) - vreme potrebno za prenos jedne poruke. Ono zavisi od propusnog opsega kanala, brzine prenosa, dužine poruke, kao i tehnike kodiranja.

2. T_p (propagaciono vreme) - vreme propagacije signala između dva SČ.

3. T_c (procesno vreme) - vreme potrebno za obradu jedne poruke.

4. T_k (vreme čekanja) - srednje vreme koje poruke čekaju u redu da bi bile poslate.

Ukupno vreme koje je potrebno da bi se ostvarila komunikacija a dato je u referenci [1] i definisano je kao:

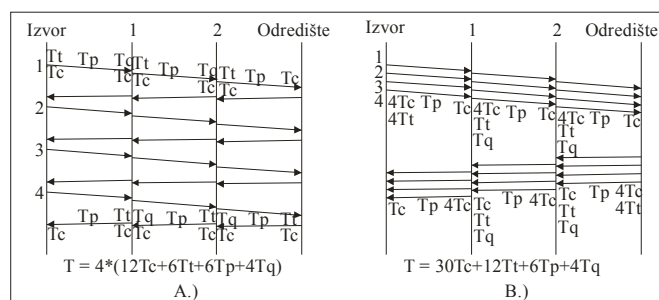
$$T_{ref} = 2mh(2T_c + T_t + T_p) + 2m(h-1)T_q \quad (1)$$

dok je u našem rešenju, koje predlažemo u ovom radu, dato sa:

$$T_{ps} = 2(m+1)hT_c + 2(m+h-1)T_t + 2hT_p + 2m(h-1)T_q \quad (2)$$

Gde m predstavlja ukupan broj prenetih poruka, h odgovara broju skokova (koliko puta poruka putuje između SČ-ova). Na slici 2A prikazan je princip slanja jedne poruke kroz četiri

SČ. Slika 2B prikazuje slanje četiri poruke. Imajmo u vidu da ovde postoji preklapanje između slanja poruka.



Slika 2 Vreme potrebno za slanje četiri poruke

Kako bi došli do numeričkih pokazatelja kod procene performansi ovog predloga mi smo usvojili sledeće: brzina prenosa podataka je $R = 720$ kbps, jedna poruka koja se šalje sastoji se od $N = 128$ bajta, brzina prostiranja signala je $v_p = 3 \cdot 10^8$ m/s, rastojanje između SČ unutar opsega $d = (10-50)$ m, CPU klok je $f = 12$ MHz i prosečan broj instrukcija da bi obradili jedan bajt je $n = 10$ instrukcija sa $t = 4$ takta po instrukciji.

Usvajajući gore navedene pretpostavke i zamenom ovih vrednosti u T_c , T_t and T_p mi dobijamo:

$$T_t = N / R = 128 * 8 / 720 \text{ kbps} = 1,39 \text{ ms} \quad (3)$$

$$T_p = d / v_p = 0,033 \mu\text{s} \text{ za } d = 10 \text{ m} \quad (4)$$

$$T_c = N * n * t / f = 128 * 10 * 4 / 12 = 426,67 \mu\text{s} \quad (5)$$

Za saobraćaj bez retransmisija $T_q = 0$.

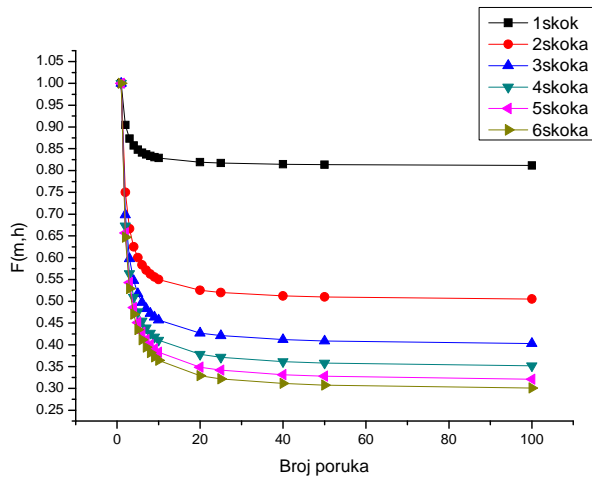
Imajući u vidu da je $T_t \gg T_p$ i $T_c \gg T_p$ mi možemo da ignorišemo T_p i T_q u odnosu na T_t i T_c , respektivno. Uvešćemo novi merni faktor $\Phi(m, h)$, i dati mu ime faktor smanjenja saobraćaja. Uvedeni faktor $\Phi(m, h)$ se definiše kao odnos između ukupnog vremena potrebnog za obavljanje komunikacije u našem predlogu (T_{ps}) i ukupnog vremena definisanog u Ref. [1] (T_{ref}). Ova metrika ukazuje na procenat smanjenja potrebnog vremena za izvršavanje prenosa poruka T_{ps} (naš predlog) u odnosu na T_{ref} (predlog iz reference), i to u funkciji različitog broja poslatih poruka m , i različitog broja preskoka h , kao parametara.

$$\Phi(m, h) = \frac{T_{ps}}{T_{ref}} = \frac{mh + h + \frac{T_t}{T_c}(m + h - 1)}{2mh + \frac{T_t}{T_c}mh} \quad (6)$$

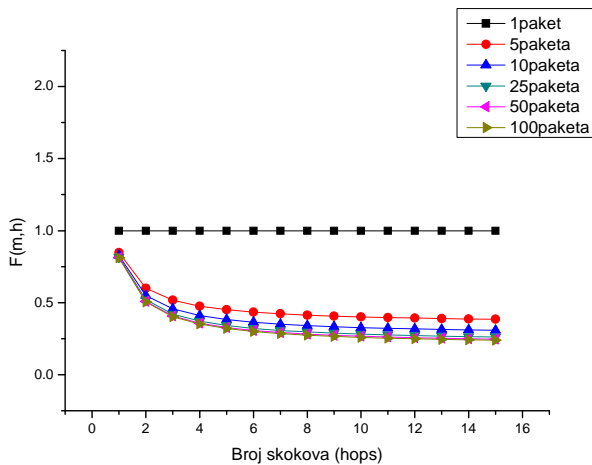
Zamenom vrednosti za $T_t = 1,39$ ms i $T_c = 426,67$ μ s mi možemo da definišemo odnos $T_t/T_c \approx 3.25$. Na osnovu jednačine (6) i zamenom vrednosti dobijamo:

$$\Phi(m, h) = \frac{T_{ps}}{T_{ref}} = \frac{4mh + 17h + 13m - 13}{21mh} \quad (7)$$

Slika 3 prikazuje dijagram uvedenog faktora Φ u zavisnosti od m , sa h kao parametrom. Kao što se može videti iz sl.3 povećanjem m i h , faktor $\Phi(m, h)$ se smanjuje, što znači da naš predlog pokazuje bolje performanse (od 17% za $m=10$ i $h=1$, do 66% za $m=100$ i $h=8$) sa povećanjem broja skokova i količine poslatih poruka.



Slika 3 Faktor $\Phi(m,h)$ u funkciji od m sa parametrom h



Slika 4 Faktor $\Phi(m,h)$ u funkciji h sa parametrom m

Slika 4 prikazuje faktor $\Phi(m,h)$ u funkciji od h , sa parametrom m i daje nam slične rezultate. Analizirajući Sliku 4. možemo da zaključimo da se za veći broj poruka ($m > 2$), faktor $\Phi(m,h)$ smanjuje, što nam govori da naš predlog ima bolje performanse u odnosu na Ref. [1] (od 33% za $m=2$ i $h=4$, i do 70% za $m=100$ i $h=6$).

4. ZAKLJUČAK

Do pre nekoliko godina, krajnja tačka Interneta bio je kućni računar ili laptop. Danas, Internet adresibilni uređaji mogu se pronaći u mnogim drugim uređajima kao što su: mobilni telefoni, internet radio prijemnici, televizija, tablet računari i navigacioni sistemi. Broj uređaja sa Internet vezom konstantno će rasti u narednih nekoliko godina. Standardizacija i sve veća primena protokola IPv6, još više potvrđuju taj trend. Upravo zbog toga, primena Internet kompatibilnih SČ, postaće neizbežna nužnost. Problem povezivanja BSM i Interneta razmatran je u ovom radu. Ova

konekcija nam omogućava da dobijemo informaciju koju sakuplja svaki SČ u BSM, sa bilo kog mesta, vremenski bilo kada i bilo koju informaciju. Ovo pravilo, poznato kao pravilo 3A (*Anywhere, Anytime, Anything*), je osnovni uslov za ostvarivanje klasičnog klijent-server sistema. To potvrđuje da se u budućnosti može očekivati, da svaki SČ postane standardni klijent/server čvor, a samim tim svi principi klijent/server komunikacije biće uspostavljene i primenjivaće se u BSM.

LITERATURA

- [1] S.Lei, W.Xiaoling, Xu Hui, Z.Jie, J.Cho, S.Lee, Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks, *SEUS-WCCIA '06*, 2006.
- [2] H.Dai, R.Han, Unifying Micro Sensor Networks with Internet via Overlay Networking, *Proc.IEEE Emnets-1*, Nov, 2004.
- [3] K.Mayer, W.Fritsche, "IP-enabled Wireless Sensor Networks and their integration into the Internet", http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=11426878&type=a5-mayer.pdf, acc. 10.01.2012.
- [4] M.Zhang, S.Pack, K.Cho, D.Chang, Y.Choi, T.Kwon, "An Extensible Interworking Architecture (EIA) for Wireless Sensor Networks and Internet", www.mmlab.snu.ac.kr/publications/docs/EIA_APNOM2006.pdf, acc. 12.12.2011.
- [5] M.Zuniga, B.Krishnamachari, "Integrating Future Large-scale Wireless Sensor Networks with Internet", www.cs.usc.edu/Research/techreports/papers/03-792.pdf, acc. 12.12.2011.
- [6] Z.Z.Marco, K.Bhaskar, "Integrating Future Large-scale Wireless Sensor Networks with Internet", *USC Computer Science Technical Report CS 03-792*, 2003.
- [7] K.Mayer, W.Fritsche, "IP-enabled Wireless Sensor Networks and their integration into the Internet", http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=11426878&type=a5-mayer.pdf, acc. 12.01.2012.
- [8] M.Zhang, S.Pack, K.Cho, D.Chang, Y.Choi, T.Kwon, "An Extensible Interworking Architecture (EIA) for Wireless Sensor Networks and Internet", www.mmlab.snu.ac.kr/publications/docs/EIA_APNOM2006.pdf, acc. 12.12.2011.
- [9] Adam Dunkels, Towards TCP/IP for Wireless Sensor Networks, Malardalen University Licentiate Thesis No. 45, Swedish Institute of Computer Science, March 2005.
- [10] Ian F.Akyildiz, Mehmet Can Vuran, *Wireless Sensor Networks*, ISBN 978-0-470-03601-3, WILEY, 2010
- [11] M.Kosanović, M.Stojčev, Implementation of TCP/IP Protocols in Wireless Sensor Networks, *ICEST 2007*, Ohrid, Macedonia, June 2007.
- [12] S.Lei, W.Xiaoling, Xu Hui, Z.Jie, J.Cho, S.Lee, Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks, *SEUS-WCCIA '06*, 2006.
- [13] C.Westphal, "Layered IP Header Compression for IP-enabled Sensor Networks", www.people.nokia.net/cedric/Papers/icc06.pdf, acc. 18.12.2011.

STAV O E-LEARNINGU I STILOVI UČENJA THE ATTITUDE TO E-LEARNING AND LEARNING STYLES

Željko Pekić, *Fakultet za pomorstvo Kotor*
Nađa Đikanović, *Filozofski fakultet Nikšić*

Sadržaj: *U ovom radu ćemo se, prvenstveno, baviti e-learningom, kao savremenim modelom nastave. Bazirali smo se na Moodle platformu, jer se takva platforma koristi na Fakultetu za pomorstvo, Kotor. Cilj uvođenja Moodle-a u obrazovni proces je u svrhu pospješivanja efikasnosti nastave, prelazak sa tradicionalnog na aktivni model. Ono što je srž rada je da ispitamo kakva je korelacija različitih stilova učenja studenata i njihovo opšte zadovoljstvo korišćenja Moodle platforme.*

Abstract: *In this research we are going to work on e-learning as a modern model of teaching. We focused on the Moodle platform because it is used at Faculty of Maritime, Kotor. The aim of introducing the Moodle into the process of education is improving the efficiency of teaching and the change from the traditional to the active model. The main point of the research is to examine the correlation of the students' different learning styles and their general satisfaction with using the Moodle.*

Ključne riječi: *E-learning, Moodle, stilovi učenja, VAK model, Felder-Silverman model*

1. UVOD

Prema Dunderoviću (2004) stavovi su relativno trajna tendencija emocionalnog, vrijednosnog i akcionog odnosa prema ljudima i pojavama. Prema Rotu (2004), oni se najjednostavnije mogu definisati kao spremnost da se reaguje na određene pojave, na pozitivan ili negativan način. Svaki čovjek određen je svojom strukturom stavova. Na taj način čovjek se adaptira na sredinu i formira svoj doživljaj o njoj, a sve to skupa čini spremnost na angažman (Šiber, 1998).

Stav, kao što stoji u definiciji Dunderovića ima tri svoje komponente: kognitivnu, konativnu i afektivnu. U ovom radu isključivo smo se bavili kognitivnom komponentom, kao ekvivalentom opšteg zadovoljstva prema e-learning-u.

U vrijeme Drugog svjetskog rata, timovi sastavljeni od inženjera i psihologa su otkrili relevantne podatke o vezi optimizacije rukovanja različitim mašinama i efikasnog prenosa i prijema informacija. Ono što je bilo od velikog značaja je to da u prenosu i prijemu informacija postoji limitiranost koja je uslovljena osim tehnološke prirode i kognitivnim sistemom. Glavni problem daljeg istraživanja je pažnja, selekcija i optimizacija prenosa informacija. Usled takvih otkrića, kao dalje korake istraživanja tim je posmatrao analogiju između apstraktnog komunikacionog sistema i stila funkcionisanja čulno-nervnog sistema.

Vođeni tim dokazima, u ovom radu ćemo ispitivati vezu između opšteg zadovoljstva e-learningom, kao savremenim procesom nastave i načina na koji ispitanici najbolje asimiliraju stimuluse iz okruženja, tj. kojem stilu učenja pripadaju. Npr. logičnim rezonovanjem i hipotetički e-learning je apstraktna tematika, koja je prožeta pisanom i slikovnom komunikacijom, te stoga bi trebalo da ekscitira veći broj stilova učenja, ali najviše vizuelni.

2. PROCES UČENJA I E-LEARNING

Neophodno je napomenuti da se učenje provlači kroz svaku ljudsku djelatnost i aktivnost. Veliki je broj faktora

koji imaju ulogu posrednih znaka pri učenju. Prije svega, percepcija kao primarni proces obrade informacija i individualna sposobnost svakog pojedinca. Percepcija ima jaku vezu sa inteligencijom, jer inteligencija kao sposobnost adaptacije na novonastalu situaciju pomaže da se perceptivne draži povežu sa pređašnjim iskustvom. Dodatan faktor je motivacija, jer svaki pojedinac ima u svakom ciklusu života manje ili više definisane primarne i sekundarne motive.

Danas, u 21. vijeku živimo u informatičkom svijetu u kome proizvodnja, obrada i skladištenje znanja predstavljaju veoma bitan faktor kompletnog društvenog napretka.

U posljednjih nekoliko decenija razvoj informacionih tehnologija je zabilježio veliki rast i svakim danom je sve više u progresu. Centralnu poziciju tehnološkog razvoja zauzima veliki sistem informacionih i komunikacionih tehnologija. Od integracije sistema, standardizovanja opreme, rasprostranjenosti i brzine interneta zavisi dalji razvoj informacione tehnologije. Da bi se u potpunosti iskoristile prednosti modernih računarskih sistema neophodno je da i sami procesi u poslovanju budu pravilno kreirani. Dakle, preduslov za uspješnu implementaciju modernih IKT (informaciono-komunikacionih tehnologija) je dobra organizacija poslovanja.

Početak obrazovanja na daljinu datira još od kraja 18. vijeka. Mada veću primjenu dobija sa razvojem Interneta. Jednostavnost i brzina doprinijele su pojavi velikog broja formalnih i neformalnih ustanova, koje praktikuju ovakav vid obrazovanja. Fleksibilnost ovakvog načina učenja pokazala se kao osnovna prednost i kao veoma dobar način da se znanje približi velikom broju ljudi.

Važan pokretač obrazovanja na daljinu je bio razvoj telegrafa i poštanskih usluga. Univerzitet koji je prvi omogućio obrazovanje na daljinu je bio Univerzitet u Londonu. Na ovom univerzitetu 1858. godine je ustanovljen program za obrazovanje na daljinu (External Programme), koji je omogućavao studentima da dođu do diplome bez potrebe da pohađaju predavanja u samoj ustanovi.

Kreiranje i unapređivanje obrazovnih društava, propagiranje znanja i učenja je primarni zadatak svake zajednice. Iako često čujemo da je znanje specifična roba, roba koja se dijeljenjem umnožava, ono je često bilo povlastica pojedinaca i njemu nije mogao pristupiti i koristiti ga svako. Epoha prosvjetiteljstva je formulirala i istakla osnovne ideje napretka, a to su ideje univerzalnih mogućnosti pristupa znanju, slobode u njegovom korišćenju i svom postojanju i življenju, jednakosti imanja, korišćenja i javnosti znanja, na kojima danas i počiva ideja stvaranja učećeg društva tj. društva znanja.

Elektronsko obrazovanje (eng. **e-learning**) je način obrazovanja koje se zasniva na upotrebi savremenih tehnologija u kreiranju, prezentovanju obrazovnog sadržaja, ali i u učenju.

Forumi, elektronska pošta, DVD, blogovi su osnovni načini za distribuciju elektronskog materijala. Pored velikog značaja koji imaju u obrazovanju njihova osnovna karakteristika je da su asinhroni. To implicira da je komunikacija vrlo ograničena, jednosmjerna ili postoji odložena reakcija. Reprezentativan primjer je student na nekom forumu koji ima mogućnost da preuzme neki sadržaj ali i da postavi profesoru pitanje. Postavljanje pitanja mu ne garantuje odgovor u nekom odrađenom vremenskom periodu, profesor će naknadno odgovoriti na pitanja kada bude „online“. Nedostaci ovakvog pristupa su izbjegnuti upotrebom sinhronih tehnologija kao što su veb i video konferencije, IP telefonija... Praćenje predavanja i diskusije u realnom vremenu daju dodatnu vrijednost obrazovanju na daljinu, grupni rad dovodi do generisanja više ideja.

Upotreba blogova kao dopuna nastavi je vrlo slična upotrebi wiki-ja. Wiki podržava koncept grupnog uređenja neke teme, postoji više korisnika koji koristeći svoje naloge mogu pristupiti sadržaju, mijenjati ga i brisati. Ovakav način organizovanja može da bude veoma koristan prilikom izrade grupnih projekata, kada se mora ograničiti broj korisnika. Dakle, wiki pristup omogućava da se jedan isti sadržaj modifikuje od strane većeg broja korisnika. Za razliku od ovog pristupa blog je korisniji u situacijama kada je neophodno prikupiti što više ideja, ili otvoriti neku diskusiju. Sama priroda bloga je da su zapisi-postovi hronološki organizovani tako da su na početku prikazani poslednji postovi (blog je originalno nazvan „Web log“ tj. „veb dnevnik“ u koji se hronološki unose razmišljanja, a koja ne moraju biti na istu temu). Alati koji nam omogućavaju blogovanje takođe se mogu koristiti i za projekte grupnog učenja jer dozvoljavaju formiranje kategorija i kategorizaciju blog-priloga i njegovo prikazivanje u redosledu podkategorija, a ne hronološki. Razlika između bloga i wiki-ja se sve više gubi, ali kada kažemo blog i dalje prije svega mislimo na mrežni medijum za izražavanje ličnih stavova.

Na tržištu se pojavljuju specifični alati koji omogućavaju jednostavno kreiranje sadržaja, postavljanje prezentacija, foruma, a sve sa ciljem da se korisnicima omogući da se fokusiraju na sam sadržaj, a ne na tehnike prezentovanja.

3. STILOVI UČENJA

"Stil učenja je ustaljen i dominantan način prijema, obrade i upotrebe stimulusa/informacija u procesu učenja, a najprepoznatljiviji je u toku organizovanog učenja u nastavi;

to je dominirajući način mentalnog predstavljanja i obrade sadržaja učenja" (Bjekić, 2007).

Tabela 1. VAK model učenja

Stil učenja	Preferencije	E-learning aktivnosti
Vizuelno	Tekst, grafikoni, tabele	E-knjige, figure, mape, video
Audio	Zvuk	Grupni rad, zvučni primjeri
Kinestetičko	Praktični primjeri rada	3D modeli

Iz tabele 1. vidimo da VAK stilu učenja pripadaju tri tipa: vizuelni, auditivni i kinestetički. Svaki od tipova ima svoje preferencije i e-learning aktivnosti. Konkretno, vizuelni tip učenja preferira tekstualni materijal, grafikone, tabele i uključuje vizuelno pamćenje. Auditivni tip preferira glas, tj. zvuk i pamti na taj način što uključuje auditivnu memoriju. Kinestetički tip je tip koji najbolje uči praksom, pokretima i ima razvijenu vizuo-spacijalnu sposobnost.

Felder-Silverman model učenja je model sastavljen od 4 sekvencionalne dimenzije.

Prva dimenzija - čulni / intuitivni - je jedan od četiri dimenzije Jungove teorije psiholoških tipova, koju karakteriše, s jedne strane čulni modalitet, a s druge intuitivni. Druga dimenzija je vizuelni / verbalni - analogan je vizuelno-auditivni-kinestetičkom (VAK) modalitetu . Treća dimenzija - aktivan / reflektirajući - je komponenta Kolbovog stila učenja i u njemu aktivni ispitanici motivisani su stalnom akcijom i praksom. A reflektujući više zahtijevaju promatranje drugih. Četvrta dimenzija je sekvencijalno/globalno. Sekvencionalni preferiraju materijal koji se uči dio po dio, za razliku od globalnih koji uče cjelokupno gradivo, bez parcijalnosti.

4. PLATFORME ZA UPRAVLJANJE SADRŽAJEM

Platforme za upravljanje sadržajem se kreiraju sa namjerom da bi omogućile upravljanje tokom informacija u okruženju koje ima više učesnika, sa nizom metoda i parametara, u okruženju koje mora podržati visok nivo saradnje. Ovakav tip softverskog rješenja uglavnom se odnosi na web CMS, odnosno na platforme koje omogućavaju kreiranja i postavljanje sadržaja koji se objavljuje na mreži, bilo Intranet bilo Internet. Za razliku od CMS-a, LMS je softverska aplikacija za administraciju, dokumentovanje, kontrolu i obavještanje u obrazovnom procesu o programu rada, predmetima, novostima, rasporedima, postavljanjima i distribucijama kurseva preko Interneta sa mogućnostima za online saradnju svih zainteresovanih učesnika (kako kreatora sadržaja tako i korisnika). Za potrebe obrazovanja razvile su se mnoge platforme, komercijalne ali ima dosta besplatnih i open source rješenja. To su Moodle, Blackboard, Docebo, OLAT - Online Learning And Training,, Claroline, Desire2Learn, Dokeos, eFront, Sakai Project, Scholar360, WebCT i druge.

Moodle je besplatna, open source platforma za elektronsko obrazovanje. Ovakva platforma je veoma popularna. I sama broji više od 57 miliona korisnika. Po mnogim anketama koje su objavljene na Internetu, Moodle

predstavlja jednu od najprihvaćenijih platformi u svom segmentu.

Moodle je pružanje osavremenjenog najboljeg alata za upravljanje i promovisanje učenja. Ugrađene funkcionalnosti koje omogućavaju potpuno iste postupke u radu bilo da se radi o dva korisnika, nekoliko desetina i stotina ili par hiljada aktivnih korisnika. Zbog svoje skalabilnosti našao je svoju primjenu kako kod privatnih korisnika koji pružaju kurseve malom broju korisnika pa do ogromnih sistema.

Statistika desetak najbitnijih pokazatelja vezanih za popularnost Moodle platforme broji da se registrovani sajtovi iz godine u godinu povećavaju, a od 2003. do danas registrovano je preko 66 hiljada. Veoma bitna činjenica koju posebno treba istaći je broj različitih zemalja registracije, čak 218.

Registered sites	75,045
Countries	227
Courses	7,001,806
Users	65,151,951
Teachers	1,292,647
Enrolments	54,274,432
Forum posts	116,493,761
Resources	62,459,702
Quiz questions	142,764,127

Slika 1. Statistički podaci Moodle platforme u svijetu (Izvor: <https://moodle.org/stats/>)

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

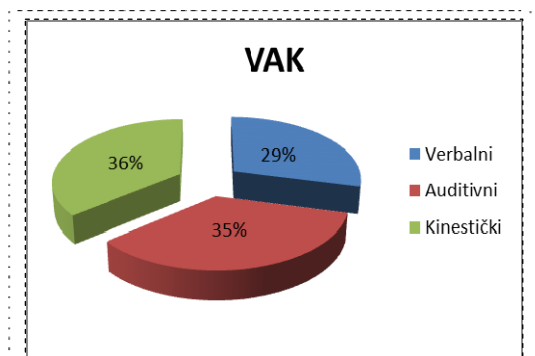
Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 100 ispitanika, studenata Fakulteta za pomorstvo Kotor.

Polazni predmet istraživanja je sagledavanje prirode i distribucije (smjera i intenziteta) stilova učenja, sa jedne strane i opšteg stava o e-learning-u, sa druge.

Naučni cilj je utvrditi kako stilovi učenja, kao nezavisne varijable utiču na formiranje opšteg zadovoljstva o e-learning-u, kao zavisne. Praktični cilj je da dobijeni podaci mogu doprinijeti efikasnijem i praktičnijem radu obrazovnih ustanova u državi i u smislu efikasnijeg angažovanja pojedinaca spremnih da djeluju kako bi unaprijedili rad obrazovnog sistema u Crnoj Gori.

Varijable istraživanja su: zavisna (opšte zadovoljstvo e-learning-om) i nezavisna (stilovi učenja – VAK model i Felder-Silverman model).

Na donjoj slici se jasno vidi pripadnost ispitanika, procentualno, prema svakom tipu VAK modela.



Slika 2. Procent. zastupljenost stilova kod VAK modela

Pri statističkoj obradi podataka, koja je vršena SPSS Windows 17 programom, ispitivali smo χ^2 (Hi kvadrat) - mjere razlika među segmentima ukrštenih varijabli, i njegova vrijednost bi trebalo da bude viša od 10 da bi potvrdila vrijednost p. Vrijednost p je relevantna u tom smislu što je indikator povezanosti varijabli. To znači, da p koje je manje od 0,05 i bliže 0,01 ukazuje na jaku povezanost (korelaciju) i vjerovatnoću te povezanosti sa 95% i 99%. C koeficijent je vrijednost koja ukazuje na stepen povezanosti među varijablama.

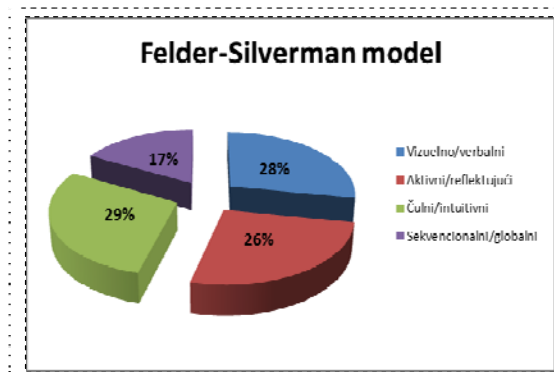
Tabela 2. Opšte zadovoljstvo e-learning-om i VAK model

Opšte zadovoljstvo i vizuelni tip VAK modela $\chi^2=12,021$ df=4 C=0,386 p=0,027
Opšte zadovoljstvo i auditivni tip VAK modela $\chi^2=3,677$ df=4 C=0,146 p=0,443
Opšte zadovoljstvo i kinestetički tip VAK modela $\chi^2=2,808$ df=4 C=0,198 p=0,597

Iz tabele 2. vidimo da kod opšteg zadovoljstva e-learning-om (pozitivnog stava o istom) i verbalnog tipa VAK modela nađena je statistička značajnost na nivou 0,05 ($p=0,027$), što implicira da se sa 95% sigurnosti može tvrditi da ispitanici koji prema VAK modelu pripadaju vizuelnom tipu imaju opšte pozitivan stav o e-learning-u. Vizuelni ispitanici imaju najpozitivniji stav o e-learningu jer on sam po sebi najviše pokreće takvu vrstu kreativnosti, rezonovanja, ostavlja prostor za idiosinkratični doživljaj i konvergentno mišljenje. Dalje, šarenoliki materijali koji se Moodle-ovom platformom plasiraju, kombinovanje grafikona, šema, pisanog materijala potstiče ljudsku vizualizaciju.

Kod druga dva tipa nije nađena statistička značajnost, tj. pozitivna povezanost. U slučajevima kada nije nađena statistička značajnost nije moguće davati nikakav zaključak o tome, jer bi to potpadalo pod tematiku nagađanja.

To znači da je pola hipoteze o pozitivnoj povezanosti varijabli operacionalno definisano. Ostaje druga polovina koja se odnosi na Felder-Silverman model učenja.



Slika 3. Procentualnost zastupljenost stilova kod F-S modela

U daljem radu smo se bavili ispitivanjem opšteg zadovoljstva i Felder-Silverman modelom učenja.

Tabela 3. Opšte zadovoljstvo e-learning-om i F-S model

Opšte zadovoljstvo i vizuelni/verbalni $\chi^2=9,543$ $df=4$ $C=0,125$ $p=0,035$
Opšte zadovoljstvo i aktivni/reflektujući $\chi^2=6,599$ $df=2$ $C=0,101$ $p=0,098$
Opšte zadovoljstvo i čulni/intuitivni $\chi^2=2,878$ $df=4$ $C=0,342$ $p=0,332$
Opšte zadovoljstvo i sekvencionalni/globalni $\chi^2=1,654$ $df=4$ $C=0,509$ $p=0,552$

Iz tabele 3. vidimo da je nađena pozitivna korelacija između varijabli opšte zadovoljstvo e-learning-om i vizuelni/verbalni stil. To je veoma značajan pokazatelj, jer kao što smo vidjeli u teoretskom dijelu da vizuelni/verbalni stil je skoro ekvivalentan vizuelnom stilu iz VAK modela, ovakav rezultat ne samo da je značajan za efikasnost praktičnog cilja rada, već i potvrđuje taj ekvivalent među različitim modelima učenja. Kod Felder-Silverman modela dobijeni rezultati ukazuju na pozitivnu korelaciju vizuelnog tipa prema opštem zadovoljstvu o e-learning-u na nivou 0,05 (vjerovatnoća od 95%) - $p=0,035$. Što znači da se sa 95% sigurnosti može tvrditi da ispitanici koji pripadaju vizuelnom/verbalnom stilu učenje F-S modela imaju najveće opšte zadovoljstvo e-learning-om. Mada vrijednost $\chi^2=9,543$ ima tendenciju da na većem uzorku bi bila veća i ojačala bi korelaciju. To znači, sa većim uzorkom (npr. 200 ispitanika), vrijednost χ^2 bi prešla 10, a poznato je da svaka vrijednost što je veća od 10 je više pouzdana.

6. ZAKLJUČAK

Kao što se može vidjeti, rezultati pokazuju da u ispitivanju korelacije opšteg zadovoljstva e-learning-om i stilova učenja, i kod VAK modela i Felder-Silverman modela nađena je pozitivna korelacija u oba slučaja kod vizuelnog stila učenja. To implicira tvrdnju da je važno u pedagoškom smislu voditi računa o tome koja vrsta motivatornog materijala odgoovara studentima. Kao što znamo, osim strane koja usvaja znanje i onog kog prenosi znanje postoji most u vidu stila učenja koji igra podjednako važnu ulogu. Implikacije za organizovanje adekvatne produktivne nastave su jasan cilj i struktura, materijal za učenje koji mora biti jasan, zanimljiv i logičan, kurs mora imati jasan koncept, jednostavan formom i estetski adekvatan, jasnih instrukcija, sa raspravama koje su funkcionalne i efektne, sa interakcijom i stalnom komunikacijom i motivacijom verbalno-estetskog tipa.

Implikacije za vizuelni stil učenja:

- vizuelno kvalitetan web uz tehnički funkcionalne informacije, čak i za veliki broj učesnika;
- materijl mora da sadrži mnoštvo tabela, grafikona i šematskih prikaza;
- format taksta mora biti niti premali niti preveliki, već osrednje veličine, ali sa kvalitetnim i relevantnim sadržajem i
- vizuelne smjernice za budući rad.

Vizuelna inteligencija je vrsta sposobnosti vizuelne percepcije, pri kojoj pojedinac razumije i lakše usvaja

vizuelno gradivo prezentovano u različitim formatima, kontekstima, formama... Pojedinci koji imaju izraženu ovakvu vrstu inteligencije imaju sopstveni stil usvajanja znanja, razmišljanja i upečatljivost mentalnih pretsava u kognitivnom sistemu. Oni misle u slikama, pamte u slikama i najpouzdaniji materijal za učenje, za njih, bi trebalo da bude prezentovan u tom stilu. Onog momenta kada takav pojedinac pokušava da izvuče informaciju iz dugotrajne memorije, pribjegava mnemotehnici vizualizacije i stvaranja slike u mislima. Ovakva vrsta sposobnosti ima dobru dispoziciju rada sa geometrijom, poslovima sa specijalnim snalaženjam, te adaptaciju na nepoznatu sredinu. Lakše se tumače dijagrami i mape od pisanog materijala. Ispitanici skloni vizuelnom stilu vole da crtaju i slažu trodimenzionalne objekte. Moguće oblasti interesovanja su inženjerstvo, arhitektura, vajarstvo, vizuelna umetnost, mehanika i sl.

Sve to ostavlja prostor za dalje istraživanje i razmišljanje na istu i slične teme, ali je ujedno i argument da e-learning jeste specifičan atraktivan model nastave, koji ekscitira vizuelnu percepciju pojedinca. Kompleksnost sadržaja pisanog, slikovnog i drugih podražavajućih materijala djeluju kao motivacioni faktor na verbalni tip studenta/učenika.

Važno je istaći da, iako student/učenik pripada vizuelnom stilu učenja, treba da razvija i stimuliše druge stilove, koliko je moguće, jer je relevantno da sam uvidi razliku među stilovima. Uvidenjem te razlike pojedinac shvata šta mu više odgovara pri usvajanju različitih znanja i tako povećava svoju efikasnost organizovanog učenja.

Cijeli taj proces dovodi do "modifikovanja" ljudske svijesti. Pojednostavljajući nastavni proces i prilagođavajući ga potrebama studenata pokreće se sistem u kojem postoji krajnji pozitivan efekat.

LITERATURA

- [1] Bjekić, D. (2008). Psihologija e-učenja i e-nastave 6, 1-17, Preuzeto 22.02.2012. sa E-lab, Tehnički fakultet, Čačak
- [2] Bjekić, D., Dunjić-Mandić, K. (2007). Stilovi učenja i profesionalne preferencije maturanata gimnazije, Preuzeto 26.02.2010. iz Pedagogija LXII 1/07, 48-59. sa veb stranice: <http://scindeks-clanci.nb.rs/data/pdf/0031-3807/2007/0031-38070701048B.pdf>
- [3] Dunderović, R. (2004): Psihologija menadžmenta, Fakultet za Menadžment, Novi Sad
- [4] Felder, R. and Silverman L. K.(1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. Engineering Education, 78(7): 674-681., sa Web stranice: <http://www.ncsu.edu/felderpublic/Papers/LS-1988.pdf>
- [5] Honey, P. & Mumford, A. (1983). Using Your Learning Styles. Maidenhead, UK, Peter Honey Publications
- [6] Kolb, D. A. & Fry, R. (1975). Toward an applied theory of experiential learning. Cooper (ed.) Theories of Group Process, London: John Wiley.
- [7] Maslov, A. (1982): Motivacija i ličnost, Nolit, Beograd
- [8] S. Graf, S. R. Viola, Kinshuk, and T. Leo (2006)..*Representative Characteristics of Felder-Silverman Learning Styles: an empirical model*. Submitted to IADIS Int. Conf. on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2006)

INFORMACIONI SISTEM ZAKONODAVNOG PROCESA (E – PARLAMENT) INFORMATION SYSTEM OF THE LEGISLATIVE PROCESS (E-PARLIAMENT)

Vuko Perišić, Jovana Božović, Skupština Crne Gore

Sadržaj: U današnje vrijeme postoji povećana tendencija korišćenja informaciono-komunikacionih tehnologija (ICT) kao osnovnih alata u podršci rada zakonodavnih organa širom svijeta. ICT je postala dovoljno fleksibilna da pomogne parlamentima u svojim najvažnijim odgovornostima: izradi zakona i komunikaciji sa građanima. Skupština Crne Gore nastoji da ICT iskoristi kako bi postala transparentnija, dostupnija, odgovornija i efikasnija. U ovom radu ukratko su opisane osnove budućeg informatičkog rješenja – eParlamenta.

Abstract: At the present time there is an increasing tendency to use information and communication technology (ICT) as a basic tool in support of legislative bodies around the world. ICT has become flexible enough to support parliaments in their most important responsibilities: drafting and communication with citizens. The Parliament of Montenegro tries to use ICT to become more transparent, accessible, accountable and effective. In this work, the basic guidelines for the future of IT solutions - eParliamenta.

1. UVOD

U modernim demokratskim parlamentima danas je ključno pitanje kako učiniti informaciju o dešavanjima u parlamentu dostupnom na što brži način i u formatu koji omogućava ponovno korišćenje te informacije od strane spoljnih korisnika, bilo da se radi o građanima, predstavnicima medija ili specifičnim organizacijama koje objavljene podatke dalje obrađuju. E-Parlament će omogućiti transparentnije, isplativije i brže procese u Skupštini Crne Gore. Njegov razvoj će transformisati način rada crnogorske Skupštine, kao i njenu reprezentativnu ulogu, a najviše uticaja će dati na:

- jačanju zakonodavne i nadzorne funkcije
- povećanju efikasnosti skupštinske administracije
- lakšem pristupu informacijama
- povećanju učešća građana u zakonodavnom procesu
- povećanju transparentnosti i otvorenosti.

Implementacija eParlamenta poboljšava saradnju između parlamenata i podršku kreiranju efikasnijih procesa u parlamentu. Cilj je rad zakonodavnih organa učiniti što efikasnijim, poboljšati njihovu komunikaciju sa građanima i povećati njihovo povjerenje, povećati znanje o parlamentarnim procesima. Da bi se postigao nezavistan rad parlamenta potreban je nesmetan pristup informacijama i praćenje faza u kojoj se nalaze zakoni. Građanima se omogućava da se obrate poslanicima i da im predlože amandmane, kao i da pristupe zapisnicima šednica, predlozima amandmana, listinzima glasanja i izvještajima.

E-parlament treba da obuhvati i olakša čitav zakonodavni postupak, počev od prijema predloga zakona do završne faze – usvajanja i slanja na objavu Službenom listu Crne Gore,

odnosno arhiviranja. Ovaj postupak obuhvata i rad na plenarnim zasjedanjima, kompletan rad i šednice radnih tijela i komisija, poslanička pitanja, amandmane, itd. Korišćenje sistema treba omogućiti svim učesnicima u procesu: poslanicima, zaposlenim u službi Skupštine, građanima...

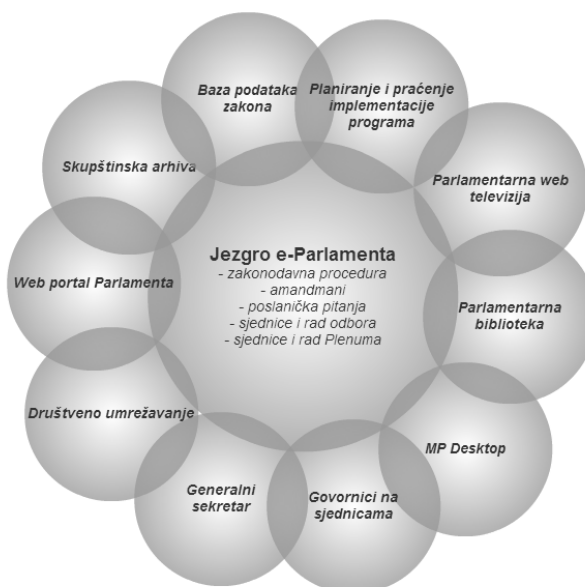
2. ZAKONODAVNI PROCES U SKUPŠTINI CRNE GORE

Komplikovani proces puta zakona od pisarnice Skupštine pa do Službenog lista Crne Gore, u najkraćem se može opisati kroz sledećih 10 tačaka:

1. Dostavljanje nacrtu zakona parlamentu od strane predlagača
2. Prosleđivanje nacrtu zakona nadležnim odborima (ukoliko su drugi odbori zainteresovani mogu razmatrati zakon i dostaviti svoje mišljenje matičnom odboru)
3. Matični odbor razmatra mišljenja dostavljena od drugih odbora i kreira izvještaj
4. Prosleđivanje izvještaja nadležnih odbora
5. Predlog zakona je otvoren za amandmane i o svakom amandmanu se posebno glasa
6. Glasanje zakona u načelu
7. Ukoliko je utvrđeno da je potrebno, zakon se može dodatno razmatrati na odborima.
8. Ukoliko su predloženi novi amandmani, poslanici glasaju o njima i o predlogu zakona u cjelini.
9. Ukoliko je zakon izglasan, dostavlja se predšedniku države koji može da ga odobri ili vrati Skupštini na ponovno razmatranje
10. Objavljivanje zakona u Službenom listu i njegovo stupanje na snagu

3. MODULI E-PARLAMENT SISTEMA

e - Parlament



Slika 1: E-parlament moduli

Jezgro e-Parlament sistema sastoji se od:

- Podrške zakonodavnom procesu
- Podrške radu i šednicama Skupštine
- Podrške radu i šednicama radnih tijela Skupštine
- Podrške za amandmane
- Podrške za poslanička pitanja
- Statistike šednica, stenograma, listinga glasanja i audio i video zapisa sjednica
- Objavljivanja dokumenata

Dodatni moduli e-parlamenta su sledeći:

- Internet portal koji omogućava javnosti da prati rad parlamenta
- Web televizija
- Parlamentarna biblioteka
- Baza podataka zakona
- Skupštinska arhiva
- Planiranje i praćenje implementacije program

- više parlamenata sada imaju sisteme za upravljanje plenarnim i dokumentima odbora;
- značajno poraslo dijeljenje informacije i saradnja na unapređenju tehnologije.

Jedan od primjera je i značajan napredak ka uspostavljanju međunarodnih parlamentarnih i zakonodavnih XML standarda.

Fokusirajući se na komunikacije, socijalne medije i pristup informacijama, implementacija e-Parlamenta podstiče građane da razgovaraju, razmijene ideje i predloge sa njihovim izabranim predstavnicima u Parlamentu.

Tokom proteklih nekoliko godina učinjeno je mnogo i u unapređenju ICT-a u Skupštine Crne Gore. Pored toga, svijest od potencijala e-Parlamenta rasla je polako među političkim donosiocima odluka. Tradicionalna papir - bazirana administracija radi relativno dobro, zbog čega je došlo do manje direktnih pritisaka da se čitav proces digitalizacije ubrza.

4. PREDNOSTI KORIŠĆENJA E-PARLAMENTA

Prema *World e-Parliament Report 2012* [1] i njihovim najnovijim istraživanjama, ostavaren je ne toliko veliki ali ipak značajan napredak u fukcionisanju parlamenata koji koriste e-Parlamenta u protekle dvije godine. Podaci ukazuju da je:

- više političkih lidera angažovano u postavljanju ciljeva i zadataka u ICT- u institucija;
- mobilni uređaji i aplikacije su usvojeni brže nego što se očekivalo;
- implementacija XML - a za upravljanje zapisima je porasla;

Troškovi mogu biti znatno smanjeni kroz standardizaciju rješenja, dok se u isto vreme poboljšava prilagođenost korisniku. Dakle, postoji veliki potencijal za smanjenje troškova. eParlament i optimizacija procesa rada ruku pod ruku čine važan doprinos smanjenju administrativnih opterećenja. Takođe, uvođenje eParlament sistema u Skupštini Crne Gore, će poboljšati i efikasnost nedavno uvedenog e-Government sistema, kao i pravnog informacionog sistema.

5. PROCESI U E-PARLAMENTU

- Zakonodavni proces
- Proces izrade zakona, interno odobravanje i dostavljanje akata
 - Iniciranje i nacrt-zakona
 - Šablon za izradu zakona
 - Informacije o verziji dokumenta
 - Saradnja i rad na zajedničkim dokumentima
 - Proces podnošenja amandmana
 - Proces podnošenja poslaničkih pitanja
- Parlamentarne sjednice
 - Agenda – podšetnik – dnevni red;
 - odluke,
 - zaključci;
 - listinzi glasanja
 - minutaža,
 - transkripti,
 - izveštaji, i sl.
- Sjednice radnih tijela
 - Agenda – podšetnik – dnevni red;
 - odluke,
 - zaključci;
 - listinzi glasanja
 - minutaža,
 - transkripti,
 - izveštaji, i sl.
- Objavljivanje dnevnog reda, zaključaka i izveštaja šednica na web portala kako bi bili na raspolaganju građanima
- Distribucija zakona i odluka do
 - internet portala
 - Službenog lista
- Strateško planiranje programa
- Odnos prema spoljnim subjektima
- Monitoring i izvještavanje
- eUčešće
- Interfejsi prema Vladi, Službeni list, a javna portal

U zakonodavnom procesu je neophodno omogućiti:

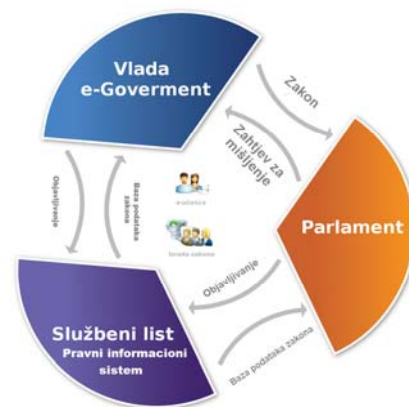
- Višejezičnu podršku
- Unošenje dokumenta u sistem skeniranjem i njegovo prepoznavanje na osnovu ranije definisanih formi
- Višekorisnički rad na istim dokumentom
- Pristup sadržajima od strane autorizovanih korisnika
- Informacije o aktuелnoj verziji dokumenta kao, uvid u sve načinjene promjene i obavještavanje uključenih u procesu o izmjenama (mailom, SMS-om ...)
- Automatsko generisanje dokumenata na osnovu unaprijed definisanih obrazaca
- Digitalni potpis
- Zaštitu podataka kriptovanjem
- Zaštita komunikacija kriptovanjem komunikacionih kanala

- Integritet podataka –garantovanje da u toku transfera nije došlo do promjene originalnih podataka
- Sigurni pristup sa daljine
- Pretraga dokumenata na osnovu njihovog sadržaja, grupe dokumenata kojoj pripadaju, korisnicima koji su radili na njima i sl.
- Korišćenje nekih od standarda za procesiranje dokumenata na različitim sistemima (npr. XML)
- Korišćenje sistema na mobilnim uređajima
- Praćenje i izvještavanje o efikasnosti
- Dozvolu građanima da aktivno učestvuju u procesu: komentarišu i predlažu

Navedeno omogućava upravljanje zakonodavnim dokumentima i ostalim informacijama i javnost može jednostavnije i preciznije dobiti informacije koje ih interesuju. Ovim se u velikoj mjeri olakšava razmjena i ponovno korišćenje dokumenata, povezivanje srodnih i dugoročni pristup.

6. POVEZANOST E-PARLAMENTA SA OSTALIM SISTEMIMA

U najvećem broju slučajeva inicijator predloga zakona u Skupštini Crne Gore je Vlada Crne Gore (oko 90 %), dok svi donijeti zakoni, da bi proizveli pravno dejstvo, moraju biti objavljeni u Službenom listu Crne Gore. Imajući ovo u vidu, neophodna je sprega e-parlament sistema, sa e-government i pravnim informacionim sistemom (oba sistema su već razvijena u Crnoj Gori).



7. SIGURNOST PODATAKA

Potrebno je obezbijediti elemente zaštite podataka na svim nivoima platforme IS-a, na hardverskom, mrežnom, na nivou korisnika, aplikativnom nivou i na nivou same baze podataka.

Sistem bi trebalo da obezbjeđuje automatizovani *backup* na dvije kopije gdje je svaka od kopija sačuvana na sigurnim mjestima koja se nalaze na različitim lokacijama.

8. ZAKLJUČAK

ICT je od suštinskog značaja za podršku rada zakonodavnih organa. Parlament mora da iskoristi prednosti informacionih tehnologija da bi efikasno funkcionisao, za interakciju sa građanima i sa drugim parlamentima.

Opšti cilj projekta je da se poboljša kvalitet i održivost parlamentarne demokratije u Crnoj Gori - pružajući zakonodavstvo sa parlamentarnim informacijama i stvaranju zakonodavnog sistema koji će poboljšati njegovu transparentnost, otvorenost, odgovornost i efikasnost u skladu sa međunarodnim smjernicama i praksom.

Poboljšanjem upravljanja informacijama u parlamentima, građanima se pruža jednostavan i efikasan pristup parlamentarnim radovima i aktivnostima. Sistem ima za cilj da osigura da je učešće građana:

- olakšano - omogućava građanima lakši pristup informacijama i kontrolu parlamentarne aktivnosti kroz pristup fonografskim zapisima svih debata u parlamentima; detaljima iz rasprava, listinzima glasanja.
 - prošireno - otvaranjem novih kanala komunikacije kako bi se podstaklo uključivanje ljudi koji nijesu u stanju da učestvuju tradicionalnim načinima kao što su sastanci, kroz političke partije itd. Kroz sistem imaju priliku da koriste nove tehnologije kako bi se čuli i njihovi stavovi.
 - produbljeno - povećanje veza između građana i parlamenata biće ojačana obezbeđivanjem alata koji povećavaju dijalog između građana i njihovih izabranih predstavnika o pitanjima koja ih se tiču.
- Sistem, takođe ima uticaj i na rad unutar Skupštine. Biće postignuto sledeće:
- efikasniji rad: efektivno organizovanje poslovanja u skladu sa demokratskim vrijednostima, i sprovođenje zakonodavne i nadzorne funkcije parlamenta na način koji služi potrebama cijele populacije;
 - povećanje odgovornosti: poslanici će biti više odgovorniji biračima za njihov rad i ponašanje u Skupštini;
 - smanjenje troškova poslovanja: najviše uštede će se ostvariti u štampi dokumenata;
 - sistem koji je dostupan svakom poslaniku, službeniku i građaninu 24 sata dnevno;
 - bolje iskorišćenje potencijala postojećih ulaganja u IT.

LITERATURA

- [1] World e-Parliament, "World e-Parliament Raport 2012", Maj 2012.
- [2] <http://ictparliament.org/>
- [3] <http://e-democracy.mk/>
- [4] <http://www.skupstina.me/>

PRIMJENA INFORMACIONO KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA ZA POBOLJŠANJE TRANSPARENTNOSTI RADA SKUPŠTINE CRNE GORE - UVOĐENJE PARLAMENTARNE TELEVIZIJE

USE OF INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGY TO IMPROVE THE TRANSPARENCY OF THE PARLIAMENT OF MONTENEGRO - THE INTRODUCTION TO PARLIAMENTARY TELEVISION

Mirko Milošević, Vuko Perišić, *Skupština Crne Gore*

Sadržaj: *U dobu savremenih informaciono komunikacionih tehnologija parlamenti imaju više mogućnosti nego ranije da se približe građanima i da ih direktno informišu o svom radu. Javnost rada, olakšana je između ostalog i uvođenjem parlamentarnih televizijskih kanala. U ovom radu je opisano uspostavljanje parlamentarne televizije u Skupštini Crne Gore.*

Abstract: *In the age of modern information communication technology parliaments have more options to reach out to citizens and to inform them directly about their work. Transparency work, facilitated also by introducing parliamentary television channel. This paper describes the establishment of a parliamentary television in the Parliament.*

1. UVOD

Prema istraživanjima sprovedenim preko Evropskog centra za istraživanje i dokumentaciju (ECPRD) [1], u Evropi mnogi parlamenti imaju interne televizije ili interne televizije i parlamentarne televizijske kanale, kao jedan od načina informisanja javnosti. Interna televizija podrazumijeva da se plenarne sjednice, kao i sjednice skupštinskih radnih tijela, snimaju profesionalnom opremom, a dobijeni materijal se stavlja na raspolaganje svim učesnicima zakonodavnog procesa (poslanicama, poslaničkim klubovima, političkim partijama, javnosti...). Parlamentarni televizijski kanali su posebni televizijski programi čiji je sadržaj isključivo vezan za parlamentarne aktivnosti. Emituju se na posebnim frekvencijama, bilo da sa njima rukovode parlamenti, ili pak da ih uređuju javni radio-televizijski servisi.

Prvi korak, ka stvaranju uslova za uvođenje parlamentarne televizije u Skupštini Crne Gore, podrazumijevalo je kompletno opremanje audio-video tehnikom plenarne skupštinske sale. Ovaj projekat je uspješno završen i sistem je stavljen u funkciju 03.marta 2010 godine, kada je po prvi put Skupština emitovala TV signal sjednice parlamenta sopstvenim kapacitetima. Projekat opremanja plenarne sale, između ostalog, podrazumijevao je implementaciju tri podsistema: konferencijskog, audio i video sistema.

Osim, plenarne sale radi kopletnosti uspostavljanja parlamentarne televizije, neophodno je i ostale skupštinske sale i salone koji služe za održavanje sastanaka radnih tijela opremiti na gotovo indentičan način.

2. KONFERENCIJSKI SISTEM

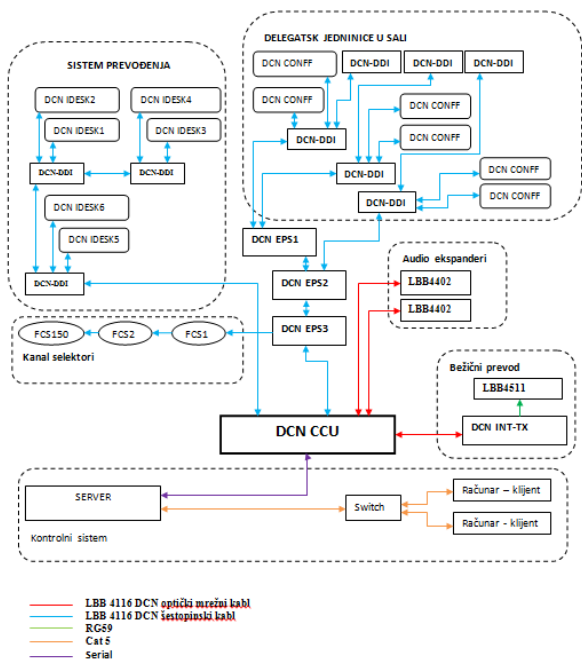
Šema konferencijskog sistema plenarne sale je prikazana na slici 1. Glavna komponenta sistema je Bosch DCN CCU koji je zbog predimenzionisanosti morao biti nadograđen sa dva audio ekspandera LBB4402 koji su omogućili dodatne ulazno / izlazne kanale. Predimenzionisanost je zahtijevala i dodatno napajanje, koje se realizovalo pomoću tri DCN-EPS (Extension Power Supply). Da bi CCU komunicirao sa delegatskim pultom on mora biti povezan LBB 4116 kablom sa DCN-DDI Dual delegate interface (jedan izlaz sa DCN-EPS-a preko jednog DCN DDI-a komunicira sa dva delegatska mjesta).

Svako delegatsko mjesto posjeduje DCN – FMIC (ženski adapter za mikrofon), DCN-MICS (montažni mikrofon kratkog / dugog vrata), DCN-FPRIOB (taster za prijavu diskusije), DCN-FLSP (ugradni zvučnik), DCN-FCS (kanal selektora koji omogućava slušanje odgovarajućeg prevoda), DCN-FVCRD (panel za glasanje i indentifikaciju - tasteri za, uzdržan, protiv kao i slot za smart card). Predsjedavajuća jedinica DCN-CONFF se razlikuje od delegatskih jer ima kontrolu cijelog sistema u slučaju pada kontrolnog sistema.

Sistem za prevođenje DCN-IDESK je preko DCN DDI povezan na DCN-CCU. Broj DCN-IDESK konzola se može povećati do tridesetdva. Ovaj modul omogućava da svaki prevodioc može da čuje floor kao i ostale prevodioce. Kanal selectori DCN FCS su ugrađeni u svakom delegatskom mjestu, novinarskoj loži kao i mjestima predviđenim za službu Skupštine.

Mjesta za goste u sali ne posjeduju opremu tako da u slučaju potrebe za prevodom gosti mogu koristiti prijemnike LBB4540 koji primaju infra crveni signal koji zrači IC Radiator LBB4511 na čiji ulaz se dovodi signal DCN-INT-

TX koji je optikom povezan sa DCN-CCU koja prosljeđuje sve audio stimove.

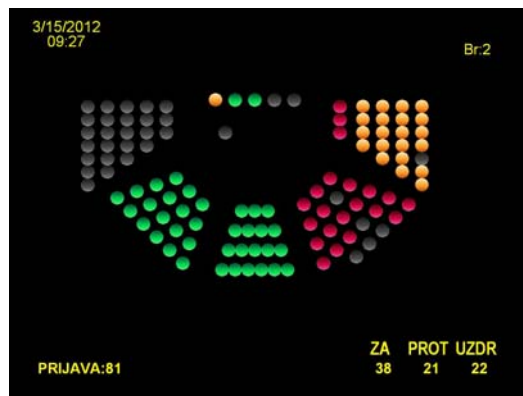


Slika1. Konferencijski sistem

Softverska kontrola konferencijskog sistema je omogućena tako što je server serijskom vezom povezan na DCN-CCU dok aplikacija kojom server kontroliše konferencijski sistem omogućava klijentima da preuzmu određene funkcije nad sistemom. Klijentski računari su preko LAN mreže povezani sa serverom.

Jedan od klijenata je računar za predsjedavajućim stolom koji kontroliše po potrebi aktivnost mikrofona i trajanje vremena predviđenog za različite vrste diskusije. Operater je klijent koji preuzima funkciju servera tj. ima potpunu kontrolu nad konferencijskim sistemom. Pored navedenih kontrola mikrofona i trajanja diskusija, operater ima mogućnost da vrši izmjenu nad bazom podataka u kojoj se nalaze informacije o imenu, prezimenu, broju mjesta, broju kartice, mogućnošću glasanja itd... Poseban softver omogućava operateru uvid u prisutnost delegata u sali.

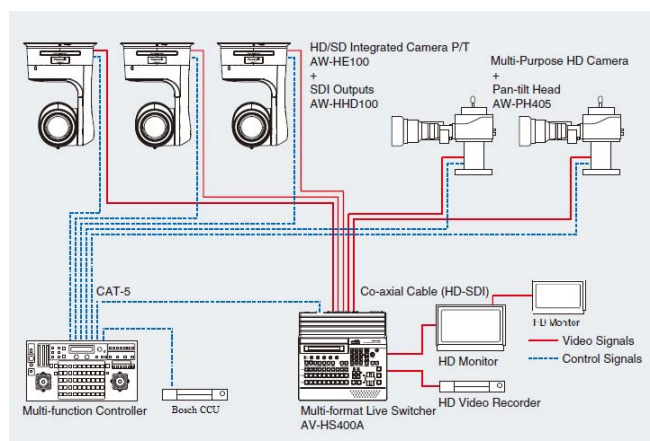
Glasanje takođe kontroliše operater putem softvera koji mu omogućava kreiranje listinga po završenju glasanja. Glasanje nije moguće bez ID kartice što potvrđuje identitet delegata. Kao dodatna mjera zaštite je i nemogućnost glasanja mimo delegatskih mjesta određenih za glasanje (na pr. mjesta predviđena za članove Vlade). Prisutni u sali, kao i u novinarskoj loži na ekranima mogu vidjeti razne grafičke prikaze (na pr: naziv vaške dnevnog reda, ime i prezime govornika, preostalo vrijeme za diskusiju, prijavljene delegate za diskusiju i repliku, vizuelni prikaz glasanja po sjedalnom mjestu i sl). Zahvaljujući vizuelnom prikazu glasanja po sjedalnom mjestu, čiji primjer je prikazan na slici 2, po prvi put je obezbijedena potpuna transparentnost glasanja. Svi grafički prikazi su dostupni i video sistemu za dalju distribuciju.



Slika 2. Vizuelni prikaz glasanja

3. VIDEO SISTEM

Plenarna sala je opremljena sa 3 kamere Panasonic AW-HE100 (3x1/3 inča 16:9, SD/HD formata sa integrisanim lensom od 13x zoom, 4,2-55mm) i 2 kamere (3x2/3 inča 16:9, SD/HD formata sa 17x zoom lensom 9-153 mm) [3]. HD SDI signal sa njih je povezan sa Panasonic video mikserom AW-HS400A koji radi u HD modu. Na video mikser su priključena dva monitora, od kojih jedan prikazuje sve prisutne video signale preko multiviewer-a dok drugi prikazuje kameru nad kojom se vrše korekcije. Povezivanje uređaja video sistema je prikazana na slici 3.



Slika 3. Video sistem

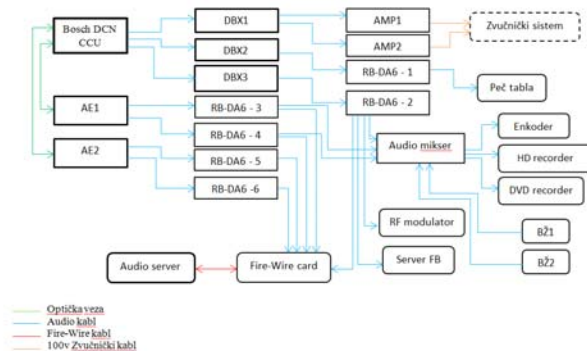
Kamere omogućavaju kofigurisanje pozicija tako da je u cilju automatizacije sistema njihova remote konzola povezana (RS-485) sa video mikserom [3] i Bosch DCN-CCU konferencijskim sistemom. Komunikacija sa Bosch DCN-CCU prosljeđuje informacije o aktivnosti mikrofona prema remote konzoli koja za svaki mikrofona ima predefinisane pozicije za dvije kamere tj. u trenutku aktiviranja mikrofona, dvije kamere se pozicioniraju na govornika, osim ukoliko je jedna od kamere već umiksana na programskoj šini video miksera. Ovu informaciju remote konzola dobija preko TALLY izlaza na video mikseru. Na remote konzoli moguće je ručno kontrolisati i pozicionirati kamere. Video signal na izlazu iz miksera je HD ali je morao biti konvertovan na SD SDI signal jer sve televizijske kuće na prostoru Crne Gore emituju SD signal.

Izlaz koji se dobije u takozvanom Letterbox formatu dalje se prosleđuje na SDI SD distribuciju, konvertor SD SDI na Composite i na kompozitnu distribuciju. Za potrebe novinarskih ekipa kompozitni video i analogni audio signal izveden je do novinarske lože kako bi ekipe sopstvenim uređajima mogle snimiti materijal.

Snimanje se vrši preko Panasonic P2HD rekordera direktno sa PGM šine video miksera pored kojeg je povezn i audio signal sa audio miksera. Jedinica snima na PCIMCI karticama kapaciteta po 32GB [3]. Snimak nižeg kvaliteta dobija se preko DVD recordera koji za ulaz ima analogni video i analogni audio.

4. AUDIO SISTEM

Ton govornika iz sale preuzima se sa konferencijskog sistema koji posjeduje 116 mikrofona. Kao što je prikazano na slici 4, signal se pomoću audio ekspandera eksportuje iz konferencijskog sistema u analogni audio koji se prosljeđuje na DBX procesore koji imaju funkciju eliminatora mikrofonijske, kompresovanja zvuka, dodatnog kašnjenja da bi audio signal bio sinhronizovan sa video signalom. Pored mikrofona u sali sistem posjeduje šest prevodilačkih pultova koji su povezani ka konferencijski sistem. Ovakav signal treba prosljediti na više uređaja, a u tu svrhu se koriste audio distribucije (SONIFEX RB-DA6).



Slika 4. Audio system

Iz distribucija signal se dalje prosljeđuje do enkodera, audio miksera, snimača, striminga, modulatora, pojačala. Svi uređaji osim pojačala koriste stereo signal od kojih je lijevi kanal floor dok je na desnom kanalu prosljeđen prevod. U slučaju da nema prevoda na desnom kanalu je prisutan floor signal. Osim osnovnog tona i tona prevoda na audio mikseru povezana su dva bežična mikrofona.

Za snimanje tona koristi se audio server. Audio server je računar specijalne namjene za snimanje pojedinih kanala zvuka. Softver za multitrack snimanje je Cubase koji omogućava snimanje svakog kanala posebno. Tonovi se preko audio konvertora iz analognog pretvaraju u digitalni signal i putem "firewire" šalje na audio server. Analogni audio signal sa audio distribucija je prosljeđen i posebnom sistemu za izradu fonografskih bilješki.

Za dodatno ozvučavanje plenarne sale se koriste dva četvorokanalna audio pojačala. Prvi kanal pojačala AMP 1

koristi se za centralni zvučnik, a drugi kanal AMP 1 za lijevi i desni zvučnik centralnog klastera u sali. Ova dva izlazna kanala podešena su na 8 ohm. Prvi kanal pojačala AMP 2 koristi se za 'Press' sobu i za novinarsku ložu. Drugi kanal pojačala AMP 2 koristi se za komentatorske kabine javnog servisa. Treći kanal pojačala AMP 2 koristi se za proctor stručne službe Skupštine.

5. TRANSPORT SIGNALA DO KRAJNJEG KORISNIKA

Korisnici tj. gledaoci su u mogućnosti da prate zasijedanja Skupštine na dva načina:

- Emitovanje putem terestrijalne televizije
- Emitovanje internet streaming

Pored sopstvene video arhive zasijedanja, kojoj je moguće pristupiti isključivo preko lokalne računarske mreže Skupštine, počev od 25 saziva Skupštine Crne Gore arhiva široj javnosti je dostupna otvaranjem youtube kanala.

5.1. EMITOVANJE PUTEM TERESTRIJALNE TELEVIZIJE

Enkoder obavlja funkciju digitalizacije ulaznog A/V signala, kompresije signala po MPEG2 standardu, kao i generisanje IP (UDP) saobraćaja koji prenosi kompresovani A/V signal [4].

Realizacija digitalne radio relejne veze vrši se upotrebom opreme proizvođača Nera Networks, i to uređaj Evolution XPAND. Oprema radi u opsegu od 23 GHz, koristeći kanal širine 14 MHz, a ukupan kapacitet saobraćaja je 40 Mbps [5].

Radio terminali služe za prenos isključivo ethernet saobraćaja, a konfigurisani su za rad u režimu tzv. „vruće rezerve“ (hot standby), tako da svaki terminal poseduje po dva radio primopredajnika, čime se povećava pouzdanost sistema.

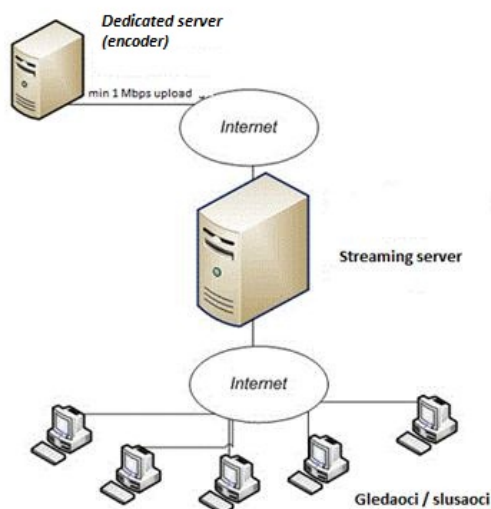
Lokacija RTV Dom je zgrada Radio televizije Crne Gore tako da TVCG preuzima signal sa dekodera sa ASI interfejsom i dekodira ga na sopstvenim prijemnicima i dalje emituje na sopstvenom kanalu. U okviru iste zgrade nalazi se i sjedište Radio Difuznog Centra Crne Gore (RDC) koje je čvorište većine televizija koje u inverznom smjeru dobijaju signal plenarnih zasijedanja.

Kako je strim multikast on je preko mreže RDC-a prisutan na svim predajnim lokacijama. Projektom pokrivanja Crne Gore digitalnim signalom u DVB-T2 standardu, prelazak sa analogne na digitalnu televiziju u tehničkom smislu omogućio bi Skupštini Crne Gore samostalno emitovanje parlamentarnog kanala.

5.2. EMITOVANJE INTERNET STREAMING

Internet video streaming je izuzetno atraktivna Internet tehnologija koja ukida ograničenje gledanosti. Direktni prenos skupštinskih zasijedanja na Internetu imaju za cilj

povećanje nivoa otvorenosti i vidljivosti Skupštine Crne Gore u javnosti. Postignutim kvalitetom servisa, medijima i zainteresovanima van Crne Gore pruža se prilika za praćenje aktivnosti parlamenta.



Slika 5. Live streaming

Dedicated server (slika 5) ima stalnu vezu sa Internetom od 1 Mbps upload-a, kako bi se ostvarila neprekidna konekcija sa zakupljenim serverom za video stream, dok je video encoderom obezbeđeno prilagovanje i prenos video signala.

6. ZAKLJUČAK

Opisanim sistemom, Skupština Crne Gore je dobila plenarnu salu opremljenu najsavremenijom audio-video tehnikom, što je značajno doprijenjelo poboljšanju transparentnosti rada Parlament (samostalni TV prenosi,

potpuna javnost glasanja kroz grafički prikaz, dostupnost listinga glasanja, i sl.). Skupštinski TV signal, je preko Radio difuznog centra Crne Gore, dostupan svim zainteresovanim TV kućama koje imaju tehničke kapacitete za to, dok je ostalim TV kućama omogućeno da vrše snimanje (preuzimanje) u novinarskoj loži Skupštine.

Uspostavljanjem sličnih sistema u preostalim salama i salonima, osim samih plenarnih zasijedanja veća transparentnost će se postići i u ostalim djelovima zakonodavnog procesa – radu radnih tijela i komisija.

Napokon, projektom digitalizacije radio-difuznog segmenta u Crnoj Gori, stvoriti će se uslovi da signal bude dostupan svim građanima čiji predstavnici sjede u Parlamentu.

LITERATURA

- [1] Upiti Evropskog centra za istraživanje i dokumentaciju (ECPRD) (br. 862/07, 920/08, 1256/09) <https://ecprd.secure.europarl.europa.eu/>
- [2] www.boschsecurity.us (DCN Conference solutions)
- [3] www.panasonic.com (Panasonic aw-he100, Panasonic AW-HE870 HD Video Camera System , Why P2 HD)
- [4] W.Fischer, Digital Video and Audio Broadcasting Technology, 2010 god.
- [5] www.neratelecom.com (XPAND IP)

PREDLOZI DOPUNA ZAKONSKE REGULATIVE U OBLASTI ELEKTRONSKOG KANCELARIJSKOG POSLOVANJA SUGGESTIONS FOR THE AMENDMENTS OF THE LEGISLATION OF THE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT

Milica Gogić, IT Advanced Services doo, Member of Čikom group

Sadržaj: *Procesu uvođenja e-servisa (e-trgovine, e-obrazovanja, e-uprave) prethodi uvođenje elektronskog poslovanja unutar samih organizacija, u prvom redu elektronskog poslovanja administracije. Elektronsko kancelarijsko poslovanje je neminovnost svih organizacija, kako državnih tako i subjekata iz privatnog sektora, koja će u bliskom trenutku u budućnosti morati da zaživi i u potpunosti zameni kancelarijsko poslovanje papirnom dokumentacijom. Elektronsko kancelarijsko poslovanje nosi sa sobom benefite, ali i veliki broj rizika. U radu je obrađen jedan broj pojmova i procesa koje aktuelna zakonska regulativa Crne Gore ne obuhvata ili nedovoljno precizno reguliše što za posledicu može imati neregularnosti u radu ili čak nemogućnost obrade predmeta.*

Abstract: *Process of introducing e-services (e-commerce, e-education, e-government) is preceded by introduction of electronic management within the organization themselves, primarily electronic business administration. Electronic document management is a necessity for every organization, both public and private sector entities, which, in the near future, will have to take a root and replace the paper work documentation completely. Electronic document management bring us benefits but carries a risks as well. The paper discusses a number of concepts and processes of which current legislation of Montenegro does not include or does not define precisely enough what may result in irregularities in the work or even the inability to process the case.*

1. UVOD

Donošenjem zakona o elektronskom dokumentu i elektronskom potpisu ostvaren je prvi preduslov za implementaciju mnogobrojnih e-servisa, e-Trgovine, e-Obrazovanja, e-Uprave. Da bi e-Uprava dostigla nivo na kome građani postaju njeni korisnici i u tom smislu ostvaruju benefite, neophodno je prvo uspešno implementirati elektronsko poslovanje unutar državnih organa u prvom redu elektronsko poslovanje administracije. Elektronsko kancelarijsko poslovanje je dakle neminovnost svih organizacija (kako državnih tako i subjekata iz privatnog sektora) koja će u bliskom trenutku u budućnosti morati da zaživi i u potpunosti zameni kancelarijsko poslovanje papirnom dokumentacijom.

Elektronsko kancelarijsko poslovanje donosi sa sobom olakšice kao što su: brža pretraga predmeta, bolje i kvalitetnije izveštavanje, mogućnost uvida u obradu predmeta od strane svih zainteresovanih strana, brža obrada, lakša komunikacija i slično. Međutim, donosi i nove rizike od neusaglašenosti i neregularnosti u radu. Uredba o kancelarijskom poslovanju najjači je alat za standardizaciju radnih procesa u ovoj oblasti i mora precizno definisati svaki korak u procesu elektronske obrade predmeta. Međutim, aktuelna zakonska regulativa Crne Gore nije sveobuhvatna ni dovoljno precizna, postoji dosta pojmova i radnih procesa u elektronskoj obradi predmeta koje uredba i uputstvo ne pominju ili dovoljno detaljno ne definišu. U radu su obrađeni neki od tih aspekata kojima se svakako treba detaljnije pozabaviti u sledećoj implementaciji izmena i dopuna zakonske regulative ove oblasti.

2. AKTUELNA ZAKONSKA REGULATIVA KANCELARIJSKOG POSLOVANJA

Osnovu zakonske regulative kancelarijskog poslovanja čini Uredba o kancelarijskom poslovanju i Uputstvo o njenom izvršavanju. Po potrebi, pojedinačno organizacije mogu doneti sopstvene pravilnike koji regulišu specifičnosti u sopstvenom kancelarijskom poslovanju. Sadašnja Uredba o kancelarijskom poslovanju u osnovi datira još iz vremena SFRJ (1987. godine), a u nešto izmenjenom obliku Uputstvo je objavljeno u službenom listu RCG 13. januara 1993. i još uvek je važeće. Naime, sve zemlje u regionu (nekadašnje članice SFRJ) još uvek u osnovi regulative imaju istu uredbu, ali su manje ili više izmenile uredbu i prilagodile je svojim potrebama. Najdalje je svakako otišla Slovenija čiji kompeltan državni aparat od 2008. godine poštuje novu uredbu kancelarijskom poslovanju a koja u potpunosti pokriva i poslovne procese elektronskog kancelarijskog poslovanja. Osim ove uredbe i njenog uputstva, Slovenija ima još nekoliko dokumenata koji se tiču ove materije, Pravilnik o vođenju evidencije o upravnom postupku, Pravilnik o određivanju rokova čuvanja registraturskog materijala, Pravilnik o stručnom ispitu iz kancelarijskog poslovanja.

Aktuelna uredba o kancelarijskom poslovanju Republike Crne Gore doneta u oktobru 2011., u svom 2. članu kaže "Kancelarijsko poslovanje može se vršiti u elektronskom obliku, odnosno u informacionom sistemu za elektronsko upravljanje dokumentima, u skladu sa zakonom i ovom uredbom". Kako zakon omogućava vođenje evidencije o procesu obrade predmeta isključivo pomoću informacionih sistema, bez obaveze paralelnog vođenja knjiga neophodno je da se takvo poslovanje uredi zakonom na način da eliminiše

sve nedoumice i aspekte koji mogu rezultirati nepravilnostima u radu. Međutim, u aktuelnoj zakonskoj regulativi Crne Gore neki pojmovi i procesi elektronskog kancelarijskog poslovanja nisu uopšte obrađeni a neki nisu dovoljno precizirani. Te sporne tačke regulative obrađene su u ovom radu, dati su predlozi za dopunu uredbe i u uputstva, koje bi olakšale uvođenje informacionih sistema i doprinele standardizaciji elektronskog kancelarijskog poslovanja u državnim organima. Sve tačke u ovom radu obrađene su iz ugla informatičara, implemtatora i vođe projekata, ali ne i iz ugla pravnika koji treba konačno da formulišu predloge za izmenu regulative.

3. SPORNE TAČKE AKTUELNE ZAKONSKE REGULATIVE

3.1. ZVANIČNA E-MAIL KOMUNIKACIJA, PRAVILNO KORIŠĆENJE E-MAILA I INTERNETA

U novom kontekstu elektronskog kancelarijskog poslovanja e-mail komunikacija dobija veću pravnu težinu. Iz tog razloga, neophodno je zakonski regulisati ovaj način razmene informacija.

- Državni službenici ne smeju koristiti zvanične e-mail adrese za privatnu komunikaciju. Pristup internetu za privatne potrebe treba ograničiti na onu meru u kojoj neće ugroziti normalne radne procese.
- Računarsku opremu i poštansko sandučće treba standardizovati te dati preporuke da se podešavanja samostalno i bez nadzora odgovornih službnika ne menjaju.
- Kopiranje podataka sa servera na radnu stanicu, preusmeravanje pošte na drugu e-mail adresu, provera e-maila od strane treće osobe, razmena bilo kakvih podataka koji su u posedu državne uprave mora biti strogo kontrolisana i regulisana posebnim propisima koji se odnose na prenos, čuvanje i obradu informacija.
- Tipovi e-mail poruka. Treba odrediti različite tipove e-mail poruka koje se na osnovu toga u sistemu tretiraju na poseban način. Pozivnice, zvanična obaveštenja, zahtevi, aplikacije i slično moraju imati standardizovane formate. Takođe se moraju standardizovati formati priloga e-mail poruka. Na osnovu ove podele odlučuje se šta se zavodi u sistem pod posebnim brojem (formira se predmet na osnovu koga organ započinje postupak) a šta se tretira kao elektronska pošta.
- Treba ustanoviti pravila po kojima se određuje koliko se koja vrsta e-mail poruke čuva u sistemu. E-mail se čuva u originalnom obliku zajedno sa vremenom pristizanja.
- Postupak u slučaju nemogućnosti prijema ili čitanja podneska. U slučaju da na zvaničnu e-mail adresu pristigne nečitiljiva e-mail poruka ili je neki od njenih delova nemoguće pročitati, obaveza je primaoca da o tome uredno obavesti pošiljaoca. U obaveštenju treba napisati i preporuke formata koji se koriste u zvaničnoj komunikaciji. Ovaj tip obaveštenja treba standardizovati u smislu procesa i formata.

- Provera valjanosti sertifikata. Svaka zvanična e-mail poruka koja se evidentira u sistemu mora proći proveru valjanosti elektronskog potpisa.

3.2. PRIJEM PRIJAVA I APLIKACIJA

Kada informacioni sistema za elektronsko poslovanje dostigne 3. nivoa razvoja (dvosmerna interakcija, popunjavanje obrazaca preko interneta koje uključuje autentikaciju) omogućava se građanima da podnose elektronske aplikacije i prijave i na taj način pokreću postupak. Ovaj proces mora zadovoljiti barem sledeće uslove:

- Radi automatizacije procesa forme za unos i skup obaveznih podataka elektronske prijave i aplikacije moraju sadržati iste podatke kao i forme za unos istih u informacioni sistem. Stoga uputstvo treba da propiše njihov izgled odnosno sadržaj.
- Osim podataka o samoj prijavi ili aplikaciji, elektronska forma za unos mora sadržati polja za unos ličnih podataka i kontakt podataka: e-mail adrese na koju se šalje potvrda prijema, adresa boravišta, broj telefona. Zaštitu od zoupotrebe ovih podataka treba da garantuje Zakon o zaštiti ličnih podataka.
- Prijava ili aplikacija u elektronskoj formi moraju biti elektronski potpisane.
- Sistem treba da obezbedi potvrdu prijema elektronske aplikacije ili prijave stranci koja je podnela.
- U slučaju izostanka elektronskog potpisa ili bilo kojeg drugog podatka koji je propisan kao obavezan, eventualnog neispravnog digitalnog potpisa i sličnih nepovoljnih događaja, zahtev ne može biti prihvaćen a stranka podnosilac zahteva se o tome treba obavestiti.
- U slučaju nenadležnosti, elektronsku prijavu treba prihvatiti a stranku obavestiti o nenadležnosti organa kojem je podnela prijavu.

3.3. ELEKTRONSKA DOSTAVNICA, POTVRDA PRIJEMA ELEKTRONSKOG DOKUMENTA

U slučaju otpreme elektronskog dokumenta koji zahteva potvrdu prijema (što je u kancelarijskom poslovanju potpisivanje dostavnice), uz dokument treba poslati i elektronsku dostavnicu odnosno zahtev za potvrdu prijema. Forma dostavnice treba biti unificirana a povratna informacija od strane primaoca mora imati validan elektronski potpis. Proces otpreme, prijema i potvrde prijema treba sprovoditi u skladu sa Zakonom o elektronskom dokumentu, članovi 16, 17 i 18 a formu dostavnice treba zadati uputstvom.

3.4. FORMAT BROJA PREDMETA U INFORMACIONOM SISTEMU.

Dosadašnji način vođenja knjiga nije ostavljao prostor za nedoumice u ovoj oblasti – broj koji je predmet dobijao bio je jednostavno sledeći slobodni broj u knjizi u koju je predmet bio raspoređen, uz njega se pridružuje šifra klasifikacije po sadržini i šifra organa kome je predmet upućen. U informacionom sistemu, knjige nisu fizički odvojene tako da predmet može dobiti prvi sledeći slobodan broj u okviru bilo koje klasifikacije u koju je svrstan (prvi sledeći po sadržini,

po tipu, po organu u koji je raspoređen ili službeniku kome je upućen) što ostavlja prostor za individualno tumačenje. Stoga format broja koji predmet dobija u informacionom sistemu treba zadati eksplicitno u okviru uputstva te da sve organizacije koje su u obavezi da poštuju uputstvo imaju unificiranu formulu po kojoj se brojevi dodeljuju. Kada se broj koji predmet dobija unificira na nivou svih državnih organa, tada je informacija koju broj predmet nosi čitljiva svima koji dolaze u dodir sa predmetom u ma kojoj internoj ili eksternoj organizaciji predmet nastao.

3.5. OBAVEZE SLUŽBENIKA U PROCESU EVIDENCIJE OBRADJE PREDMETA.

Ovo je jedna od konceptualnih razlika elektronskog kancelarijskog poslovanja u odnosu na dosadašnji način rada. Naime, do sada su referenti obrađivali predmete a evidenciju o obradi radili su isključivo službenici pisarnice. Sada se stvari menjaju, pa i sami referenti kada prihvate predmet u informacionom sistemu, beleže trenutak prihvata, datume i načine rešavanja, upite za potvrđivanje odluke od strane nadređenog menadžera, primedbe o nepotpunosti dokumentacije i slično. Konačno, kada završe rad na predmetu, referenti traže otpremu ili arhiviranje predmeta odnosno sami otpremaju predmet iz svoje kancelarije (nadležnosti). Za svaku aktivnost na predmetu treba ubeležiti u sistem njen naziv i tačno vreme kada je urađena kao i ko je sproveo. Informacioni sistem treba projektovati tako da predvidi obavezu službenika koji rade na obradi predmeta da unose pomenute podatke, međutim zakonska regulativa treba da obaveže službenike da unose potrebne podatke i da im da smernice na koji način da rade evidenciju. Kako svaki službenik pre započetog rada na sistemu mora izvršiti prijavljivanje (autentifikaciju), to sistem sam pamti ko je kada koju aktivnost sproveo. I ostale radnje su relativno automatizovane, dakle, službenici koji obrađuju predmet neće biti značajno dodatno opterećeni u radu.

Uredba treba službenicima da zada obavezu i dodeli prava i odgovornosti u procesu evidencije obrade predmeta na kojima rade.

3.6. OBUKA DRŽAVNIH SLUŽBENIKA.

Svi državni službenici treba da poznaju kako kancelarijsko poslovanje tako i elektronsko kancelarijsko poslovanje. Čak i u slučaju savršene zakonske regulative koja obrađuje sve slučajeve i aspekte elektronskog kancelarijskog poslovanja, sistem neće funkcionisati ispravno niti će biti moguće iz njega dobiti kvalitetne podatke ako službenici koji ga koriste nisu obučeni za njegovo korišćenje. Zato je ovo jedan od najbitnijih aspekata uspešnosti prelaska na elektronsko kancelarijsko poslovanje te se preporučuje obaveza testiranja znanja iz ove oblasti u okviru državnog ispita.

3.7. IZMENA IZGLEDA IZVEŠTAJA PROPISANIH UPUTSTVOM.

Jedan od osnovnih benefita u radu sa informacionim sistemom jeste praktično neograničen broj izveštaja koji se u svakom trenutku i bez velikog napora mogu dobiti iz

sistema pod uslovom da se evidencija rada sprovodila u skladu sa propisima. Uputstvom o kancelarijskom poslovanju propisani su između ostalih i izveštaji na polugodišnjem nivou ili tromesečnom nivou. Ove obrasce treba revidirati, u nekom novom obliku sačuvati i svakako omogućiti njihovu izradu i bez ograničenja na period od 3 ili 6 meseci. Osim toga, treba obezbediti starešinama organa da u svakom trenutku mogu da dobiju specifične izveštaje i prilagođene njihovim potrebama.

3.8. POJAM KOPIJE I OVERENE KOPIJE U ELEKTRONSKOM KANCELARIJSKOM POSLOVANJU.

Elektronski dokument ne može imati kopiju u elektronskoj formi. Papirna kopija elektronskog dokumenta je njegova papirna predstava overena od strane ovlašćenih organa. To je još jedan od razloga za dodatnu opreznost pri transakcijama elektronskih dokumenata, obrađuju se uvek i samo originalna dokumenta. Ove pojmove treba precizno definisati uredbom.

3.9. PRAVLJENJE REZERVNIH KOPIJA BAZE PODATAKA – BACKUP SISTEMA.

Preporuka je da se rezervne kopije svih podataka iz sistema i elektronske arhive moraju praviti redovno, tako da se u svakom trenutku može izvršiti oporavak sistema sa stanjem ne starijim od 24 sata.

3.10. POSTUPANJE U SLUČAJU NEDOSTUPNOSTI INFORMACIONOG SISTEMA.

Nestanak električne energije ili pad sistema iz drugih razloga mogli bi prouzrokovati potpuni zastoj u funkcionisanju organizacije. Da bi se obezbedio kontinuitet minimuma radnih procesa i nesmetan rad pisarnice koja radi sa građanima i vrši prijem predmete od stranaka, potrebno je obezbediti privremenu evidenciju na lokalnom računaru koji ima samostalno rezervno napajanje. Nakadno, unešene podatke treba importovati u sistem. Ovaj rizik moguće je umanjiti još i obezbeđivanjem agregata za slučaj nestabilnosti napajanja i namenskim projektovanjem informacionog sistema tako da ima visok nivo funkcionalne dostupnosti i pouzdanosti koja se postiže korišćenjem adekvatne mrežne infrastrukture i sistemskih servisa. Zbog čestih izmena i kontinuiranog napretka tehnologija, za ovu oblast DMS sistema teško je dati konkretne preporuke koje bi bile sadržane u samoj uredbi ili uputstvu. Međutim, moguće je obavezati organizacije da poštuju pravilnike ili preporuke koje ministarstvo nadležno za informacione tehnologije treba da izdaje periodično i propisati mere ukoliko se preporuke i propisi ne poštuju.

3.11. ARHIVIRANJE, IZLUČIVANJE I UNIŠTAVANJE PREDMETA.

Elektronska dokumenta čuvaju se onoliko vremena koliko je to pravilnikom o registraturnom materijalu predviđeno. U svakom trenutku tog vremenskog perioda, elektronska arhiva mora biti dostupna korisnicima koji imaju prava pristupa arhiviranim dokumentima. Elektronska arhiva formira se i

čuva u skladu sa Zakonom o elektronskom dokumentu, član 21. Oprema za skladištenje podataka na kojoj se fizički nalaze upisana elektronska dokumenta mora se nalaziti u prostoriji koja je zaštišena od vlage, ekstremnih temperatura i fizičkog oštećenja.

Izlučivanje materijala u elektronskom kancelarijskom poslovanju znatno je olakšano ako se pri izradi sistema rok čuvanja dokumenta predvidi kao obavezni podatak. Izveštaji o izlučivanju u tom slučaju izrađuju se na jednostavan i lak način a konretan proces izlučivanja svodi se na selekciju pojedinačnih predmeta iz baze sistema a na osnovu predefinisnog upita, i njihovo izmeštanje na poseban elektronski medij.

Uništavanje elektronskih dokumenata takođe je daleko jednostavniji proces nego u dosadašnjem radu sa papirnom dokumentacijom, zapravo se svodi na jednostavno trajno brisanje podataka sa servera po unapred utvrđenom kriterijumu. Treba razmotriti mogućnost uvođenja prelazne varijante: pre trajnog brisanja elektronskog dokumenta, uvesti period u kome se čuvaju samo metapodaci o dokumentu (datum nastanka, podaci o podnosiocu i sadržaju).

Uredba treba da definiše proces arhiviranja, izlučivanja i trajnog brisanja elektronskih dokumenata, dajući pri tome rokove čuvanja, preporuke za način čuvanja, prava pristupa i slično.

4. ZAKLJUČAK

Još je aspekata prelaska na elektronsko kancelarijsko poslovanje koji nisu obrađeni a koje svakako treba imati u vidu pri izradi izmena uredbe i uputstva:

- pečat u smislu elektronskog kancelarijskog poslovanja
- prijem pošte koja je označena visokim stepenom tajnosti
- prijem predmeta koji podleže plaćanju administrativnih taksi

- preporuke za stadardizaciju formata fajlova koje sistem koristi
- preporučena hardverska konfiguracija koja obezbeđuje siguran pristup i sigurno skladištenje podataka
- preporuke za obavezne funkcionalne zahteve budućeg document management sistema
- otvorenost ka integraciji sa drugim informacionim sistemima i kojim
- sigurnost dostave podataka na eelektronskim medijumima

Sporni momenti zakonske regulative elektronskog kancelarijskog poslovanja u ovom radu obrađeni su iz ugla informatičara sa iskustvom u implemetaciji sličnih sistema i treba da posluže kao osnova za detaljnu analizu timu koji radi na izradi izmena i dopuna Uredbe o kancelarijskom posovanju i njenog uputstva. Konačne predloge za izmenu i dopunu zakonske regulative treba da sastavi tim pravnika u saradnji sa konslutantima iz oblasti impelemtacije sličnih informatičkih rešenja (informatičarima, hardverskim i softverskim stručnjacima sa dobrim poznavanjem kancelarijskog poslovanja).

LITERATURA

- [1] Vlada Republike Crne Gore, "Uredba o kancelarijskom poslovanju organa državne uprave", Službeni list CG", Podgorica, oktobar 2011.
- [2] Vlada Republike Hrvatske, "Uredba o uredskom poslovanju", Narodne novine, Zagreb, januar 2009.
- [3] Vlada Republike Slovenije, "Uredba o upravnem poslovanju", Uradni list Republike Slovenije, Ljubljana, mart 2008
- [4] Vlada Republike Srbije, "Uputstvo o elektronskom kancelarijskom poslovanju", Službeni glasnik RS, Beograd, decembar 2010.

SWOT&PESTLE ANALIZA ICT RTD U CRNOJ GORI ICT RTD SWOT&PESTLE ANALYSIS FOR MONTENEGRO

Milica Daković, *E3 Consulting*
Aleksandra Radulović, *Centar Informacionog sistema UCG*
Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet UCG*

Sadržaj: *U ovom radu je prezentovana analiza tekućeg stanja ICT RTD u Crnoj Gori realizovana u sklopu IPA projekta „FORSEE - Regional ICT Foresight exercise for Southeast European countries”. Analiza obuhvata prikaz institucionalnog i regulatornog okvira kao preduslova za razvoj ICT RTD-a, kao i analizu ključnih indikatora. U okviru rada je prezentovana SWOT&PESTLE analiza ICT RTD kapaciteta, identifikacijom ključnih prednosti i nedostataka kao i političkog, ekonomskog i društvenog okvira neophodnog za razvoj istog. Rezultati ovog rada, kao i projekat u cjelini mogu poslužiti donosiocima odluka i cjelokupnoj ICT zajednici u cilju daljeg razvoja ICT RTD-a u Crnoj Gori.*

Abstract: *This paper presents the ICT RTD analysis of Montenegro, prepared under ‘„FORSEE - Regional ICT Foresight exercise for Southeast European countries” IPA project. The analysis is presenting the institutional and regulatory framework as a key precondition for ICT RTD development as well as analysis on key indicators. SWOT&PESTLE analysis represents an integral part of the paper and is based on analysis of ICT RTD capacities. SWOT&PESTLE analysis is based on key political, economic and societal frameworks as well as identified advantages and disadvantages of national ICT RTD. Presented results as well as a project itself can help policy makers and overall ICT community from Montenegro in the future ICT RTD development.*

1. INTRODUCTION

Montenegro is country fully oriented towards EU integration. It is facing structural changes in every single aspect of economic activity. Regarding to that, innovation represents a key strategic goal for the future while long-term vision for the future economic prosperity is based on development of the “knowledge-based society” and ICT. National competitiveness represents another strategic goal that needs to be achieved in the future. It will be achieved by strengthening cooperation and innovations in business sector (SMEs), resolving the problem of regional economic gaps, strengthening cooperation between business sector and scientific-research institutions.

Innovations are at the starting point of its development while information society is achieving positive changes during the last five years period. RTD and ICT should be strengthened in the future and country should increase support to RTD and innovations as well as promotion of current research capacities and institutions with various research and scientific projects. Country has become part of European Research Area in order to better integrated with its research capacities into the European Research Community. However, Montenegro is still facing with the challenge that higher education, innovations and RTD are highly dependent on state funding which, in period of economic downturn and global financial crisis, can have negative impact on further development of innovations and ICT RTD.

2. NATIONAL INNOVATION SYSTEM POLICY

ICT RTD and national Innovation Policy in Montenegro has faced reform changes since 2006. Today it represents a basis for further NIS and development of ICT RTD in different aspects.

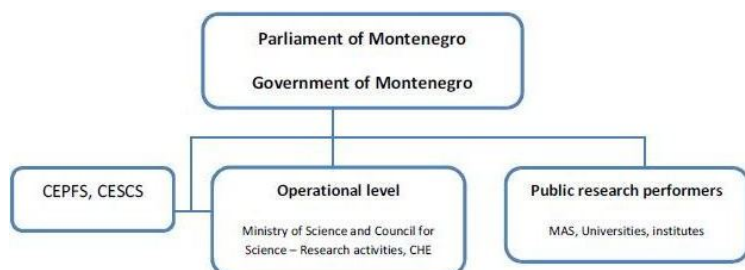
Montenegrin National Innovation Policy as well as ICT RTD policy are mainly influenced and harmonized with key EU policies and regulations in targeted areas. However, some regulatory changes still need to be done in order to be fully harmonized with current EU regulations and policies.

2.1. INSTITUTIONAL FRAMEWORK

The Parliament of Montenegro is the highest public body in charge for research and innovation (R&I) and responsible for adoption of the key policies and strategies in area of R&I. Government of Montenegro represents a key executive body with its Ministries and together with national agencies in charge for competitive business environment. Those institutions represent a key institutional framework for RTD and Innovation policies in Montenegro.

The Parliament of Montenegro represents the institution with the highest legislative power in the country. The Parliament through its working groups is in charge for legislative acts related to ICT RTD in Montenegro. Namely, from the total number of its twelve working groups Committee on Education, Science, Culture and Sports with its nine members represents a working group that is in charge for preparation and adoption of ICT RTD legislation on national level.

The Government of Montenegro represents a leading executive body in charge for the process of preparation and implementation of key ICT RTD policies, strategies and other relevant documents. Government of Montenegro is preparing all relevant documents and regulations in area of ICT RTD and proposing them to the Parliament through its ministries which are divided into the working groups.



CEPFS – The Commission for Economic Policy and Financial System
 CESCS – The Committee for Education, Science, Culture and Sports
 CHE – Council for Higher Education
 MAS – Montenegrin Academy of Sciences and Arts

Picture 1: Governance of the National Innovation System
 (Source ERAWATCH, 2011.)

The Government of Montenegro still represents the main source of funding support for innovations and research projects. Additionally, the Government is financing a large part of the higher education sector. RTD in the business sector is still highly dependent on governmental funding which is resulting in its limited support. This brings to conclusion that NIS and RTD as well as the higher education sector are extremely dependent on governmental budget resources which is influenced by restrictive budget policy and global recession. All previously presented facts have negative impact on smoother implementation of innovation policies on national level in area of innovations and RTD.

2.2. REGULATORY FRAMEWORK

Considering the fact that Montenegro has recently took its independence in 2006 in relatively short period of time it has established research and innovation policies and structures on national level. The country is in its initial phase addressed to establishing of the regulatory and institutional framework for innovation and RTD.

Montenegro has five key strategic documents related to innovations and RTD:

- Strategy for Scientific Research Activities 2008 – 2016 (**SSRA**);
- Strategy for Information Society Development 2012-2016 (**SISD**);
- Strategy of Development and Financing of Higher Education in Montenegro 2011-2020 (**SDFHE**);
- SME Development Strategy 2011 -2015 (**SMEDS**);
- Strategy for Promotion of Competitiveness at the Micro Level 2011-2015 (**SPCM**).

SSRA represents a key national strategy for innovation which key priority is to enable better Montenegrin integration into the European Research Area (ERA). **SSRA** is focused on

increasing the investment in RTD in order to reach targeted level of 1.4% of GDP by 2013. **SSRA** defines: the objectives and tasks for RTD activities, process of harmonization of RTD with existing regulations and policies, ways of international cooperation and project financing and monitoring and implementation of **SSRA**.

Newly adopted **SISD** brings into the focus concept of Montenegro – digital state, recognized as knowledge-based society. Key goals of the **SISD** are defined through activities that will maximize social and economic ICT potential. **SISD** is based on five pillars of future ICT development in Montenegro, such as: ICT sustainability, ICT for society, ICT for administration, ICT for economic development, and development of media and radio-diffusion market.

SDFHE is also including research and innovation as one of its primary goals. Namely, **SDFHE** is focusing on two different actions:

- establishing connections between the HE and labour market and enhancing entrepreneurial and innovative character of education;
- supporting research-oriented HE: through improving RTDI infrastructure; innovating existing study programmes more towards research and innovation; encouraging orientation of academic staff towards research and innovation.

SMEDS is adopted in January 2011 and is devoted to creation of competitive business environment and development of entrepreneurship in Montenegro. **SMEDS** also includes measures which are focused on further monitoring of RTD in SMEs included in four objectives: business environment improvements, financial support improvements, SME capacity improvements and business start-up and entrepreneurship promotion.

Key strategic goals of the **SPCM** are to develop productive and export-based SMEs on the basis of three targeted priorities defined through: development of innovative industries and capacities, strengthening of the export performances and promotion activities related to overall Montenegrin economic potential.

Nevertheless the country has introduced and adopted key strategic documents related to RTD and innovation it can be stated that the legal and institutional framework still need to be completed in order to provide solid basis for further stimulation of RTD and innovations in the future. The policy mix for further development of RTD is in its initial phase. The same stands for the specific support for innovations. Country still faces lack of demand-side innovation policy as well as lack of evaluations of innovation policy which was implemented to date. Montenegro is still at the starting point regarding the synergy between various research and scientific institutions and business sector on the other side which is resulting in ‘‘lack of inter-company clusters and networks’’. (ERAWATCH, Mini Country Report, 2011-2012).

3. ICT RTD IN MONTENEGRO

ICT development is recognized as one of key priorities related to further national development. During the last five

years ICT development is even more strengthened which is represented by Network Readiness Index (NRI) that brings Montenegro on the 44th place out of 138 countries worldwide.

Table 1: Key ICT indicators for Montenegro (2008-2011)
Source: Monstat, ISSP, Ekip

	2008	2009	2010	2011
Main telephone lines (per 1,000 inhabitants)	174	171.74	170.55	170.8
Fixed phone penetration rate (%)	28.06	27.69	27.5	n/a
Mobile phone users (per 1,000 inhabitants)	1150.4	1294	1237	1159
Mobile phone penetration rate (%)	185.5	208.69	199.52	186.94
Computers in households (%)	n/a	n/a	31.99	66.5
Internet penetration rate (%)	38.5	43.9	50.9	49.6

Research and development faced different changes during the last ten years. Various initiatives have started from public institutions in charge for research and development in Montenegro, such as Ministry of Science and its funding for new research and innovative projects. The most important factor that is describing the level of investment in innovation and ICT RTD is addressed to investments in scientific/research activities on the basis of state funds that are allocated for RTD as a percentage of GDP. That percentage in case of Montenegro is still low and represents 0.1% of GDP on national level in 2011. On the other hand, there are some significant changes towards ways of financing and support for ICT RTD in 2012. Key national institutions have recognized its importance to support national researchers and are continuing to support these activities in order to additionally activate national research community.

4. PESTLE&SWOT ANALYSIS

Key political characteristics on National Innovation System can be defined by following characteristics, such as: economic and political stability, strategic orientation towards EU and NATO integration, significant regional disparities, national research system which is highly dependent on state budget. Key economic characteristics are related to: slow and modest economic recovery influenced by the economic crisis, restrictive fiscal policy and budget consumption in 2013, high dependence on import as well as tourism, energy and production as key areas for future economic growth.

On the other hand key social characteristics are defined through: multiculturalism which is a key characteristic of Montenegrin society, disparity in regional poverty, continuation of reform in education. Additionally, key technological characteristics are related to digital gap that is present between different regions of Montenegro, increasing of PC and Internet penetration rates, positive and growing

ICT indicators but lack of business clusters, innovation centres and technological parks.

SWOT analysis on National Innovation System in Montenegro is presented as following:

Key **Strengths** related to ICT RTD Governance and Policy System, public policies and actors, ICT RTD sector features or cross cutting issues are related to:

- Institutional and regulatory changes in order to promote ICT and research and innovation started from 2010 by establishing the Ministry of Science as the key institution in charge for research and innovation.
- Progress made towards integration into the European Research Area.
- Government of Montenegro has established MREN (Montenegro Research and Education Network) which is recognized as a key infrastructure for integration of domestic RTD resources into the EU RTD area.
- Country is encouraging RTD and Innovation through tax incentives (VAT remissions).
- Government set up an electronic information system on scientific research activities.
- Significant progress in participation in EU projects in areas such as ICT, food safety and environment.
- Constant increase of information literacy rates over time.
- Extremely high mobile penetration rates followed by seasonality.

Key **Weaknesses** related to National innovation systems are defined as following:

- Limited international cooperation and mobility.
- Lack of general awareness about the importance of RTD and Innovations on national level.
- Lack of implementation of legislation that will regulate trademark and patent.
- High dependence of RTD on Governmental budget.
- Relatively small number of international projects across all scientific areas.
- Weak link between scientific, research, educational and economic areas.
- High dependence of higher education on government spending.
- Lack of efficiency in order to reach the goals provided in existing strategies.
- Lack of business clusters.
- Lack of innovation and interest of the business sector (SMEs) for innovations and RTD investments.
- Low investments in ICT RTD.
- Old scientific equipment, lack of modern research infrastructure.
- Lack of statistical indicators for ICT sector.
- Digital gap between the regions.

Key **Opportunities** recognized in Montenegrin National Innovation systems are as following:

- Country devoted to the sustainable development and have foundation on knowledge based economy.

- Increased but still modest participation in European and international programs.
- Increased number of ratified bilateral agreements for regional cooperation.
- Improvements in state measures and policies in order to support RTD and Innovations in Montenegro.
- State support for development of centres of excellence in order to increase public expenditure on RTD.
- Competitive research infrastructure in some research areas.
- Increased number of internationally recognized researchers from Montenegro.
- Cooperation with foreign faculties as a chance for further opening and exchange of knowledge and skills in RTD.

Key *Threats* recognized in National Innovation systems are as following:

- Economic vulnerability due the global financial crisis.
- Progress in terms of successful international projects is still modest.
- Lack of appropriate budget funding for research and technological development due to global economy crises.
- Low level of investments in RTD (0.13% of GDP in 2011).
- SMEs focussed on simple production and services, without investing in RTD and Innovations.
- Unrealistic set up of national ICT RTD targets
- Low level of ICT consumption per capita.

Nevertheless country is faced with different challenges presented in SWOT analysis it can be stated that Montenegro took significant steps on its way to become developed knowledge-based society. Its new steps towards EU integration will positively influence movements in area of innovation, mobility of researchers as well as ICT RTD in general.

5. CONCLUSION

Montenegro is in starting phase regarding the implementation of recent policies and strategies related to ICT RTD. Country is facing with lots of challenges related to funding of research and innovation. It is also facing with the lack of relevant statistical data on innovations and ICT RTD but positive changes can be expected on that way since Montenegrin national statistics is in the process of reforming and restructuring. Innovation and RTD as well as higher education are dependent on Governmental funds which are not satisfactory and are often limited. On the other hand, business sector is faced with the problems how to finance its research and promote innovations due to the lack of financial support. Even though country has adopted key strategic documents in area of innovations and ICT RTD it is still lacking in providing the national set of priorities related to RTD and innovations. Moreover, a business sector in the country is still facing with the lack of information and interest for research and innovation that will increase level of competitiveness in companies.

Even though country is facing with various challenges related to Innovations and ICT RTD it can be stated that Montenegro has achieved significant progress in last five years in two targeted areas and established a basis for further development in the future. It has increased participation in EU and other international programs in ICT RTD as well as number of bilateral agreements for regional cooperation. Country is strengthening its administrative and research capacities which will support further development of Technological Parks, Centres of Excellence, clusters and business incubators.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was carried out within project: „FORSEE - Regional ICT Foresight exercise for Southeast European countries”, which is cofounded by the European Union in the South East Europe Transnational Cooperation Programme.

REFERENCES

- [1] Montenegro National Innovation System, PESTLE & SWOT analysis, IPA project: „FORSEE - Regional ICT Foresight exercise for Southeast European countries” (<http://www.forsee.eu/>)
- [2] Ministry for Information Society Development, Strategy for Information Society development 2012-2016, 2012
- [3] Ministry of Science, Strategy for Scientific Research Activities 2008 – 2016, 2011
- [4] Agency for Electronic Communications and Postal Services, Monthly report on mobile phone markets, 2012.
- [5] BTDI, ‘Montenegro country report’, 2012
- [6] Central Bank of Montenegro, ‘Recommendations for Economic Policy’, 2012
- [7] Dakovic, M., ‘Survey on sustainable development in Montenegro’, 2011
- [8] ERAWATCH, Country report for Montenegro, 2010
- [9] ERAWATCH, Mini Country Report, 2011
- [10] European Commission, Country progress report, 2011.
- [11] European Commission-Enterprise and Industry, SBA Fact Sheets for Montenegro, 2011
- [12] European Commission-TEMPUS, ‘Creating R&D Capacities, 2012
- [13] EVAL-INNO, Research and innovation support mechanisms and related evaluation practices in Montenegro, 2011
- [14] IMMS ERAWATCH, Country report for Montenegro, 2011
- [15] Ministry of Finance, Macroeconomic indicators, Monthly Report January 2012, 2012
- [16] Monstat, ICT Survey 2011, 2011
- [17] Montenegrin Investment Promotion Agency, ‘Annual overview of the FDI in Montenegro’, 2012
- [18] World Economic Forum, Global Competitiveness Report, 2011
- [19] WBC-INCO.NET, Report on the mapping of the WBC infrastructures-Montenegro, 2011

PRIMENA KONCEPTA MOBILNE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI IMPLEMENTATION OF M-COMMERCE CONCEPT IN REPUBLIC OF SERBIA

Jelena Končar, Sonja Leković, Zita Petrović-Katai, *Ekonomski fakultet Subotica, Univerzitet u Novom Sadu, Republika Srbija*

Sadržaj: Tehnološke inovacije u telekomunikacionoj oblasti omogućile su nastanak novih institucija mobilne trgovine. Mobilna trgovina upotrebom mobilnih uređaja povezuje se preko Interneta zahvaljujući čemu se pristupa neophodnim informacijama za potrebe nabavnih i prodajnih aktivnosti. Evolucija mobilnih tehnologija od 2G do 5G omogućuje novi kanal marketinga putem kojeg prodavac diferencira svoje proizvode. Krajnji korisnik dobija inovativni kanal koji mu obezbeđuje kupovinu u svakom trenutku i na svakom mestu.

Abstract: Technological innovations in the telecommunications field have enabled the formation of new institutions of mobile commerce. Mobile commerce, using a mobile device, connects to the Internet, through which access the information, necessary for the purposes of purchasing and sales activities. The evolution of mobile technologies, from 2G to 5G, provides a new marketing channel, through which the sellers differentiate their products. User of mobile commerce gets an innovative channel that provides a purchase at any time and at any place.

1. UVOD

Razvoj koncepta mobilne trgovine u svetu i kod nas može se pripisati zajedničkom uticaju različitih faktora kao što su razvoj mobilne opreme, težnja operatera mobilnih usluga da imaju nove izvore prihoda, razvoj telekomunikacionih usluga, kao i prihvatanjem od strane korisnika usluga mobilnog karaktera. Nastanak mobilne trgovine vezuje se za postojeći koncept elektronske trgovine, a uspeh mobilne trgovine se zasniva na jedinstvenim i novim svojstvima koje ima: mobilnost, sveprisutnost i konstantnost, koji su znatno unapređeni u odnosu na elektronsku trgovinu. Ova svojstva stvaraju nove mogućnosti za mobilnu trgovinu i razvoj elektronske trgovine, ali stvaraju i brojne multikanalne izazove. Radi toga se mora dati velika pažnja razvoju multikanalne strategije, koja rezultira setom marketing kanala koji proizvode i usluge čine pogodno dostupnim kupcima dnevno ili dugoročno [1]. Mobilna trgovina predstavlja skup novih tehnologija koje na novi način testiraju koncepte elektronske trgovine i postojeće poslovne modele na mobilnim uređajima.

2. RAZVOJ MOBILNE TEHNOLOGIJE U IMPLEMENTACIJI MOBILNE TRGOVINE

Iako su prihodi od mobilne trgovine relativno mali, njen aspekt počinje da zauzima važno mesto u kupovnom iskustvu. Mobilna trgovina će tek pokazati svoj pun potencijal kroz unapređivanje kupovnog iskustva omogućavajući veću interakciju između kupca i prodavca. Eksploatacija mobilnih tehnologija omogućuje prodavcima da razviju interaktivne odnose i na najbolji način zadovolje potrebe svakog individualnog kupca, korisnika mobilnog uređaja.

Mobilne tehnologije dobijaju značajnu ulogu u savremenom procesu kupovine. Značaj mobilnih uređaja i

tehnologije se ne ogleda samo u potencijalnom kanalu prodaje, već imaju značajniju ulogu u kupovnom procesu. Mobilni telefoni, pametni telefoni, tablet računari i slični uređaji značajno olakšavaju kupovinu: koriste se za pretragu proizvoda na Web-u, lociranje prodajnih objekata, pronalaženje proizvoda u prodajnom objektu, skeniranje bar-kodova i QR koda kako bi se dobile informacije o proizvodu, poredile cene na Web-u i sl. Sve informacije kojima raspolaže korisnik mobilnog uređaja veoma lako prenosi na Web i komunicira na taj način sa prodavcem, odnosno prenosi informaciju na druge kupce.

Transkacije mobilne trgovine podrazumevaju hardversku infrastrukturu i tehnologiju. Poseban deo infrastrukture zaslužan je za bezbednu bežičnu konekciju, a korisnički deo omogućava realizaciju usluga. Karakteristike mobilnih uređaja kao što su dimenzije (veličina ekrana, koja u savremenim uslovima teži da se povećava), mala memorija (raste sa primenom memorijskih kartica), ogrničeno korišćenje baterije, ograničen protok Interneta otežavaju razvoj mobilne trgovine u poređenju sa korišćenjem performansi PC računara i laptop računara. Infrastruktura koja podržava mobilnu trgovinu podrazumeva saradnju više interesnih grupa od mobilnih operatera, provajdera mobilnih usluga, proizvođača mobilnih uređaja, Internet provajdera, preko bankarskih institucija i trgovaca i konačno prisvajanje ove tehnologije koja se konstantno menja od strane korisnika.

Jedna od prvih tehnologija za prenos podataka putem mobilnih uređaja je tehnologija tzv. „druge generacije“, koja predstavlja preteču današnjih tehnologija zahvaljujući kojim se razvija mobilna trgovina. 2G mrežu karakteriše komunikacija glasom i relativno je male brzine prenosa podataka - do 9,6 Kbit/s. Daljim razvojem mreža i unapređenjem standarda GSM (Global System for Mobile Communicatios) iz ove oblasti došlo je do nastanka mobilnih mreža nove generacije.

Tabela 1. Evolucija mobilnih mreža

mreža	Brzina	standard
2G	do 9,6 Kbit/s	GSM
2.5G	56-114 kbit/s	GPRS
2.75G	284 kbit/s	EDGE
3G	10 Mbita/s	UMTS
4G	100 Mbita/s	LTE
5G	200 Mbita/s	-

U periodu nastanka 3G mreže značajne su bile 2.5G i 2.75G tehnologije, koje se pre svega odlikuju unapređenim mogućnostima prenosa podataka. **2.5G** tehnologiju odlikuje uvođenje novih protokola GPRS, koji su omogućavali znatno veću brzinu prenosa podataka od 56-114 kbit/s, što je dalje omogućavalo uvođenje i korišćenje novih servisa kao što su: WAP standard za korišćenje Interneta na mobilnom telefonu, MMS omogućava slanje multimedijalnih poruka putem mobilne mreže, e-mail i pretraživanje na Web-u. Za razliku od prethodnih sistema za prenos podataka gde se isti naplaćivao po dužini trajanja vremena konekcije u minutima, nezavisno od količine podataka, GPRS prenos podataka se naplaćuje isključivo u zavisnosti od prenete količine podataka izražene u megabitima. Daljim unapređenjem sistema prenosa podataka nastala je **2.75G** tehnologija sa brzinom prenosa podataka i do 284 kbit/s i sa relativno brzim pristupom Internetu, a ovome je doprinelo i uvođenje EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) koja se pokazala efikasnijom od GPRS tehnologije.

3G tehnologija je zasnovana na IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000) standardu mobilne telekomunikacije, a najznačajniji standard u ovoj grupi standarda je UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) standard, koji omogućuje simultani prenos glasa i podataka, veću brzinu prenosa podataka kao i viši nivo sigurnosti. Ova tehnologija je omogućila razvoj mobilne trgovine, pojavom aplikacija za plaćanje putem mobilnog telefona, pristupom novčanim sredstvima i interakcijom sa prodavcem.

4G nudi mogućnost prenosa podataka brzinama većim i do 10 puta u odnosu na prethodne mreže, čak i do 100 MB u sekundi. Na brzinu prelaska sa 3G mreža na 4G u Srbiji prvenstveno će uticati cene mobilnih telefona na kojima može da se koristi 4G tehnologija. 4G tehnologija je poznatija i kao LTE (Long Term Evolution), a sva tri operatera u Srbiji imaju pretenziju ka uvođenju ove nove tehnologije i trenutno su u fazi testiranja prvih baznih stanica za funkcionisanje mreže [2]. Nakon testiranja od strane operatera bi usledila instalacija 4G tehnologije i time bi počela primena najsavremenije generacije mobilne tehnologije. Telekom Srbija je u aprilu 2011. godine bio prvi telekomunikacioni operator u regionu jugoistočne Evrope koji je u realnim uslovima sproveo testiranje 4G mreže. Tokom dvomesečnog testiranja, Telekom Srbija je saradivao sa tri proizvođača opreme – kompanijama Ericsson, Huawei i Nokia Siemens Networks koje su instalirale svoju opremu na više lokacija u Beogradu. Uspešna testiranja pokazala su da je mreža Telekoma Srbija u potpunosti spremna za uvođenje LTE i tehnologije i

pokretanje naredne generacije mobilne tehnologije. Imajući u vidu da je trenutno samo deo frekvencija predviđen za korišćenje 4G tehnologije, tek nakon završetka procesa digitalizacije koji je predviđen za 2014. godinu, biće omogućena upotreba šireg frekvencijskog opsega i 4G telefona i u našoj zemlji [3]. Postoje očekivanja da će kada se završi proces digitalizacije u Republici Srbiji, digitalna dividenda moći da se koristi primenom 4G tehnologija. U tom periodu dalji proces podrazumeva raspisivanje tendera i definisanje uslova pod kojima može da se koristi frekvencijski opseg 4G tehnologije. U Hrvatskoj je krenula sa radom 4G mreža početkom marta 2012. godine bazirana na LTE tehnologiji koja korisnicima donosi do deset puta veću brzinu prenosa podataka od dosadašnjih [4]. Kolika je brzina 4G tehnologije u odnosu na 3G tehnologiju može se videti na osnovu sledećeg: zahvaljujući 4G moguće je da se jedan muzički fajl (mp3) od 5MB preuzme sa Interneta za manje od jedne sekunde, video snimak sa Youtube.com od 8 MB takođe za manje od jedne sekunde, DVix film od 700 MB za minut, a film DVD kvaliteta od 11 GB za samo 10 minuta za šta je kod 3G tehnologije bilo potrebno oko 2,5 sata. Ova tehnologija se već duže vreme uspešno koristi od strane korisnika u tržišno razvijenim zemljama poput Švedske, Japana i Nemačke koje predstavljaju i vodeće zemlje u implementaciji mobilne trgovine.

Međutim, tehnologija mobilne trgovine se i dalje razvija, stalnim ulaganjem od strane razvijenih zemalja, proizvođača mobilne opreme, naučnih institucija i tehnoloških giganta. Britanska Vlada u saradnji sa Univerzitetom Sarej je finansirala novi istraživački centar koji bi mogao da postane svetski centar za inovacije u tzv. **5G** tehnologiji. Očekivanja su da će saobraćaj na mobilnim telefonima do 2020. godine porasti i do hiljadu puta, kao i da će korisnici mobilnih uređaja biti sve zahtevniji [5]. Ova predikcija će se odnositi i na razvoj mobilne trgovine koja će biti znatno olakšana sa novom 5G tehnologijom. Nova tehnologija treba da obezbedi brz Internet u svakom trenutku, video pozive, brz pristup platformi za on-line skladištenje podataka, kreiranje šoping lista i kupovina postaće standard i sl. Pametni telefoni sa 5G tehnologijom imaju mogućnost menjanja ćelija, odnosno biranja one koja pruža najbolju i najsigurniju vezu za prenos različitih podataka i olakšava i ubrzava transakciju mobilne trgovine. Prvi koji će moći da iskuse mogućnosti koje donosi nova 5G tehnologija, uz raspolaganje odgovarajućih mobilnih telefona, biće studenti na univerzitetu Sarej i lokalno stanovništvo Gildforda, gde će nova mreža biti testirana.

3. MOBILNA TRGOVINA U REPUBLICI SRBIJI

Za razvoj mobilne trgovine u Republici Srbiji neophodan uslov je implementacija infrastrukture mobilne trgovine. Trgovci u Srbiji bi trebali da imaju u vidu prednosti mobilne trgovine za razvoj poslovanja na tradicionalnim osnovama. Strategija mobilne trgovine treba da predstavlja podršku postojećeg poslovanja. Prema indeksu umrežavanja u svetu (The Networked Readiness Index) kao faktor informacione pismenosti ukazuje se korišćenje mobilnih telefona od strane stanovništva, što predstavlja i jedan od faktora

implementacije mobilne trgovine. U odnosu na druge pokazatelje informacione pismenosti u Srbiji najveći pokazatelj je upravo korišćenje mobilnih telefona od strane stanovništva, i prema tom pokazatelju Srbija se nalazi na 28. mestu u odnosu na 142 zemlje u svetu [6].

Tabela 2. pokazuje potencijal rasta korišćenja mobilnih uređaja u Republici Srbiji. Budući da se performanse mobilnih telefona poboljšavaju, korisnicima mobilnih uređaja i usluga u Republici Srbiji se nude mobilni uređaji visokih performansi po veoma povoljnim uslovima, kao i paketi mobilnih operatera koji im dozvoljavaju svakodnevni i neograničen pristup Internetu putem mobilnog telefona.

Tabela 2. Korišćenje mobilnih telefona u Srbiji u % [7]

God.	Srbija	Cent. Srbija	Vojvodina	Beograd
2007	73,6	69,3	74,8	81,4
2008	74,5	74,7	72,3	76,9
2009	80,1	78	76,4	89,2
2010	82,0	77,7	81,4	92
2011	82,5	80,4	81,6	92

U 2012. godini broj korisnika mobilnih telefona je porastao na 83,9%. Za pristup na Internetu korisnici najviše koriste PC računare (84.8%), dok u tu svrhu mobilni telefon koristi 37.2%. Na osnovu navedenog može se zaključiti da će se rast upotrebe mobilnih telefona nastaviti i u narednom periodu, kao i upotreba Interneta od strane korisnika, kao neophodan uslov implementacije mobilne trgovine. I dalje je primetna dominacija personalnih računara u pristupu na Internet, dok je korišćenje mobilnih telefona i laptop računara kao prenosivih uređaja na ujednačenom nivou.

Aplikacije mobilne trgovine u Srbiji prisutne su za specifične usluge, kao što je plaćanje parkiranja i digitalnih sadržaja, i podrazumevaju samo pasivnu naplatu putem zaduženja mobilnog računara, bez povezivanja na bankarski račun i povlačenja sredstava sa bankarskog računa radi plaćanja. Mobilno plaćanje još uvek nije razvijeno za plaćanje robe i usluga u kupovini na Internetu, stoga se usluga ovog plaćanja ne može smatrati „čistom“ transakcijom mobilne trgovine. Uvođenjem PlatiMo 2010. godine, od strane mobilnog operatera Telenor, mobilni telefon je postao sredstvo plaćanja u Republici Srbiji, slično kao razne kreditne ili debitne kartice na Internetu. Ovaj sistem omogućuje da mobilni operater u saradnji sa nekoliko domaćih poslovnih banaka povezuje tekući račun vlasnika sa njegovim mobilnim telefonom i na taj način korisnici ovog sistema elektronskog plaćanja mogu preko svog telefona da izvrše sigurno plaćanje robe i usluga u domaćim elektronskim prodavnicama.

U Republici Srbiji veoma je popularan vaučerski sistem QVoucher, koji funkcioniše kao elektronska „dopuna“ za plaćanje roba i usluga na Internetu, a koja ne opterećuje račun mobilnih usluga. Nakon samo dve godine od uvođenja ovaj sistem ima mesečno preko 25.000 transakcija [8]. QVoucher „dopunu“ koristi preko 20.000 korisnika, koja je

dostupna na prodajnim mestima širom Srbije i putem elektronskog bankarstva. Za veoma kratko vreme korišćenja sistem mobilnog plaćanja QVoucher je dostigao upotrebu platnih kartica u kupovini na Web-u. Ovaj sistema plaćanja može da se koristi samo na Web sajtovima koji podržavaju plaćanje preko QVoucher-a, od kojih su u najvećem broju sajtovi grupnih kupovina.

4. PRIMENA KONCEPTA MOBILNE MALOPRODAJE U SRBIJI I U SVETU

Sve je veći broj tradicionalnih i online prodavaca koji omogućavaju kupcima kupovinu posredstvom mobilnih uređaja [9]. Ovaj način kupovine pruža kupcima mogućnost brze pretrage, poređenje cena, upotrebu šoping kartica kao i naručivanje i praćenje statusa njihove narudžbenice koristeći mobilne telefone ili PDA uređaje. Zahvaljujući mobilnoj tehnologiji kupcima se pružaju nove mogućnosti kupovine nezavisno od vremena i prostora.

Mobilna maloprodaja predstavlja aplikaciju mobilne trgovine koja se ogleda u korišćenju pametnih telefona da bi se naručili proizvodi putem Interneta iz razloga što je više vremena potrebno za pristup sistemu PC računara ili isti jednostavno nije trenutno dostupan. Mobilna maloprodaja u kombinaciji sa identifikacijom lokacije stvara novu vrednost, jer je zahvaljujući mobilnoj mreži i uređaju unapred poznato mesto izvršenja usluge.

Kao značajna sfera mobilne maloprodaje ističe se kupovina ili rezervacija karata različitih vrsta i predstavlja jednu od najzastupljenijih usluga, obzirom da je rezervacija odnosno kupovina karata u današnje vreme često komplikovan postupak koji podrazumeva pozivanje agencija ili odlazak i ličnu kupovinu na prodajnim mestima. Pogodnost se ogleda u dostupnosti mobilnog uređaja u svakom trenutku, moguće je izabrati i rezervirati karte za pozorište ili bioskop direktno sa mobilnog uređaja, jer se odluka o kupovini donosi dok je korisnik u pokretu, u društvu i van svog doma. Ovo predstavlja jednu od prvih WAP aplikacija koja je zastupljena na mnogim tržištima. Potpuna automatizacija ovog procesa zahteva dosta vremena, jer čak i danas kada su mnogi rasporedi avionskih letova, bioskopskih i pozorišnih predstava dostupni na Internetu ne znači nužno i mogućnost kupovine ili rezervacije. Navedeni primer ukazuje da će mobilna maloprodaja biti pokretač rasta tržišta u ovom području.

Prihodi od mobilne maloprodaje su mali na većini tržišta, ali ne i beznačajni. Značajna godina za mobilnu maloprodaju je bila 2010. godina koja je obeležena kao godina od ključnog značaja za prodor mobilnog poslovanja. Prihodi na globalnom nivou koje generišu transakcije obavljene putem mobilnih uređaja očekuju rast veći od 43% do 2012. godine. Od skromnih 7.7 milijardi \$ ostvarenog prihoda od mobilne maloprodaje 2007. godine očekuje se rast na neverovatnih 41 milijardu \$ do 2014. godine, a rast u najvećoj meri je obeležio 2011. i 2012. godinu [10]. Ipak, kupovina posredstvom mobilnih uređaja čini mali procenat globalne elektronske trgovine, manje od 1%, sa izuzetkom Japana.

Upravo u Japanu je izvršeno najmanje 15% od svih elektronskih transakcija posredstvom mobilnih uređaja što dovodi Japan u poziciju napredne zemlje u poređenju sa drugima.

Maloprodavci u SAD-u takođe prednjače u prihvatanju mobilne trgovine. Gotovo polovina svih srednjih i velikih trgovaca u SAD-u su počeli sa primenom mobilne trgovine do kraja 2010. godine. Američka diskontna prodavnica Target predstavlja primer trgovinske kompanije koja je među prvima prihvatila i počela realizaciju strategije mobilne trgovine na nekoliko načina: marketing kampanje tekstualnim porukama, optimizirani web sajt gde potrošači mogu pregledati ponudu, pronaći najbliži prodajni objekat, skenirati bar-kodove i koristiti mobilne uređaje kao poklon-kartu. Target je pristupio razvoju svoje maloprodajne aplikacije i za iPhone telefone. Ova strategija mobilne trgovine omogućava korišćenje aplikacije svim korisnicima mobilnih telefona, bez obzira na mogućnosti njihovih telefona.

Primena mobilne trgovine u maloprodaji raste većim tempom u Aziji nego u Evropi. Iako je Velika Britanija zemlja koja je vodeća u prihvatanju mobilne trgovine u Evropi, sa gotovo 10% maloprodavaca koji imaju razvijene strategije mobilne trgovine, taj broj predstavlja samo polovinu od broja indijskih maloprodavaca koji aktivno nude i trguju putem mobilnih uređaja, gde zapravo Indija parira SAD-u u pogledu ranog prihvatanja.

Prvi veliki online maloprodavac koji je uveo servis mobilne trgovine bio je Amazon.com. Iako je ovaj servis imao ograničen uspeh, „Amazon Anywhere“ (Amazon svuda) je zanimljiva aplikacija koja predstavlja hibrid između online kupovine i mobilne trgovine. Korisnici prvo kreiraju svoj nalog na Web sajtu Amazon.com, unesu broj kreditne kartice i adresu kako bi izbegli potrebu stalnog unošenja prilikom svake upotrebe mobilnog uređaja. Pretraga putem mobilnog uređaja je slična pretraživanju Web-a, osim što se prikazuje 3-6 rezultata pretrage, umesto na stotine. Korisniku se potom nudi mogućnost za više informacija, ili da odmah pristupi postupku kupovine. Korišćenje je prilično jednostavno, uz pretpostavku da je brzina konekcije zadovoljavajuća. Jedan od nedostataka aplikacije „Amazon Anywhere“ jeste da se oslanja na prethodno znanje korisnika o proizvodu koji ga zanima, iako to u praksi nije uvek slučaj.

Prihodi od mobilne maloprodaje u Republici Srbiji su relativno mali, ali njen aspekt počinje da zauzima važno mesto u kupovnom iskustvu. Mobilna maloprodaja će tek pokazati svoj pun potencijal kroz generisanje rasta kroz sve kanale, uz unapređenje kupovnog iskustva omogućavajući veću interakciju između kupca i prodavca. Eksploatacija mobilnih tehnologija će pružiti mogućnost prodavcima da budu orijentisani ka korisniku, da razviju prisnije odnose i u većoj meri zadovolje potrebe individualnog korisnika. Visina prihoda do mobilne maloprodaje u Republici Srbiji zavisi od

brojnih faktora, kao što su dohodak po glavi stanovnika i broj korisnika mobilnih telefona. Osim ovih merljivih faktora na obim mobilne maloprodaje utiče i niz drugih faktora koji se ne mogu kvantificirati, kao što su životni stil, obrazovni nivo stanovništva, starosna struktura itd.

5. ZAKLJUČAK

Primena koncepta mobilne trgovine dobija značajnu ulogu u savremenom procesu razvoja interaktivnih odnosa između prodavaca i kupaca. Mobilne tehnologije dobijaju sve veće mesto u obavljanju kupovnih aktivnosti. Evolucija mobilnih mreža dovodi do nastajanja novih tehnologija zahvaljujući kojima se razvija mobilna trgovina. Tokom 2014. godine očekuje se završetak procesa digitalizacije u Republici Srbiji, što će omogućiti primena 4G tehnologije. Aplikacije mobilne trgovine u Srbiji zastupljene su kod plaćanja specifičnih usluga, dok još uvek nije razvijeno plaćanje roba i usluga u kupovini na Internetu. Ključne godine u realizaciji mobilne trgovine su 2011. i 2012. godine na globalnom elektronskom tržištu. U budućem periodu očekuje se dalji rast primene mobilne trgovine u Srbiji i u svetu.

LITERATURA

- [1] Rosenbloom B., *Marketing Channels, A Management View*, eighth edition, South-Western Cengage Learning, p.6, 2013.
- [2] http://www.danas.rs/danasrs/ekonomija/od_sledece_godine_u_srbiji_4g_mobilna_tehnologija.4.html?news_id=204409, datum dostupnosti 15.01.2013.
- [3] <http://www.itnetwork.rs/Tehnologija-4G-i-kod-nas-article-5390.htm>, datum dostupnosti 15.01.2013.
- [4] <http://www.mobilnatelefonija.net/mobilna/sta-nam-donosi-4g-tehnologija/>, datum dostupnosti 15.01.2013.
- [5] <http://www.dw.de/despite-4g-pain-uk-invests-in-5g-future/a-16356182>, datum dostupnosti 15.01.2013.
- [6] Dutta S., Bilbao-Osorio B., editors, *The Global Information Technology Report 2012 (Living in the Hyperconnected World)*, Geneva: World Economic Forum, p. 285, 2012.
- [7] Statistički godišnjak Republike Srbije 2011, Republički zavod za statistiku, 2012.
- [8] Končar J., Petrović-Katai Z., Leković S. "Strategy and Implementation B2C Electronic Commerce as Function of Serbian Economy Competitiveness", *20th Annual Conference on Business and Marketing Strategies for Central & Eastern Europe*, Vienna: Institute for Export Management, Vienna University of Economics and Business, pp. 177-188, 6th-8th December 2012.
- [9] Turban, E., King, D., Viehland, D., Lee, J., Liang T.-P., Turban D., *Electronic Commerce 2012, A Managerial and Social Networks Perspective*, Seventh Edition, Pearson, p. 283, 2012.
- [10] <http://www.ovum.com/>, datum dostupnosti 15.01.2013

MODEL POSLOVNOG PROCESA BUSINESS PROCESS MODELLING

Peter Podsklan, Biljana Stamatovic, *Faculty of Information System and Technology, University of Donja Gorica*

Sadržaj: *Prilagodljivost i stopa promjene predstavlja ključ uspjeha svakog poslovanja. Ključ uspjeha prilagodljivosti i stope promjene je u vizualizacija poslovnih modela. Kreiranje modela poslovanja omogućava bolje razumjevanje, izmjenu i prilagođavanje poslovanih zahtjeva. Kroz primjer Odjeljenja za izdavanje viza predstavljamo proces modeliranja koristeći UML.*

Abstract: *Adaptability and rate of change is key to success of any business. The key to adaptability and rate of change is visualisation by business models. Business modelling helps significantly to understand, modify and adapt business requirements. Using UML, as a software engineering tool, we introduce the process of modelling throw example of Visa issuing department.*

1. INTRODUCTION

IT segment plays significant role in process of improving quality of service or product, cutting costs or making processes more effective and efficient. As the very first step in these processes is visualization of current situation and modelling (solution finding) the most convenient solution. Business modelling creates reflection of complex business and common understanding with all its aspects that can be communicated to all involved parties (clients, owners, managers, employees, customers...). Furthermore, visualization of processes enables to predict efficiently and model possible scenarios. Possibility of preparedness creates compelling advantage in today's extremely competitive business time. Adaptability and rate of change is key to success of any business. The key to adaptability and rate of changes is visualization by business models.

The main objective of the paper is to present created set of models in Unified Modelling Language (UML) [1] for Visa issuing department (VID). We have used open source software Open ModelSphere. Open ModelSphere is a powerful data, process and UML modelling tool.

The paper has two parts in which are presented:

1. facts and daily tasks in Visa issuing department and its patterns,
2. UML diagrams for VID

2. BUSINESS MODELLING OF VID

Inside of Visa issuing department is a lot potential scenarios that involves a lot of employees from all sort of institutions and other departments. Due to complexity of processes and potential scenarios on the beginning are introductory facts and information flow, which might arise from daily life and have to be solved.

We have the facts:

- For *Applicant* we have: inhabitant of any continent and any state (in the world is seven continents and 206 sovereign states [5]) can apply for visa to anywhere.
- *Visa* is permission to enter the country, stay there for stipulated time, live, study or work. There are different

types of visas from one country to another country, different types of visas – fusion of certain permissions (entrance, stay, live, study or work), deputation in class (group) – in the range of Europe Union country have agreement to deputize each other due to decreasing costs.

- There are a few *situations* for issuing visa:
 - simple visa application,
 - lost /stolen documents in foreign country,
 - divorce in country where otherwise is must to have a visa (for instance Arabian countries).

Also, visa department at embassy is remote workplace of Visa Department at Ministry of Foreign Affairs (VDMFA) and employees at visa department can be either under state service or foreign service agreement. Tracking working record is required.

Because of better understanding of processes and procedures in the Visa Issued Department information flow is needed. Steps in the information flow have logical order:

1. Applicant comes to visa department to apply for Visa.
2. Fill up visa application.
3. Attach needed documents provide biometrical signs, family status... plus specify visa type. Each visa type requires other type of documentation and information.
4. Application is processed at VDMFA. Application acquires status "Applied" with certain attributes (like No., date, validity, legal weight...).
5. VDMFA verifies facts in application, previous records of applicant and all circumstances.
6. VDMFA verifies certain facts at Police Department for Foreigners. For communication between institutions (especially in case of multiple communication regarding previous records or previous visa applications ect.) are used "Notes".
7. VDMFA decides visa application to confirm, refuse or move to further processing – application get status (Refuse, Agreed or Further processing).
8. Refusal is just released. And visa department is not obliged to notify applicant – application get status "Refused".
9. Confirmed visa obtain requested visa type – get status or visa type might be changed (in terms of shortening period or certain limitation etc.) – get status "Agreed".

Class Diagram - represent system which is built from physical objects (embassy, employments, visa, applicants,...), abstract objects (TDA (type of documentation), vissa_application, vissa_type,...) and relationships between them. Constraints and some behaviour are characterized as methods to the objects. Open ModelSphere enables generating functional Java classes and Data model from a class diagram. On that way the CASE tool can be used for the first phase in software developing.

Statechart diagram gives status to the classes or to system. In case of visa issuing it depict status of application form during approval process to final visa issuing.

Sequence diagram – pictures sequences in which were sent one or more messages (messages represent any form of communication – phone, e-mail, letter, forms...) among objects. While statechart diagram shows what is the state after certain action sequence diagram focuses on actions. These actions are divided in sequences. There are different points of view that a sequence diagram can present. In our example we can have sequences on diagram from point of view of applicant or from point of view of VDMFA.

Component diagram manages dependences among components within system. Components represent (in UML) databases, libraries, other programs or files. In VDMFA system some components are internal and the other ones are external (databases which belong to other institution by regulation then to VDMFA, but is used by both of them). Or it might be information, for example, provided by secret office.

Activity diagram (Figure 2) shows actions and activities in system. This type of diagram has wide range of context to cover. It can be from very simple and small (sub) activities to big workflow control. Activity diagrams have quite number of points to focus with different displaying techniques. On the activity diagram can see activities performed during visa verifying process. There are visible parallel (in literature called as well as forking or joining) activities. Secondly is pictured object flow on three decision levels (consisting of internal and external verifying processes). Information to verify is send and passed for approval. Before final decision is collecting of verified information and assessment statement is created to sum up case. In case uncertainty additionally can be requested further documentation. After final decision visa is issued or refused.

Applicant applies for visa (attach required documents) and wait for the answer while its application is being processed. Decomposition of “wait“ activity (evaluation for application) into levels, according to internal and external sources of verification as Activity diagram, *business process model* are represented in Figure 3.

Every process begins somewhere, by an impulse such as placing an order, external event, scanned document or any idea. Once the process has started there are some steps/tasks to be accomplished. Process modelling determines which steps should be performed to reach the goal. Steps are logical consecutive tasks to be performed with the aim to come to

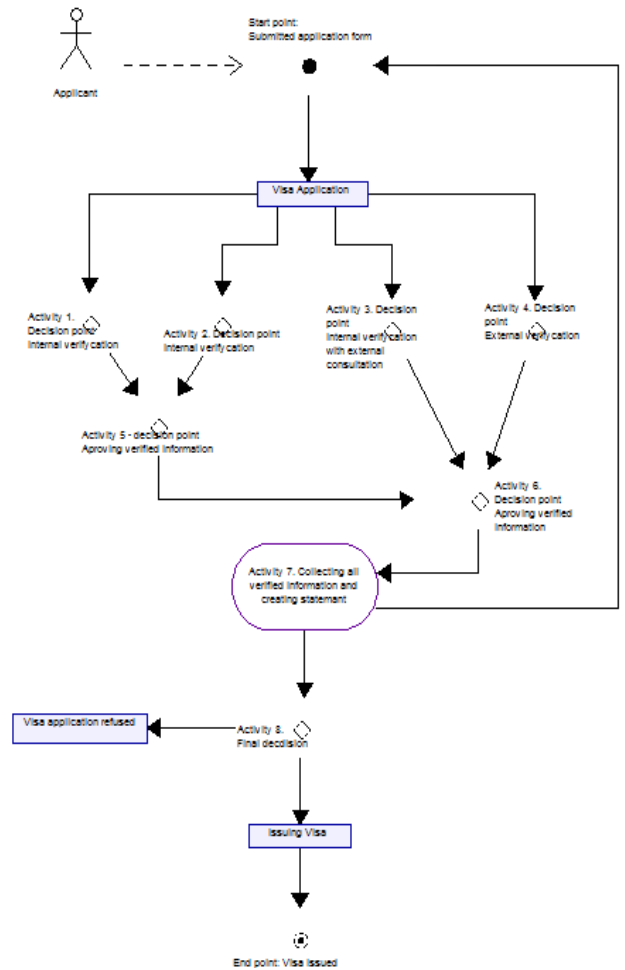


Figure 2. Activity diagram for VID

certain outcome. Processes are enriched by rules and patterns, availability of resources or other factors that can enter into processes.

4. COCLUSION

Visualization by UML significantly helps specify and understand processes what lead to:

- Creation of proper structure what is the base for user friendly environment
- Enabled use of lower version of software license what means significantly lower costs
- Better overview of the project during development, testing and implementation
- Keep easier administrate user rights, workflows and maintain locations with documents
- Facilitate ability to adjust system according to desired changes – request with high priority from Ministry of Foreign Affairs

All this details contribute to manage successful implementation of system

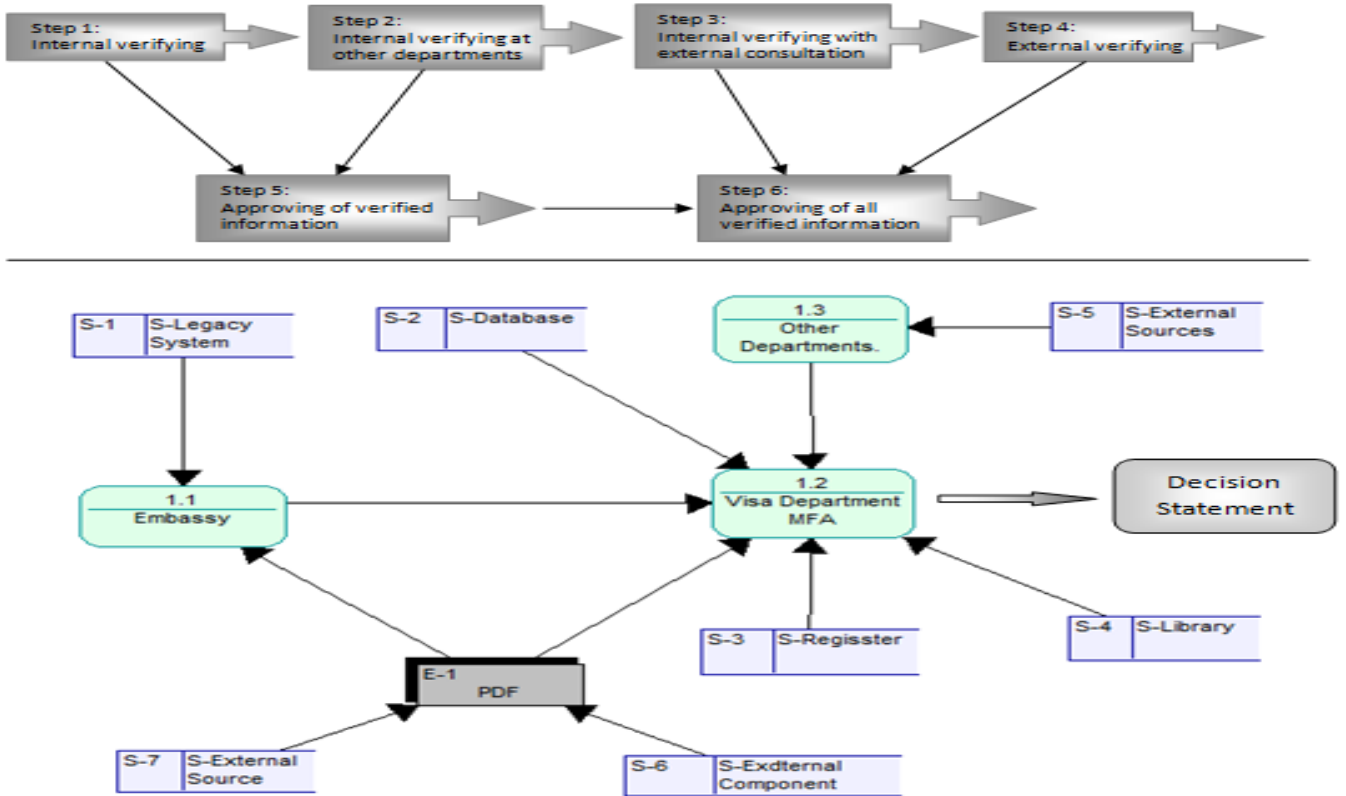


Figure 3. Process model for VID

REFERENCES:

[1] Eriksson H-E.; Magnus P. (2000): *Business Modelling with UML –Business Patterns at Work*, pgs. 10-11

[2] Dissertation of Yazbek H. (2010): *Framework of Quality Measurement in CASE Tool Based Software Development*, Otto von Guericke, University Magdeburg, Germany, pgs.5-8

[3] Hansen, K. T. (2006): *Project Visualization for Software*, IEEE Software

[4] Dissertation of Korherr B. (2008): *Business Process Modelling – Languages, Goals and Variabilities*, Vienna University of Technology, Austria, pgs 14-17

[5] <http://en.wikipedia.org>

[6] ITIL version 3, Service strategy

KORIŠĆENJE INFORMACIONIH TEHNOLOGIJAZA ANALIZU ZDRAVSTVENOG STANJA LEČENE POPULACIJE

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE ANALYSIS OF THE TREATED POPULATION HEALTH INDICATORS

Obradović Milovan, Vojnomedicinska akademija, Beograd

Sadržaj - Pokazatelji obima rada i bitna obeležja zdravstvenih indikatora lečene populacije moraju biti prikupljeni i iskazani u obliku koji je pogodan za korišćenje na strateškom nivou zdravstvenog sistema. Slabosti, koje se ispoljavaju u klasičnom načinu prikupljanja i obrade podataka, mogu biti eliminisane uvođenjem informacionih tehnologija u rad zdravstvenih ustanova (svih nivoa zdravstvene zaštite), institucija zdravstvenog osiguranja i institucija na strateškom nivou zdravstvenog sistema. U radu su date neke mogućnosti vizuelnog prikaza traženih informacija za menadžere u zdravstvenom sistemu.

Abstract - Indicators of work quantity and important characteristics of the treated population health indicators should be collected and stated in a way that is suitable for strategic health care level use. Weaknesses, which appear in classical ways of collection and data processing, can be eliminated by introducing information technologies into the work of the health care unit (of all health care protection levels), health insurance institutions and facilities on strategic level of the health care system. Some possibilities of getting visual presentation of the wanted information for the managers in the healthcare system are given in this paper.

1. UVOD

Polazeći od najčešće primenjivane definicije da je „zdravstvena zaštita skup mera i postupaka kojima se rešavaju zdravstveni problemi pojedinaca, porodice i društva“ i činjenice da se ona realizuje na tri nivoa (primarna, specijalistička, stacionarno lečenje), dolazimo do zaključka da je treći nivo najkompleksniji jer se njime rešavaju svi zdravstveni problemi koji nisu mogli biti rešeni na prethodna dva nivoa. Zbog korišćenja posteljnih kapaciteta, zdravstvene nege, obezbeđenja ishrane i korišćenja visokosofisticiranih tehnologija ovaj nivo zdravstvene zaštite je veoma skup i zbog toga se traže najbolja rešenja sa sagledavanje zdravstvenog stanja populacije i lečenje koje će prouzrokovati minimalne troškove [1]. Celovita slika o tome može se dobiti „ukrštanjem“ podataka o populaciji (demografski podaci) i podataka o lečenju.

U svakodnevnom radu zdravstvenih ustanova stvori se mnoštvo podataka u procesima zbrinjavanja pacijenata, obezbeđenja resursa (kapaciteti, kadrovi, lekovi i dr. sanitetski materijali, novčana sredstva, hrana, energija i dr.). U dosadašnjim konceptima informacionih sistema posebnost se kao kvalitet stavljala u prvi plan a za celinu je bilo neophodno stvarati potrebne podake (uglavnom agregirane) kroz podršku pojedinačnim procesima ili kroz agregiranje podataka obradom velikih skupova elementarnih podataka nastalih u poslovnom sistemu. Zahtevi strateškog menadžmenta su razrešavani kombinovanjem i/ili agregiranjem podataka iz različitih struktura, sa različitih platformi, sa nejedinstvenim standardima, iz arhiva koje su zbog ograničenosti memorijskih kapaciteta na različitim nosiocima podataka (diskete, strimer trake, magnetne trake, izmenljivi diskovi i sl.). Vođenje medicinske dokumentacije na informacionim sistemima karakteriše obilje različitih podataka, poverljivost, potreba integrisanosti za pacijenta,

potreban stepen selektivnosti radi trajnog čuvanja, propisi za vođenje i čuvanje dokumentacije i sl. Poznato je da strateški nivo uglavnom ne koristi elementarne informacije već zbirne - agregirane podatke iz različitih oblasti i iz određenih perioda.

Korišćenjem samo podataka o stacionarnom lečenju može se doći do pokazatelja vezanih za lečenu populaciju (obim lečenja, starosna i polna struktura, stepen korišćenja posteljnih kapaciteta, obim i vrste pruženih zdravstvenih usluga, uzroci lečenja, utrošeni lekovi i dr. sanitetski materijali i dr.). Na primeru izdvojenih podataka iz informacionog sistema stacionarne zdravstvene ustanove za period od jedne godine dati su neki od pokazatelja od interesa za rad zdravstvene ustanove i zdravstvenog sistema zemlje u celini.

2. ZDRAVSTVENA ZAŠTITA I INFORMACIJE

Ocena zdravstvenog stanja populacije nije prosti zbir ocena zdravstvenog stanja pojedinaca. Ona predstavlja celovitu sliku o stanju zdravlja, oboljevanju i drugim problemima koji su vezani za zdravlje (ispravnost vode za piće, ispravnost namirnica, higijena, otpad, buka, ekološka zaštita, suzbijanje glodara, dezinfekcija i dr.). Informacije potrebne za strateški menadžment u zdravstvenom sistemu odnose se na: uzroke oboljevanja i zdravstveno stanje lečene populacije (1), pojave i širenje zaraznih i drugih bolesti (2), stanje i kvalitet životne i radne sredine (3), praćenje priliva i trošenje sredstava zdravstvenog osiguranja (4), obezbeđenje i trošenje lekova i drugih sanitetskih materijala (5), vrste i obim izvršenih usluga (6), obezbeđenje i trošenje novčanih sredstava (7), stepen iskorišćenosti resursa (8), održavanje objekata i opreme (9) i dr. Zahtevi menadžera orijentisani su na zbirne - agregirane informacije a ne na elementarne, koje se stvaraju u različitim radnim procesima u zdravstvenim

ustanovama, institucijama zdravstvenog osiguranja i okruženju. One se odnose na uzroke zdravstvene zaštite, rad zdravstvenih ustanova i institucija zdravstvenog osiguranja i okruženje. Agregirani podaci su neophodni za određene vremenske intervale i prostor – teritoriju. Raspolaganje pravim informacijama omogućuje pripremu tačnih izvještaja o korišćenju zdravstvenih kapaciteta, strateškom planiranju i zdravstvenom stanju nacije. Fokus menadžera je usmeren na dobijanje brzih, filtriranih i korisnih informacija kako bi se mogli predvideti budući trendovi [2].

Kompleksnost upravljanja sistemom zdravstvene zaštite ilustrovana je kao ciklus na Slici 1.



Slika 1. Međuzavisnost funkcija u zdravstvenom sistemu

Zdravstveno-statistički informacioni sistemi sa brojnim obeležjima i zdravstvenim pokazateljima obično su, u gotovo svim zemljama sveta, bili prethodnica razvoja informacionih sistema zdravstvenih ustanova. Takav pristup bio je normalan zbog potrebe postojanja različitosti nestandardnih informacionih sistema ili podataka koje je trebalo prikupiti na klasičan način, bez podrške informaciono komunikacionih tehnologija (IKT).

Osnovni problemi zdravstvenog sistema, koji imaju veliki uticaj na zdravstvene indikatore i zdravlje stanovništva proizilaze iz činjenice da najčešće dominiraju kapaciteti za specijalističku i bolničku zdravstvenu zaštitu a da pri tome efikasnost i kvalitet zdravstvene zaštite nisu prioritetni. Zbog toga se u zdravstvenom sistemu javljaju neracionalnosti koje su od uticaja na kvalitetno upravljanje.

Najvažniji ciljevi statističke obrade prikupljenih podataka su sadržani u obezbeđenju validnih pokazatelja za:

- sagledavanje zdravstvenog stanja populacije,
- identifikaciju najznačajnijih zdravstvenih problema (potreba) populacije,
- stvaranje uslova za rešavanje zdravstvenih problema kroz proširenje kapaciteta, alokaciju zdravstvenih resursa, prestrukturiranje kapaciteta, obezbeđenje adekvatnih kadrova, obezbeđenje potrebnih količina lekova i dr. sanitetskih materijala,
- stvaranje odgovarajuće zakonske regulative u pogledu prava osiguranika i uslova za ostvarivanje definisanih prava,
- optimalno iskorišćavanje mogućnosti zdravstvenog

sistema zemlje kroz zdravstvenu ekonomiju baziranu na principima ponude i tražnje zdravstvenih usluga i dr.

3. MERENJE ZDRAVSTVENOG STANJA LEČENE POPULACIJE

Osnovna pretpostavka efikasnog sistema zdravstvene zaštite je zadovoljavanje potreba i zahteva stanovništva za određenim vidovima zdravstvene zaštite, pri čemu glavni cilj predstavlja unapređenje zdravlja stanovništva. Iz procene stanja zdravlja stanovnika države, vodećih bolesti i uzroka smrti, prosečnog životnog veka građana, njihove funkcionalne i radne sposobnosti, kao i prisustva faktora rizika kojima su izloženi, proizilaze prioriteti vezani za organizaciju i funkcionisanje čitavog sistema zdravstvene zaštite [3, 4].

Za valjanu procenu zdravstvenog stanja (stanja zdravlja) u zemlji neophodni su i demografski pokazatelji koji se odnose na broj i starost stanovnika, prirodni priraštaj i prosečan životni vek. Dovođenjem u vezu demografskih podataka i podataka o uzrocima (bolestima) za pružanje zdravstvene zaštite imamo celovitu sliku o stanju zdravlja na nacionalnom nivou, najčešćim uzrocima oboljevanja i najčešćim uzrocima smrtnih ishoda po polu, starosnim grupama, teritoriji i dr.

Demografske podatke dobijamo iz popisa i registara stanovništva, dok podatke o oboljevanju i umiranju dobijamo iz samih zdravstvenih ustanova. Najpogodnije bi bilo da navedene podatke dobijamo iz informacionih sistema jer time obezbeđujemo tačnost i ažurnost podataka i mogućnost njihovog efikasnog izdvajanja za zadate selektivne kriterijume.

U okviru stacionarnog lečenja - bolničke zdravstvene zaštite od ukupnog broja lečenih najveći deo čine starija lica čija se stopa hospitalizacije povećava. Iz grafičke predstave stope hospitalizacije (odnos broja bolnički lečenih na 1.000 stanovnika) po starosnim grupama sagledava se distribucija stacionarnih pacijenata po starosnim grupama. Ako se pak ta distribucija sagledava po prvih 10 najčešćih bolesti unutar starosnih grupa, dobija se realna predstava o stanju zdravlja ukupne populacije u zavisnosti od godina starosti. Distribuciju je moguće i izvršiti i po polu i starosnim grupama, ili po polu i deset najčešćih bolesti (dijagnoza) unutar starosnih grupa, čime se dobijaju stope hospitalizacije po uzrocima i polu.

Izvori podataka za statistička istraživanja mogu biti primarni i sekundarni. Iz primarnih izvora podaci se prikupljaju u skladu sa istraživačkim procesom. Za razliku od njih, sekundarni izvori podataka već postoje jer su obezbeđeni u okviru drugih procesa i u skladu sa drugim ciljevima.

Kada je u pitanju zdravstvena ustanova interni izvori podataka se odnose na podatke o lečenju stanovništva (zdravstvena dokumentacija, baze podataka) i resurse (kadrovi, kapaciteti, oprema, finansijska sredstva), dok se eksterni odnose na populaciju koja gravitira zdravstvenoj ustanovi, sredstva iz budžeta i dr.

Prednosti sekundarnih izvora za korisnike sadržani su u tome:

- Što daju kratak, koncizan uvid u publikovane informacije kroz bibliografski opis (i eventualno još i uz pomoć sažetaka, indeksnih reči i sl.).
- Što na jednom mestu pružaju skupove (kolekcije, zbirke) sekundarnih informacija sažete i sređene u nekom području.
- Što su relativno standardizovani i kontrolisani zapisi tokom formiranja.

Nedostaci sekundarnih izvora informacija za korisnike se ogledaju u tome da:

- Vremenski kasne jer ne mogu nastati pre nego što nastanu primarne ili tercijarne informacije, dokumenta jer su im to izvori. Osim toga informaciona – dokumentaciona i bibliotečna obrada zahtevaju vreme. Savremene tehnike publikovanja i komunikacije, (e-publikacije) sve više skraćuju to vreme, ali kašnjenje uvek postoji.
- Skupovi (kolekcije, zbirke) sekundarnih informacija nisu sveobuhvatni, formiraju se za određenu namenu, za širu ili užu problematiku, za neko geografsko područje, za zdravstvenu ustanovu, za neki jezičko područje itd.
- Za ovakve izvore informacija potreban je edukovan korisnik koji poznaje strukturu zapisa, primenjene standarde, klasifikacije, pristupe podacima i sl.

Intenzivan razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija doprinio je stalnim uvećanjem njihove primene u zdravstvu, tako da su devedesete godine prošlog veka obeležene procesima integracije: integriše se zdravstveni informacioni sistem, formiraju integrisane baze medicinskih i administrativnih podataka ili znanja, i komunikacije: potpuna komunikacija u samom sistemu zdravstvene zaštite kao i komunikacija tog sistema sa ostalim sistemima.

4. PRIKUPLJANJE I OBRADA ZDRAVSTVENO STATISTIČKIH PODATAKA

Prikupljanje i interpretacija podataka zauzimaju centralno mesto u procesu zdravstvene zaštite upravo zbog njihove neobične važnosti u procesu donošenja medicinskih odluka ali i strateških odluka za upravljanje zdravstvenom ustanovom i zdravstvenim sistemom u celini. Analizujući sve aktivnosti u zdravstvenoj zaštiti nezaobilazni su prikupljanje, analiza i korišćenje podataka. Oni su osnova za klasifikovanje ili kategorizaciju problema koje pacijent može imati, ili su osnova za identifikaciju podgrupa u populaciji pacijenata.

U informacionim sistemima u zdravstvenoj zaštiti prikupljaju se ogromne količine podataka od kojih veliki deo ostaje neiskorišćen. Jasno je da ti podaci nisu prikupljeni prevashodno zbog njihove dalje analize. Osnovna namena ovako prikupljenih podataka svodi se na podršku procesima i vođenje evidencija koji prate proces zdravstvene zaštite, formiranje i štampu potrebne dokumentacije i izveštavanje o vrstama i obimu izvršenih usluga i utrošenih lekova i sanitetskih potrošnih materijala. Dobra je okolnost da su prikupljeni podaci strukturirani i da je najčešća forma u kojoj su izraženi forma tabele. I za podatke prikupljene korišćenjem starih informacionih tehnologija postoje rešenja

za njihovu dalju analizu. Za početak dovoljno je baze podataka prevesti u forme tabela nad kojima je moguće dalje sprovesti tipizirane oblike obrada i analiza. U tom slučaju dovoljno je izdvojiti i po potrebi agregirati podatke o lečenju i klasifikacijama i transformisati u posebne tabele koje čine velika skladišta podataka poznata pod imenom Data Warehouse (DW) ili Dimensional Data Warehouse (DDW). DDW (DW) se definiše kao “subjektu orijentisan, integrisan, nenarušiv, vremenski promenljiv skup podataka organizovan da zadovolji potrebe menadžmenta” [5]. Podacima se obezbeđuje slojeviti, multidimenzionalan pristup što je potrebno za donošenje odluka na strateškom nivou. U poređenju sa transakcionim bazama podataka (OLTP - On Line Transaction Processing) koje se ažuriraju i koriste u poslovnim transakcijama sa maksimalnim nivoom analitičnosti, DDW (DW) koncepti filtriraju, selektuju i agregiraju tako prikupljene podatke i posle toga ih kao takve prevode i smeštaju u tzv. dimenzione baze podataka, modelirane tako da zadovolje širok spektar evaluacija poslovnih situacija kroz ocenu stanja, trendove, projekcije i stvaranje alternativa. Ovom tehnikom se vrši transformacija podataka iz analitičkih procesa u vrednosno obogaćene agregirane informacije pogodne za dinamičke multidimenzionalne analize.

Analitička obrada podataka u realnom vremenu (OLAP - On Line Analytical Processing) se bazira na izdvojenim podacima iz različitih relacionih i drugih transakcionih baza podataka. Postoje različiti koncepti OLAP baza podataka kao što su: relacioni OLAP (Relational OLAP), višedimenzionalni OLAP (MOLAP - Multi Dimensional OLAP), kombinacija relacionog i višedimenzionalnog (HOLAP - Hybrid OLAP) itd.

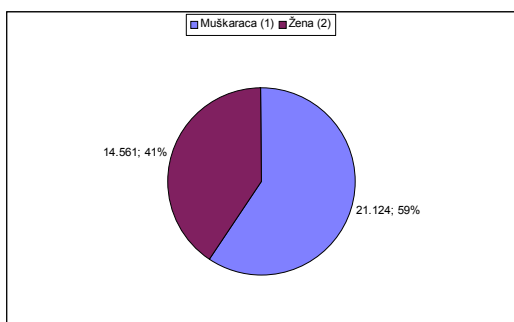
Na primeru realnih podataka o stacionarnom lečenju u jednoj kalendarskoj godini (2011.) iz baze podataka formirane u transakcionom sistemu izdvojeno je ukupno 35.685 slučajeva lečenja. Klasifikacije su uzete u obliku u kome se vode u informacionom sistemu i odnose se na: specijalnosti, pol pacijenta, grupe bolesti iz Međunarodne klasifikacije bolesti [6], stanje na završetku, registraciju oboljenja (novootkriveno, otkriveno ranije), odredbu lekara pri otpustu (izlečen, poboljšano stanje, premešten i dr.).

5. VIZUELIZACIJA PODATAKA

Posle sređivanja podataka potrebno ih je prikazati što jasnije i preciznije. Postoji više različitih načina za prikazivanje odnosno predstavljanje podataka. Ipak, bez obzira na to o kom se načinu radi svi imaju isti cilj - da se olakša pregled podataka, da se ostvare pretpostavke za njihovu analizu, ali i da se samim prikazivanjem podataka steknu uslovi za izvođenje određenih zaključaka. Prikazivanje podataka može biti tabelarno i grafički.

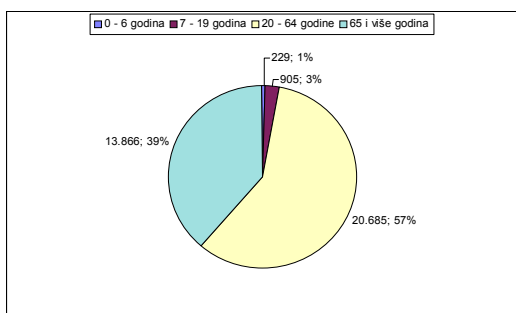
Donosioci odluka, naročito oni iskusniji, često su u stanju da već iz dobro prikazanih podataka dobiju tražene informacije odnosno izvedu zaključke koji su im potrebni za donošenje odluka. Vizuelna informativnost na kvalitetan način prikazanih podataka zaista može da omogućiti da se veoma brzo stekne uvid u stanje ili kretanje pojave koja je predmet razmatranja [2].

Sumiranje detaljnih podataka i agregirani upiti obezbeđuju formiranje izvedenih tabela (Pivot Table), sa podzbirovima i zbirovima po redovima i kolonama, kao osnove za automatsko prikazivanje podataka u nekom od tipova dijagrama (Pivot Chart). Za zadati skup izdvojenih podataka stvorene su izvedene tabele kao osnova za njihovu vizuelizaciju. Nekoliko sledećih slika su primeri pivot grafikona.



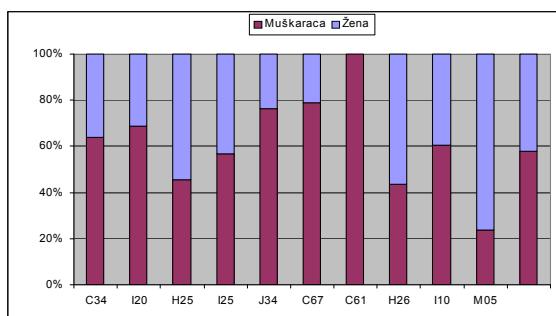
Slika 2. Grafički prikaz ukupnog broja lečenih po polu

Slika 2. prikazuje odnos ukupnog broja lečenih po polovima. Zastupljenost pacijenata muškog pola je veća za 18% što pokazuje da se za usluge stacionarnog lečenja zdravstvenoj ustanovi više obraćaju pacijenti muškog pola.



Slika 3. Grafički prikaz ukupnog broja lečenih po starosnim grupama

Na Slici 3. dat je grafički prikaz ukupnog broja lečenih po starosnim grupama koji ilustrativno potvrđuje da je najzastupljenija starosna grupa od 20 do 64 godine koja učestvuje u ukupnom broju stacionarno lečenih sa 57%.

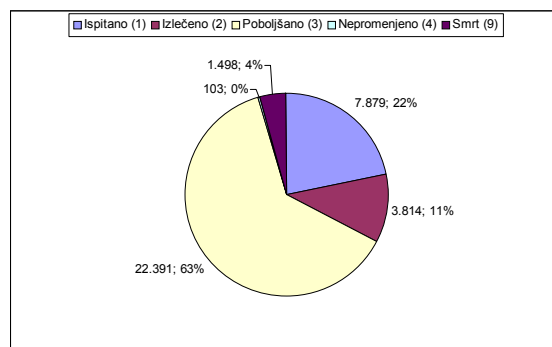


Slika 4. Grafički prikaz uzroka oboljevanja po grupama bolesti i polu

Grafički prikaz prvih 10 uzroka oboljevanja prema polu za stacionarno lečene pacijente dat je na Slici 4. Uočava se da

je kod muškaraca izraženi uzrok oboljevanja vezan za zloćudni tumor kestenjače (C61) dok je kod osoba ženskog pola dominantni uzrok vezan za seropozitivna reumatoidna oboljenja zglobova (M05).

Ako se želi dobiti realna slika o zdravstvenom stanju pacijenata pri završetku lečenja za zdravstvenu ustanovu u celini onda se korišćenjem sumarnih podataka iz odg. tabele dolazi do grafičkog prikaza datog na Slici 5. Najveći broj pacijenata je završio lečenje sa poboljšanim stanjem (63%) a najmanji sa nepromenjenim stanjem (oko 0%).



Slika 5. Grafički prikaz stanja na završetku lečenja u celini

6. ZAKLJUČAK

Na primeru vizuelnog i tabelarnog prikazivanja i analize podataka preuzetih iz integrisanog informacionog sistema zdravstvene ustanove, koja ima gotovo sve medicinske specijalnosti, prikazane su neke od mogućnosti primene statističkih metoda za prikazivanje podataka o lečenju i zdravstvenom stanju lečene populacije u periodu od jedne godine. Podaci o zdravstvenom stanju lečene populacije su samo jedan deo podataka za celovito sagledavanje stanja zdravlja u regionu ili za zemlju u celini. Shodno tome stvaraju se uslovi za kreiranje zdravstvene politike kojom će se prisutni resursi u zdravstvu i definisana finansijska sredstva optimalno koristiti i trošiti. Uticaji ovih pokazatelja mogu biti i na prestrukturiranje mreže zdravstvenih ustanova, promenu unutrašnje strukture zdravstvenih ustanova, povećanje broja zdravstvenih specijalizacija za određene grupe bolesti i dr. [3, 4].

LITERATURA

- [1] C.B. Kemp, "Public Health in the Age of Health Care Reform", Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, 2012, www.cdc.gov/pcd/issues/2012.
- [2] C.D. Hansen. C.R. Johnson, *The Visualization Handbook*, Burlington: Elsevier Academic Press, 2005.
- [3] A. Anell. A.H. Glenngård, S. Merkur, "Health Systems in Transition", Health System Review, Vol. 12 No 5, Copenhagen: 2012, www.euro.who.int.
- [4] S. Sandier, V. Paris, D. Polton, *Health Care Systems in Transition*, London: School of Economics and Political Science, 2004.
- [5] W. H. Inmon, *Building Data Warehouse (Third Edition)*, New York: John Wiley & Sons, 2002.
- [6] Međunarodna klasifikacija bolesti, deseta revizija, Beograd: Savremena administracija, 1996.

NEUNIFORMNO ODABRANA KUBIČNA FAZNA FUNKCIJA NON-UNIFORM SAMPLED CUBIC PHASE FUNCTION

Marko Simeunović, Igor Đurović, Slobodan Đukanović, *Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Sadržaj: U radu se razmatra estimacija parametara polinomijalno-faznih signala koristeći nelinearno odabranu (NO) kubičnu faznu funkciju (CPF). Pokazuje se da se, sa NO-om, CPF može predstaviti preko Fourier-ove transformacije (FT) što otvara mogućnost značajnog smanjenja računске kompleksnosti pomenutog estimatora. Pored manje računске kompleksnosti, predloženi estimator ima za oko 2 dB nižu srednju kvadratnu grešku u odnosu na klasični CPF.

Abstract: Parameter estimation of polynomial-phase signals by using the non-uniform sampled cubic phase function (CPF) is considered in this paper. Non-uniform sampling of the CPF enables the CPF realization by the Fourier transform (FT), which significantly reduces the complexity of the estimation process. In comparison with the original CPF, non-uniform sampled CPF has by about 2 dB lower MSE.

1. UVOD

Frekvencijsko-modulisani (FM) signali imaju veliku primjenu u brojnim aplikacijama kao što su radari, sonari, biomedicina i komunikacije [1]. Kako je informacija od interesa sadržana u amplitudi i fazi signala, njihova estimacija se nameće kao imperativ. U zavisnosti od matematičkog modela preko koga je modelovan FM signal, predmet estimacije mogu biti različiti parametri. Kod polinomijalno-faznih signala (PPS – *engl. polynomial-phase signal*) faza je predstavljena preko polinoma, pa se pod estimacijom parametara PPS-a podrazumijeva estimacija amplitude i parametara faze signala.

Red PPS-a je određen redom polinoma i on zavisi od konkretne primjene. U radarima i sonarima, razmatraju se PPS-i do šestoga reda [1]. U ovim aplikacijama, koeficijent polinoma faze daje informaciju o odgovarajućoj karakteristici mete. Tako, na primjer, koeficijenti uz prvi stepen polinoma faze određuju poziciju mete, oni uz drugi stepen brzinu njenog kretanja, dok koeficijenti uz treći stepen polinoma faze daju informaciju o ubrzanju. Kako su signali, prilikom svog prostiranja, podložni uticaju smetnji koje dolaze od različitih izvora, estimacija parametara PPS-a ne predstavlja lak zadatak i njena tačnost je uslovljena uticajem tih smetnji. Kao mjere za ocjenu performansi PPS estimatora, u praksi se, najčešće, koriste dvije veličine: srednja kvadratna greška (MSE – *engl. mean squared error*) i prag odnosa signal-šum (SNR – *engl. signal to noise ratio*). Prva veličina daje informaciju o srednjem kvadratnom odstupanju estimirane od tačne vrijednosti, dok druga predstavlja granicu SNR-a ispod koje je estimacija nepouzdana.

Dizajn PPS estimatora predstavlja kompromis između tačnosti i računске složenosti. Estimator maksimalne vjerodostojnosti (ML – *engl. maximum likelihood*) je najtačnija estimaciona procedura. Međutim, zbog potrebe za pretragom po prostoru čije su dimenzije jednake redu PPS-a, njegova praktična primjena je ograničena na PPS-e do trećega reda. Kako bi se smanjila složenost estimacije, predložene su tehnike na bazi faznog diferenciranja (PD –

engl. phase differentiation): ambiguity funkcija višega reda (HAF – *engl. high order ambiguity function*), produktna HAF (PHAF – *engl. product high order ambiguity function*) i integrisana generalizovana ambiguity funkcija (IGAF *engl. – integrated generalized ambiguity function*) [2]-[4]. Ove tehnike auto-korelacionim funkcijama transformišu PPS P -tog reda u signal prvog/drugog reda čije parametre dalje estimiraju sprovođenjem 1-D ili 2-D pretraga. Na ovaj način se značajno umanjuje kompleksnost estimacije, ali je upotreba auto-korelacione funkcije za PD uvela značajne probleme u estimacionom procesu. Naime, u prisustvu šuma, auto-korelaciona funkcija generiše dodatne interferirajuće članove čiji se broj povećava sa povećanjem broja diferenciranja faze. Pored toga, u slučaju multikomponentnih signala, PD uzrokuje i pojavu kros-članova. Postojanje kros- i interferirajućih članova značajno povećava MSE i prag SNR-a. U [2] je pokazano da se sa svakom dodatnom auto-korelacijom vrijednost SNR praga povećava za približno 6 dB.

Da bi se poboljšala tačnost ovih estimatora, neophodno je smanjiti broj diferenciranja faze uz istovremeno očuvanje male računске složenosti. U [5], za estimaciju parametara PPS-a trećega reda, predložena je kubična fazna funkcija (CPF – *engl. cubic phase function*). Za razliku od HAF-a i PHAF-a, čije računanje zahtijeva sprovođenje dvije auto-korelacije signala, CPF zahtijeva samo jedno PD. Stoga, SNR prag CPF-a je za 6 dB manji od HAF-a, dok MSE njegovih parametara dostiže vrijednosti propisane Cramer-Rao granicama (CRLB – *engl. Cramer-Rao lower bound*). Ovaj estimator je u [6] generalizovan na PPS-e proizvoljnog reda.

Jedina prednost HAF-a u odnosu na CPF je u manjoj računskoj složenosti. Naime, kako se HAF može realizovati preko brze Fourier-ove transformacije (FT), njegova složenost je reda $O(\log_2 N)$, dok, zbog nemogućnosti implementacije ovoga algoritma u CPF, složenost CPF-a je reda $O(N^2)$.

U ovom radu, pokazaćemo kako se, pomoću neuniformnog odabiranja, CPF može izraziti preko FT-a, čime se složenost ove procedure svodi na $O(\text{Mlog}_2N)$ operacija. Numerička analiza koju ćemo sprovesti pokazaće da sa neuniformnim odabiranjem CPF-a ne gubimo na tačnosti. Štaviše, neuniformno odabrani CPF (NO-CPF) će imati veću tačnost nego klasični CPF.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvodnog dijela, u Sekciji II dat je kratak pregled estimatora PPS-a. U Sekciji III pokazano je kako se, pomoću neuniformnog odabiranja, CPF može izraziti preko FT-a, dok je numerička evaluacija predloženog metoda data u Sekciji IV. Zaključak sumira dobijene rezultate.

2. PREGLED ESTIMATORA PPS-A

Model signala

PPS P -toga reda definisan je relacijom

$$x(n) = s(n) + v(n) = A \exp\left(j \sum_{i=0}^P a_i (n\Delta)^i\right) + v(n),$$

$$n \in [-N/2, N/2], \quad (1)$$

gdje su A amplituda, $\{a_i, i=0, \dots, P\}$ koeficijenti polinoma faze i $v(n)$ bijeli Gauss-ov šum nulte srednje vrijednosti i varijanse σ^2 . Ukupan broj odbiraka signala je N ($N \gg 1$) i signal je odabran sa korakom Δ . Cilj estimacije je procjena parametara $s(n)$, A i a_i , posmatranjem $x(n)$.

ML estimator

ML estimator je najtačnija procedura za procjenu parametara signala (1). Opisuje se sledećim izrazima:

$$\text{ML}(b_1, b_2, \dots, b_p) = \left| \sum_{n=-N/2}^{N/2} x(n) \exp\left(-j \sum_{i=1}^P b_i (n\Delta)^i\right) \right|,$$

$$(\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_p) = \arg \max_{(b_1, b_2, \dots, b_p)} \text{ML}(b_1, b_2, \dots, b_p). \quad (2)$$

Kada se $\{\hat{a}_i, i=1, \dots, P\}$ odrede, amplituda i inicijalna faza se mogu estimirati iz dechirpovanog signala $x_d(n) = x(n) \exp\left(-j \sum_{i=1}^P \hat{a}_i (n\Delta)^i\right)$. Primjetimo da određivanje parametara faze signala $s(n)$ zahtijeva sprovođenje P -dimenzione pretrage koja značajno ograničava praktičnu primjenu ove metode. Sa današnjim razvojem računarske tehnike, ML estimator je, u realnom vremenu, moguće primjeniti na PPS-e do trećeg reda.

HAF i PHAF

HAF estimaciona procedura koristi PD operator [2]

$$\text{PD}^{P-1}[n; \tau_1^{(l)}, \dots, \tau_{P-1}^{(l)}] = \text{PD}^{P-2}[n + \tau_{P-1}^{(l)}; \tau_1^{(l)}, \dots, \tau_{P-2}^{(l)}]$$

$$\times \left\{ \text{PD}^{P-2}[n - \tau_{P-1}^{(l)}; \tau_1^{(l)}, \dots, \tau_{P-2}^{(l)}] \right\}^*, \quad (3)$$

gdje su $\text{PD}^0[n] = x(n)$ i $\tau_i^{(l)}$, $i=1, 2, \dots, P-1$ parametri pomjeraja, da transformiše signal $x(n)$ u kompleksnu sinusoidu. Učestanost ove sinusoida iznosi $\omega = 2^{P-1} \times P! a_p \Delta^{P-1} \prod_{i=1}^{P-1} \tau_i^{(l)}$, pa se parametar a_p može estimirati maksimizacijom periodograma na sledeći način:

$$\text{HAF}^{(l)}(\omega) = \sum_n \text{PD}^{P-1}[n; \tau_1^{(l)}, \dots, \tau_{P-1}^{(l)}] \exp(-j\omega n \Delta),$$

$$\hat{a}_p = \frac{\arg \max_{\omega} |\text{HAF}^{(l)}(\omega)|}{2^{P-1} P! \Delta^{P-1} \prod_{i=1}^{P-1} \tau_i^{(l)}}. \quad (4)$$

Izraz u prvoj liniji relacije (4) poznat je pod nazivom HAF. Parametri nižega reda mogu se odrediti uklañanjem estimiranog parametra iz faze signala, $x_d(n) = x(n) \times \exp(-j\hat{a}_p (n\Delta)^P)$ i ponavljanjem procedure opisane sa (4).

Zbog potrebe za samo 1-D pretragom i mogućnošću implementacije brzog FT-a, HAF procedura je, sa stanovišta brzine, veoma poželjna u praktičnim primjenama. Međutim, primjetimo iz (3) da svaki korak PD-a skraćuje rezultujući signal za $2\tau_i^{(l)}$, pa će signal nakon faznog diferenciranja biti za $2 \sum_{i=1}^{P-1} \tau_i^{(l)}$ odbiraka kraći od $x(n)$. Skraćenje signala smanjuje broj članova u relaciji (4) čime se srednja vrijednost šuma slabije aproksimira i tačnost estimacije pogoršava. Pored toga, PD će generisati dodatne interferirajuće članove čiji se broj značajno povećava sa porastom PD-a. Tako, na primjer, za $P=1$ imaćemo 3 interferirajuća člana, za $P=2$ 15 članova, za $P=3$ 255, itd. Slično, u slučaju postojanja više komponenti signala, tj. $x(n) = \sum_{i=1}^M s_i(n) + v(n)$, PD operator će generisati kros-članove. Usled dechirpovanja estimiranih parametara, doći će do propagacije greške načinjene pri estimaciji parametara višega reda na parametre nižega reda. Ova greška će imati veći uticaj na koeficijente nižega reda nego na one višega reda.

PHAF je uveden da bi se smanjio uticaj kros-članova [3]. Definiše se kao proizvod L HAF-ova računatih za različite skupove parametara pomjeraja

$$\text{PHAF}(\omega) = \prod_{i=1}^L \text{HAF}^{(l)}(F_l \omega), \quad (5)$$

gdje je $F_l = \prod_{i=1}^{P-1} \tau_i^{(l)} / \tau_i^{(l)}$ operator skaliranja frekvencije. Skaliranje frekvencije pozicionira auto-članove svih HAF-ova na iste pozicije, dok su pozicije kros-članova različite. Usled toga, proizvod HAF-ova će jačati uticaj auto-članova, dok će kros-članove slabiti. Pored smanjenja uticaja kros-članova, PHAF-om se smanjuje i uticaj interferirajućih članova, tako da on ima nešto niži prag u odnosu na HAF. Međutim, PHAF je nasledio sve ostale nedostatke HAF-a.

CPF estimator

Iz dosadašnjeg izlaganja jasno je da se smanjenjem broja koraka u PD operatoru smanjuje i uticaj negativnih efekata koje on proizvodi. Kako bi se omogućila efikasna estimacija parametara kubičnih signala ($P=3$), uz očuvanje 1D pretrage, predložen je CPF [5]

$$\text{CPF}(n, \Omega) = \sum_k x(n+k)x(n-k) \exp(-j\Omega k^2). \quad (6)$$

CPF dostiže maksimum u $\Omega = 2(3a_3 n \Delta + a_2)$, pa se a_3 i a_2 mogu estimirati iz CPF-a računatog u dvije tačke, $n=0$ i $n=n_1$:

$$\hat{a}_2 = \frac{1}{2} \arg \max_{\Omega} |\text{CPF}(0, \Omega)|,$$

$$\hat{a}_3 = \frac{\arg \max_{\Omega} |\text{CPF}(n_1, \Omega)| - 2\hat{a}_2}{6n_1 \Delta}. \quad (7)$$

Parametri nižega reda se estimiraju uklañanjem \hat{a}_2 i \hat{a}_3 iz faze signala i sprovođenjem slične procedure kao kod HAF-a.

Za razliku od HAF-a, CPF zahtijeva jedno fazno diferenciranje. Kao rezultat toga, CPF će generisati samo tri interferirajuća člana, umjesto 15 koliko će ih generisati HAF. Pored toga, prilikom računanja CPF-a, više odbiraka signala će biti uključeno u sumu, jer je signal nakon jedne auto-korelacije značajno duži u odnosu na onaj nakon dva PD-a. Ovo će dodatno umanjiti uticaj šuma. Kako se istovremeno određuju dva koeficijenta faze signala, dva najviša parametra PPS-a su oslobođena uticaja propagacije greške. Sve ovo doprinosi da CPF nadmašuje HAF i u pogledu MSE-a i praga SNR-a. Naime, SNR prag CPF-a je za oko 6 dB niži u odnosu na prag HAF-a.

Ideja CPF-a je u [6] proširena na PPS-e proizvoljnog reda, gdje je i izvršena analiza njegovih performansi. Ovaj estimator predstavlja hibrid između CPF-a i HAF-a i to je i razlog zašto je nazvan hibridni CPF-HAF estimator. Da bi estimirao dva najviša parametra PPS-a P -toga reda, CPF-HAF koristi $P-3$ auto-korelacije koje transformišu signal $x(n)$ u kubični fazni signal. Nakon PD-a, dva najviša koeficijenta u fazi direktno su proporcionalna parametrima a_p i a_{p-1} . Stoga, u narednom koraku, CPF-HAF koristi CPF da estimira ove parametre. Parametri nižega reda se dalje određuju uzimanjem u obzir signala iz koga su uklonjeni estimirani parametri. Kako ova tehnika, kao i CPF, ima problema u estimaciji multikomponentnih PPS-a, u [6] je predložena produktna verzija ovog estimatora.

3. NEUNIFORMNO ODABRANI CPF

Tačnost estimacione procedure je značajno uslovljena gustinom prostora po kojoj se vrši pretraga za pozicijom maksimuma optimizacione funkcije. Što taj prostor ima veći broj tačaka, estimacija je preciznija i obratno. Da bi postigli zadovoljavajuću tačnost, sa što manjom računskom složenosti, neophodno je smanjiti složenost estimatorske funkcije (EF). Kako za računanje FT-a postoje efikasni algoritmi koji su u stanju složenost reda $O(N^2)$ smanjiti na $O(\text{Mlog}_2N)$ operacija, poželjno je EF izraziti preko FT-a.

Radi smanjenja računске složenosti, u praksi se, često, estimacija parametara obavlja kroz dva koraka. U prvom koraku se odredi gruba vrijednost parametra (redi prostor pretrage). Potom, u drugom koraku, se obavlja fina pretraga oko tako dobijene vrijednosti sa ciljem dobijanja preciznije estimacije. U zavisnosti od zahtijeva aplikacije, ovaj drugi korak zna da bude dosta složen. Stoga je predložen veliki broj algoritama koji su u stanju da, na osnovu grube estimacije, u samo par računanja EF-a ostvare tačnost određenu CRLB-om. Međutim, većina ovih algoritama je projektovana za maksimizaciju FT-a i da bi se isti implementirali u estimacionu proceduru, neophodno je EF izraziti preko FT-a.

Prethodno rečeno daje nam jasne razloge za neophodnost izražavanja CPF-a preko FT-a. U tu svrhu posmatrajmo relaciju (6). Njeno računanje može se razdvojiti na dva koraka:

korak 1: računanje auto-korelacije $x(n+k)x(n-k)$:

$$x(n+k)x(n-k) = A^2 \exp\{j(6a_3nk^2\Delta^3 + 2a_2(k\Delta)^2 + 2a_3(n\Delta)^3 + 2a_2(n\Delta)^2 + 2a_1n\Delta + 2a_0)\} + v_x(n); \quad (8)$$

korak 2: primjena kvadratnog filtra $\sum_k [\bullet] \exp(-j\Omega k^2)$:

$$\text{CPF}(n, \Omega) = \sum_k x(n+k)x(n-k) \exp(-j\Omega k^2). \quad (9)$$

Primjetimo da kvadratni filter ima sličnu formu kao filter korišćen pri računanju FT-a, tj. $\text{FT}[\bullet] = \sum_k [\bullet] \exp(-j\Omega k)$. Razlika je samo u članu k^2 . Ako bi smo ovaj filter uspjeti zamijeniti sa $\text{FT}[\bullet]$, CPF bi smo izrazili preko FT-a.

Kako bi estimirali parametre PPS-a sa manjom nelinearnosti, u [7] korišćeno je neuniformno odabiranje (NO) signala. NO je omogućio analizu PPS-a petoga reda sa estimatorom čija je nelinearnost četvrtog reda (nelinearnost HAF-a je šesnaestog reda). Ovdje ćemo pokazati da je sa NO signala moguće izraziti CPF preko FT-a.

Uvođenjem smjene $m = \sqrt{kC}$ u (8) dobijamo

$$\begin{aligned} x_1(m) &= x(n + \sqrt{mC})x(n - \sqrt{mC}) \\ &= A^2 \exp\{j(6a_3n\Delta^3mC + 2a_2\Delta^2mC + 2a_3(n\Delta)^3 + 2a_2(n\Delta)^2 \\ &\quad + 2a_1n\Delta + 2a_0)\} + v_x(n). \end{aligned} \quad (10)$$

Dalje, iz (10) slijedi

$$\text{CPF}(n, \Omega) = \sum_m x_1(m) \exp(-j\Omega C\Delta^2k) = \text{FT}[x_1(m)]. \quad (11)$$

Izraz (11) daje direktnu vezu CPF-a i FT i omogućava da sva teorija, koja važi za FT bude primjenjena i na CPF.

Primjetimo da računanje nelinearno odabranog CPF-a (NO-CPF) zahtijeva interpolaciju signala $x(n)$, jer $n + \sqrt{mC}$ i $n - \sqrt{mC}$ predstavljaju necjelobrojne vrijednosti. Nepoznate vrijednosti $x(n + \sqrt{mC})$ i $x(n - \sqrt{mC})$ mogu se odrediti kroz proceduru iz dva koraka [7]:

korak 1: Interpolacija signala $x(n)$ sa faktorom 2 ili 4 standardnim interpolacionim tehnikama s ciljem dobijanja signala $x_i(n)$;

korak 2: Računanje približne vrijednosti $x_i(n)$ u željenoj tački n_0 sledećom relacijom

$$x_i(n_0) = \frac{n_0 - \lfloor n_0 \rfloor}{\lceil n_0 \rceil - \lfloor n_0 \rfloor} x_i(\lceil n_0 \rceil) + \frac{\lceil n_0 \rceil - n_0}{\lceil n_0 \rceil - \lfloor n_0 \rfloor} x_i(\lfloor n_0 \rfloor). \quad (12)$$

Uočimo da se sprovođenjem opisane procedure može narušiti priroda šuma, tj. šum nakon NO-a može promijeniti svoje statističke karakteristike. Da bi šum prije i poslije NO-a ostao bijeli, neophodno je za parametar C izabrati sledeću vrijednost $C \approx N/2 - |n|$. Ovaj izbor istovremeno omogućava i veliku gustinu preodabiranja.

Zanemarujući potreban broj operacija za računanje auto-korelacije signala (ovo se sprovodi samo jedanput, pa je njegova kompleksnost zanemarljiva u odnosu na računanje sume za različito Ω), složenost NO-CPF-a jednaka je složenosti FT-a i iznosi $O(\text{Mlog}_2N)$ operacija. Dakle, implementiranjem FT-a u definiciju standardnog CPF-a ostvarili smo uštedu od $O(N)$ - $O(\text{Mlog}_2N)$ operacija.

U narednoj sekciji bavićemo se procjenom performansi NO-CPF-a. Cilj će nam biti da utvrdimo da li NO utiče na tačnost estimiranih parametara.

4. NUMERIČKI PRIMJER

Performanse NO-CPF-a i klasičnog CPF-a uporedili smo na dva PPS-a trećeg i petog reda:

$$x_k(n) = A \exp\left(j \sum_{i=0}^{P_k} a_i (n\Delta)^i\right) + v(n), \quad k=1,2, \quad (13)$$

gdje je $P_1=3$, $P_2=5$ i a_i i -ti element vektora $\mathbf{G}=\{0.9, 0.44, 2.15 \cdot 10^{-4}, 6.42 \cdot 10^{-6}, 4.12 \cdot 10^{-8}, 1.51 \cdot 10^{-10}\}$. Signal je odabran sa korakom $\Delta=1$ i ukupan broj razmatranih odbiraka je $N=515$. Pored CPF-a i NO-CPF-a, parametre ovih signala estimirali smo i sa HAF-om. Kako CPF nije u stanju estimirati parametre PPS-a za $P \geq 3$, koeficijente signala $x_2(n)$ određivali smo pomoću klasičnog CPF-HAF-a i nelinearno odabranog CPF-HAF-a (NO-CPF-HAF), tj. CPF-HAF-a sa implementiranim NO-CPF-om. Vrijednosti parametara svih estimatora izabrali smo prema uputstvima iz [2], [5] i [6]. MSE-i dva najviša parametra faze signala prikazani su na Slici 1, gdje su isti upoređeni sa CRLB-ovima. Za njihovo određivanje korišćene su Monte Carlo simulacije sa ukupno 300 iteracija. Sa Slike 1, uočavamo da, u slučaju PPS-a petoga reda, SNR prag NO-CPF-HAF-a je na 8 dB, što je za oko 1 dB i 8 dB manje u odnosu na SNR pragove CPF-HAF-a i HAF-a, respektivno. Primjetimo da sa NO-om, CPF-HAF dobija i na tačnosti. MSE NO-CPF-HAF-a je, za koeficijent a_5 , od 2 do 3 dB manji u odnosu na MSE CPF-a, dok je ta razlika za koeficijent a_4 od 1 do 2 dB. HAF ima najveću vrijednost MSE-a. Za slučaj PPS-a trećega reda (signal $x_1(n)$), NO-CPF i CPF imaju istu vrijednost SNR praga (-3 dB), dok je SNR prag HAF-a za 6 dB veći. Za oba koeficijenta, MSE NO-CPF-a je manji u odnosu na klasični CPF. Takođe, kao i u slučaju signala $x_2(n)$, HAF ima najlošije performanse.

Dakle, kroz ovaj primjer vidjeli smo da, pored uštede u broju računskih operacija, nelinearno odabiranje CPF-a utiče i na smanjenje MSE-a u prosjeku za oko 1 do 2 dB.

5. ZAKLJUČAK

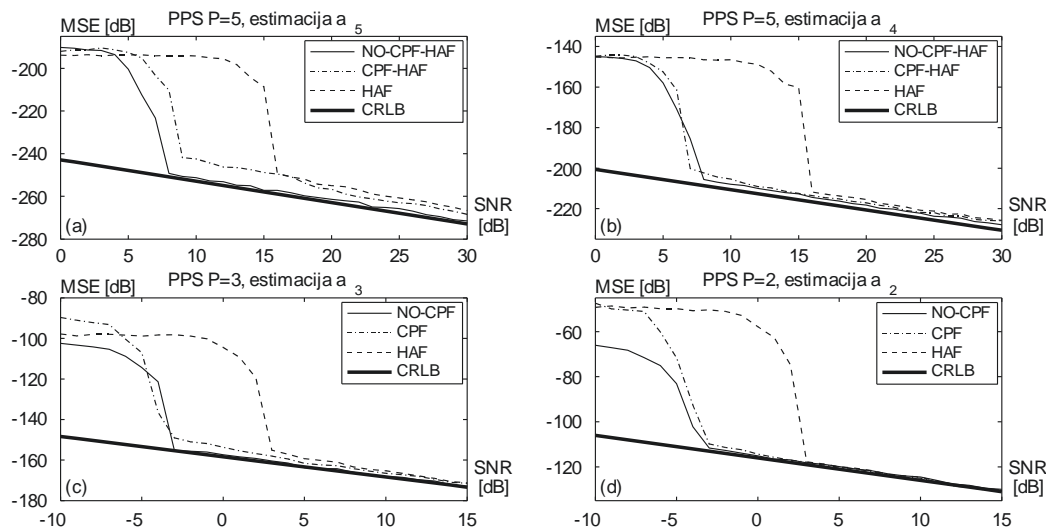
U radu je predložen metod za efikasno računanje CPF-a. Naime, pokazano je kako se nelinearnim odabiranjem, CPF

može izraziti preko FT-a. Ostvarivanje veze sa FT-om omogućava primjenu svih algoritama za optimizaciju pretrage za pozicijom maksimuma koji su razvijeni za FT. Analiza performansi predložene metode pokazala je da nelinearno odabiranje smanjuje MSE estimatora za oko 2 dB.

LITERATURA

- [1] B. Boashash, *Time frequency signal analysis and processing : A comprehensive reference*, Boston: Elsevier, 2003.
- [2] B. Porat and B. Friedlander, "Asymptotic statistical analysis of the high-order ambiguity function for parameter estimation of polynomial-phase signals," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 42, no. 3, pp. 995-1001, May 1996.
- [3] S. Barbarossa, A. Scaglione, and G. Giannakis, "Product high-order ambiguity function for multicomponent polynomial-phase signal modeling," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 46, no. 3, pp. 691-708, March 1998.
- [4] S. Barbarossa and V. Petrone, "Analysis of polynomial-phase signals by the integrated generalized ambiguity function," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 45, no. 2, pp. 316-327, February 1997.
- [5] P. O'Shea, "A new technique for instantaneous frequency rate estimation," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 9, no. 8, pp. 251-252, August 2002.
- [6] I. Djurović, M. Simeunović, S. Djukanović, and P. Wang, "A hybrid CPF-HAF estimation of polynomial-phase signals: Detailed statistical analysis," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 60, no. 10, pp. 5010-5023, October 2012.
- [7] P. O'Shea, "Improving polynomial phase parameter estimation by using nonuniformly spaced signal sample methods," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 60, no. 7, pp. 3405-3414, July 2012.

Slika 1 - MSE a_p i a_{p-1} estimirani NO-CPF-om, CPF-om, CPF-HAF-om i NO-CPF-HAF-om: (a) MSE a_5 , $P=5$; (b) MSE a_4 , $P=5$; (c) MSE a_3 , $P=3$ i (d) MSE a_2 , $P=3$.



ESTIMATOR PARAMETARA POLINOMIJALNO-FAZNIH SIGNALA ZASNOVAN NA WIGNEROVOJ DISTRIBUCIJI

PARAMETAR ESTIMATION OF 2-D CUBIC PHASE SIGNAL BASED ON THE WIGNER DISTRIBUTION

Igor Đurović (*), Alen Pelinković (**), Marko Simeunović (*), Slobodan Đukanović (*),
 (*) Elektrotehnički fakultet Podgorica, (**) Investiciono-razvojni fond Crne Gore A.D.

Sadržaj: U radu je predložen estimator parametara dvodimenzionalnih (2D) polinomijalno-faznih signala zasnovan na 2D Wignerovoj distribuciji. Pokazuje se da ova tehnika ima smanjen efekat propagacije greške u odnosu na 2D kubičnu faznu funkciju (CPF) te da daje znatno bolje rezultate u odnosu na 2D CPF i Francos-Friedlander pristup.

Abstract: A two-dimensional (2D) Wigner distribution (WD) is proposed in this paper for parameter estimation of two-dimensional (2D) polynomial phase signals. In comparison to the 2D cubic phase function (CPF) and classical Francos and Friedlander (FF) approach, the 2D WD significantly reduces error propagation effect which leads to lower mean squared error of estimates.

1. UVOD

Dugo vremena kao osnovna tehnika za estimaciju parametara dvodimenzionalnih (2D) polinomijalno-faznih signala (PPS – engl. *Polynomial-phase signal*) je korišćen Francos-Friedlander-ov (FF) pristup [1]-[3]. Ova tehnika suštinski je generalizacija faznog diferenciranja koje je dovelo do razvoja ambiguity funkcije višega reda (HAF – engl. *high-order ambiguity function*) i produktnog HAF-a (PHAF) kod 1D signala [3], [4]. Nedavno je kao alternativa predložena 2D kubična fazna funkcija (CPF – engl. *cubic phase function*) [6]. Ova funkcija je generalizacija CPF-a za 1D signale koju je uveo O'Shea. Glavna ideja je veoma slična HAF-u sa time da je broj faznih diferenciranja smanjen u odnosu na HAF što dovodi do popravke performansi u smislu manje srednje kvadratne geške (MSE – engl. *mean squared error*) i manjeg praga odnosa signal-šum (SNR – engl. *signal to noise ratio*). Ova tehnika podrazumijeva da se estimacija vrši u tri tačke, zatim se na osnovu dobijenih rezultata estimiraju parametri signala najvišeg sloja (ukupno sedam koeficijenata). Napominjemo da se estimacija u svakoj tački obavlja nezavisno jedna od druge tako da greška u estimaciji u jednoj tački utiče na ostvarivanje sinergetskih rezultata. Pored toga estimacija u svakoj tački zahtjeva 3D pretraživanje. U osnovnoj varijanti algoritma smo koristili genetički algoritam (GA) da bi odredili parametre.

U ovom radu smo umjesto 2D CPF-a upotrijebili 2D Wignerovu distribuciju višeg reda (HO-WD) koja ima isti stepen nelinearnosti kao i 2D CPF. I ovdje je za estimaciju u osnovi potrebno tri tačke. Kao osnovna mana pristupa koji mi ovdje predlažemo je činjenica da WD zahtjeva 4-D pristup u traganju za parametrima, što u suštini usložnjava postavku genetičkog algoritma. Međutim, postoji niz prednosti ovog pristupa koje prevazilaze navedenu manu. Prvo, estimacija parametara u navedene tri tačke se ne obavlja nezavisno već predstavlja cjelinu algoritma tako da se smanjuje vjerovatnoća outliera (zaglavljivanje u lokalnom maksimumu) kod genetičkog algoritma. Druga bitna prednost

ovog algoritma je činjenica da estimiramo sve koeficijente posmatranog signala u jednom koraku procedure što dalje znači da nema efekta propagacije greške (za posmatranu postavku signala). Pored navedenog postoji i činjenica da je Wignerova distribucija realna, tako da se ne mora računati maksimum za magnitudu transformacije što takođe utiče na performanse rezultata. Napominjemo da su Wignerova distribucija i CPF u ovom slučaju istog reda nelinearnosti što implicira da bi trebale imati slične performanse u uslovima šuma kada se primjene na isti problem. Međutim, niz izrazito dobrih osobina čini je posebno kvalitetnim alatom za primjenu u ovoj aplikaciji. Napominjemo da je predmetna tehnika prilagođena signalima trećeg reda (u trougaonj formi) ali da se može koristiti i za signale višeg reda koji se prvo postupkom faznog diferenciranja svedu na niži red.

Rad je organizovan na sljedeći način. U Sekciji II smo opisali model signala i 2D CPF tehniku za estimaciju parametara. U Sekciji III smo opisali predmetnu tehniku sa implementiranim GA na strani pretrage. U Sekciji IV smo dali opis predložene postavke GA algoritma. Simulacije su prikazane u Sekciji V. Konačno na kraju je dat zaključak u Sekciji VI.

2. MODEL SIGNALA I 2D CPF

Posmatrajmo 2D signal trećeg reda u tzv. trougaonj formi [1]:

$$f(n, m) = \sum_{p=0}^3 \sum_{q=0}^{3-p} A \exp(j a_{pq} n^p m^q) \quad (1)$$

Cilj nam je da odredimo koeficijente faze i amplitudu $\{A, a_{00}, a_{01}, a_{10}, a_{20}, a_{11}, a_{02}, a_{30}, a_{21}, a_{12}, a_{03}\}$ na osnovu observacije koja je zahvaćena bijelim Gausovim šumom $v(n, m)$ varijanse σ^2 :

$$x(n, m) = f(n, m) + v(n, m) \quad (2)$$

Koeficijente a_{pq} gdje je $p+q=3$ zovemo koeficijentima trećeg reda, dok su koeficijenti za $p+q=2$ koeficijenti drugog reda, itd.

2D-CPF $C_y(n, m, \psi_n, \psi_{nm}, \psi_m)$ je definisan kao [6]:

$$C_x(n, m; \psi_n, \psi_{nm}, \psi_m) = \left| \sum_{\tau_n, \tau_m} x(n + \tau_n, m + \tau_m) x(n - \tau_n, m - \tau_m) \times \exp(-j\psi_n \tau_n^2 - j2\psi_{nm} \tau_n \tau_m - j\psi_m \tau_m^2) \right|^2 \quad (3)$$

Označimo vektor chirp-rate parametara kao: $\Psi = [\psi_n, \psi_{nm}, \psi_m]$. Drugi izvodi faze signala (3) se mogu procijeniti na osnovu pozicije maksimuma 2D CPF-a kao:

$$\hat{\Omega}(n, m) = [\hat{\Omega}_n(n, m), \hat{\Omega}_{nm}(n, m), \hat{\Omega}_m(n, m)] \\ = \arg \max_{\Psi} C_y(n, m; \Psi) \quad (4)$$

Za slučaj bez šuma važi sljedeća relacija:

$$\hat{\Omega}_n(n, m) = \Omega_n(n, m) = 2a_{20} + 2a_{21}n + 6a_{30}m \\ \hat{\Omega}_{nm}(n, m) = \Omega_{nm}(n, m) = 2a_{21}n + 2a_{12}m + a_{11} \\ \hat{\Omega}_m(n, m) = \Omega_m(n, m) = 2a_{02} + 2a_{12}n + 6a_{03}m \quad (5)$$

Na osnovu estimacije u tri tačke, (n_i, m_i) $i=1, 2, 3$, možemo procijeniti sedam koeficijenata drugog i trećeg reda:

$$\begin{bmatrix} \hat{a}_{20} \\ \hat{a}_{30} \\ \hat{a}'_{21} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 6n_1 & 2m_1 \\ 2 & 6n_2 & 2m_2 \\ 2 & 6n_3 & 2m_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{\Omega}_n(n_1, m_1) \\ \hat{\Omega}_n(n_2, m_2) \\ \hat{\Omega}_n(n_3, m_3) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \hat{a}_{02} \\ \hat{a}_{03} \\ \hat{a}'_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 6m_1 & 2n_1 \\ 2 & 6m_2 & 2n_2 \\ 2 & 6m_3 & 2n_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{\Omega}_m(n_1, m_1) \\ \hat{\Omega}_m(n_2, m_2) \\ \hat{\Omega}_m(n_3, m_3) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \hat{a}_{11} \\ \hat{a}'_{21} \\ \hat{a}''_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 2n_1 & 2m_1 \\ 2 & 2n_2 & 2m_2 \\ 2 & 2n_3 & 2m_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{\Omega}_{nm}(n_1, m_1) \\ \hat{\Omega}_{nm}(n_2, m_2) \\ \hat{\Omega}_{nm}(n_3, m_3) \end{bmatrix} \quad (6)$$

U ovom radu mi ćemo se baviti procijenom koeficijenata najvišeg reda jer su oni od sustinske važnosti za estimaciju ostalih parametara.

U slučaju kubičnih 2D PPS-a, 2D CPF rezultira zavidnom tačnošću estimiranih parametara. MSE-i parametara trećega reda dati su u nastavku:

$$E\{(\delta a_{30})^2\} \approx \frac{2036.03 + \frac{1844.46}{SNR}}{SNR N^7 M} \quad (7)$$

$$\approx 1.45CRLB_{30} \times \left(1 + \frac{0.91}{SNR}\right)$$

$$E\{(\delta a_{03})^2\} \approx \frac{2036.03 + \frac{1844.46}{SNR}}{SNR N M} \quad (8)$$

$$\approx 1.45CRLB_{03} \times \left(1 + \frac{0.91}{SNR}\right)$$

$$E\{(\delta a_{21})^2\} \approx \frac{1440 + \frac{2160}{SNR}}{SNR N^5 M^3} \quad (9) \\ \approx 1.33CRLB_{21} \times \left(1 + \frac{2}{SNR}\right)$$

$$E\{(\delta a_{12})^2\} \approx \frac{1440 + \frac{2160}{SNR}}{SNR N^3 M^5} \quad (10) \\ \approx 1.33CRLB_{12} \times \left(1 + \frac{2}{SNR}\right)$$

gdje je $CRLB_{ij}$ Cramer Rao-va granica (CRLB - Cramer-Rao lower bound) za koeficijent a_{ij} . U asimptotskom slučaju za veliko SNR imamo MSE koje je veće od CRLB za 1.6dB.

Kako pretraživanje maksimuma (4) zahtijeva 3D pretragu optimizaciju ove pretrage moguće je obaviti GA-om. U ovom slučaju pokrećemo tri genetička algoritma za tri tačke u ravni i na osnovu njih se dobijaju estimacije koeficijenata drugog i trećeg reda. Koeficijente prvog reda dobijamo putem dechirpinga (demodulacije). Dobijeni signal putem dechirpinga je sinusoida, a to dalje znači imamo propagaciju greške ka koeficijentima nižeg reda. Ujedno imamo problem i u činjenici da pokrećemo genetički algoritam tri puta nezavisno i greška u svakom od tih algoritama utiče na tačnost postupka.

3. HO-WD PRISTUP

2D Wignerova distribucija se definiše kao

$$WD(n, k; \omega_n, \omega_k) = \sum_{\tau_n, \tau_m} x(n + \tau_n, m + \tau_m) \times x^*(n - \tau_n, m - \tau_m) \exp(-j2\omega_n \tau_n - j2\omega_m \tau_m). \quad (11)$$

Za signale višeg reda (višeg od 2) Wignerova distribucija nije idealno koncentrisana oko trenutne frekvencije. Jedan od načina da se manipuliše sa ovakvim signalima je da se uvede član koji kompenzuje elemente višeg reda. To je urađeno u [7] gdje je predloženo da se u WD uvedu koeficijenti koji će kompenzovati članove trećeg reda:

$$WD(n, m; \omega_n, \omega_k; \alpha_{30}, \alpha_{21}, \alpha_{12}, \alpha_{03}) = \sum_{\tau_n, \tau_m} x(n + \tau_n, m + \tau_m) x^*(n - \tau_n, m - \tau_m) \times e^{-jW_{KOMP}} \quad (12)$$

gdje je:

$$W_{KOMP} = j2\omega_n \tau_n + j2\omega_m \tau_m + j2\alpha_{30} \tau_n^3 + j2\alpha_{21} \tau_n^2 \tau_m + j2\alpha_{12} \tau_n \tau_m^2 + j2\alpha_{03} \tau_m^3 \quad (13)$$

Ako su koeficijenti $\alpha_{30}=a_{30}$, $\alpha_{21}=a_{21}$, $\alpha_{12}=a_{12}$ i $\alpha_{03}=a_{03}$ onda je, u slučaju bez šuma, Wignerova distribucija višeg reda je jednaka:

$$WD(n, m; \omega_n, \omega_k; a_{30}, a_{21}, a_{12}, a_{03}) = \sum_{\tau_n} \sum_{\tau_m} A^2 \exp(ja_{10}2\tau_n + ja_{01}2\tau_m + ja_{20}4n\tau_n + ja_{02}4m\tau_m + j2a_{11}(n\tau_m + m\tau_n) + j6a_{30}n^2\tau_n + ja_{21}2n^2\tau_m + ja_{21}4nm\tau_n + ja_{12}2m^2\tau_n + ja_{12}4nm\tau_m + j6a_{03}m^2\tau_m) \times \exp(-j2\omega_n\tau_n - j2\omega_m\tau_m) \quad (14)$$

HO-WD je u ovom slučaju idealno koncentrisan na pozicijama:

$$\omega_n(n, m) = a_{10} + 2a_{20}n + a_{11}m + 3a_{30}n^2 + a_{12}m^2 \quad (15)$$

$$\omega_m(n, m) = a_{01} + 2a_{02}m + a_{11}n + a_{21}n^2 + 3a_{03}m^2$$

Dakle, sa estimiranim koeficijentima trećeg reda lako dolazimo do estimacija koeficijenata nižeg reda:

$$\begin{bmatrix} \hat{a}_{10} \\ \hat{a}_{20} \\ \hat{a}'_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2n_1 & m_1 \\ 1 & 2n_2 & m_2 \\ 1 & 2n_3 & m_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{\omega}_n(n_1, m_1) - 3\hat{a}_{30}n_1^2 - \hat{a}_{12}m_1^2 \\ \hat{\omega}_n(n_2, m_2) - 3\hat{a}_{30}n_2^2 - \hat{a}_{12}m_2^2 \\ \hat{\omega}_n(n_3, m_3) - 3\hat{a}_{30}n_3^2 - \hat{a}_{12}m_3^2 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\begin{bmatrix} \hat{a}_{01} \\ \hat{a}_{02} \\ \hat{a}''_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2m_1 & n_1 \\ 1 & 2m_2 & n_2 \\ 1 & 2m_3 & n_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{\omega}_m(n_1, m_1) - 3\hat{a}_{03}m_1^2 - \hat{a}_{21}n_1^2 \\ \hat{\omega}_m(n_2, m_2) - 3\hat{a}_{03}m_2^2 - \hat{a}_{21}n_2^2 \\ \hat{\omega}_m(n_3, m_3) - 3\hat{a}_{03}m_3^2 - \hat{a}_{21}n_3^2 \end{bmatrix}$$

Uočavamo da je ovdje za pokretanje genetičkog algoritma potrebno 4D pretraživanje po koeficijentima $[a_{30}, a_{21}, a_{12}, a_{03}]$. Međutim GA se pokreće samo jednom za sve odabrane tačke pošto u svakoj tački optimalni koeficijenti kod HO-WD-a su isti dok to nije slučaj kod 2D CPF-a gdje se koeficijenti mijenjaju. Dakle, kao kriterijum optimizacije možemo uzeti sumu maksimalnih vrijednosti WD-a kao:

$$\Phi(\Psi) = \sum_{i=1}^3 \arg \max_{\omega_n, \omega_m} WD(n_i, m_i; \omega_n, \omega_k; \Psi) \quad (17)$$

$$= \sum_{i=1}^3 \arg \max_{\omega_n, \omega_m} WD(n_i, m_i; \omega_n, \omega_k; \alpha_{30}, \alpha_{21}, \alpha_{12}, \alpha_{03})$$

Dakle, da rezimiramo, pokreće se samo jedan GA umjesto tri kao u slučaju 2D CPF-a, istina, predmetni algoritam se pokreće sa 4-D pretraživanjem. Dalje, istovremeno estimiramo u jednom koraku sve koeficijente prvog, drugog i trećeg sloja dok fazu i amplitudu možemo estimirati na osnovu dechirpovanog signala:

$$\tilde{x}(n, m) = x(n, m) \sum_{p=0}^3 \sum_{q=\max(1-p, 0)}^{3-p} \exp(-j\hat{a}_{pq}n^p m^q) \quad (18)$$

$$\hat{a}_{00} = \frac{1}{MN} \sum_n \sum_m \text{angle}(\tilde{x}(n, m)) \quad (19)$$

$$\hat{A} = \frac{1}{MN} \sum_n \sum_m |\tilde{x}(n, m)| \quad (20)$$

Napominjemo da se maksimum likelihood estimacija amplitude i varijanse šuma može dobiti na alternativni način kako je predloženo u [8] i da se može računati nezavisno od estimacije ostalih koeficijenata.

4. POSTAVKE GENETIČKOG ALGORITMA

Genetički algoritmi (GA) su pronašli svoje mjesto u mnogim oblastima, naročito u onim oblastima gdje se zahtijeva multiparameterska analiza [9]. GA se takođe pokazao kao izuzetno dobar alat u obradi signala [6] naročito u prisustvu šuma. GA ima mnogo parametara koji moraju biti pažljivo odabrani kako bi se optimizovala tačnost pretrage. Ne postoji pravilo kako optimizovati te parametre, već se to radi metodom pogađanja (eksperimentalno). U nastavku slijede numeričke vrijednosti parametara.

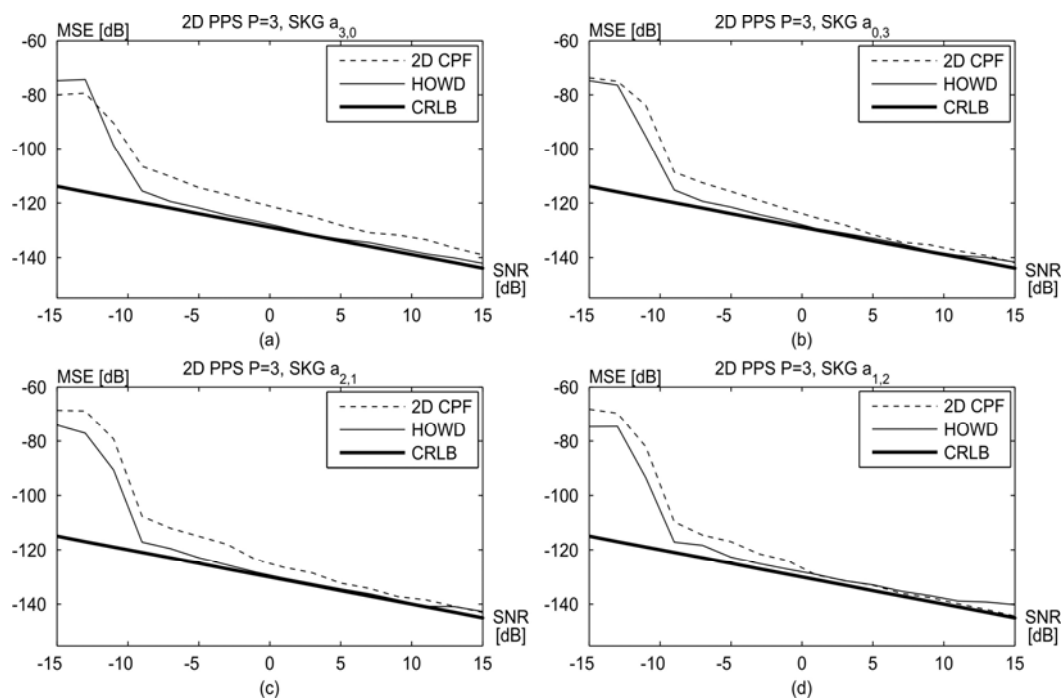
Ukupan broj generacija je 300 (slučajno raspoređenih). Svaka podgrupa se sastoji 30 hromozoma. Inicijalan opseg populacije je u intervalu $[-10^{-5}, 10^{-5}]$. Populacija se kreira pomoću uniformne raspodjele. Kao fitness funkcija korištena je HOWD. U svakoj generaciji roditelji za sledeću generaciju su birani pomoću Roulette funkcije. Potomstvo za narednu generaciju je formirano heurističnim ukrštanjem sa odnosom 1.2. Kada je riječ o mutaciji GA korištena je Gausova distribucija sa odnosom 0.8. Kretanja između generacija su pretpostavljena u oba pravca.

Međutim, prethodna postavka GA algoritma ne daje uvijek zadovoljavajuće rezultate s obzirom da se GA ponekad zaglavi na lokalnom maksimumu, što narušava tačnost pretrage. To se prevazilazi pokretanjem mehanizma za detekciju divergencije i njegovim ponovnim pokretanjem. Mehanizam je baziran na matematičkom očekivanju ML_{HOWD} objektivne funkcije da se dogodio pravi maksimum:

$$ML_{(HOWD)} = E\{WD(n, k; \omega_n, \omega_k; a_{30}, a_{21}, a_{12}, a_{03})\} \\ = (MNA^2 + \sigma^2)^2 + ((N-2n_0)MA^2 + \sigma^2)^2 \\ + (N(M-2n_0)A^2 + \sigma^2)^2 \quad (21)$$

5. REZULTATI SIMULACIJA

Na ovom primjeru su prikazane performanse HOWD. Testni signal je PPS trećeg reda sa sledećim parametrima: $A=1$, $a_{00}=(1+r_{00})$, $a_{10}=(3.9+r_{10}) \cdot 10^{-1}$, $a_{01}=(8.2+r_{01}) \cdot 10^{-1}$, $a_{20}=(-1.5+r_{20}) \cdot 10^{-3}$, $a_{11}=(6+r_{11}) \cdot 10^{-3}$, $a_{02}=(-2.2+r_{02}) \cdot 10^{-3}$, $a_{30}=(1.7+r_{30}) \cdot 10^{-5}$, $a_{21}=(4+r_{21}) \cdot 10^{-5}$, $a_{12}=(6.4+r_{12}) \cdot 10^{-5}$ i $a_{03}=(-1.35+r_{03}) \cdot 10^{-5}$ gdje je $r_{k,l}$ slučajan broj u interval $[0,1]$ za $0 \leq (k+1) \leq 3$, pri čemu slučajan broj mijenja vrijednost u svakoj iteraciji. Signal je $M \times N$ sa $M=101$ i $N=101$. Korak odabiranja je jedinični duž obje koordinate. HOWD je računata u tri tačke u cilju estimiranja svih faznih parametara. MSE od parametara najvišeg reda je prikazan na Slici 1. Ovi rezultati su dobijeni pomoću Monte Carlo simulacija sa ukupno 100 iteracija. SNR je variran u opsegu od -15dB do 15 dB sa korakom od 2dB. Na istoj slici su prikazani i rezultati od 2D-CPF u cilju poređenja ove dvije tehnike. Tačke proračuna su utvrđene u skladu sa instrukcijama iz [6].



Slika 1. MSE parametara najvišeg reda za HOWD i 2D CPF:
 a) MSE od $a_{3,0}$; b) MSE od $a_{0,3}$; c) MSE od $a_{2,1}$ i d) MSE od $a_{1,2}$.

Za obje metode pretraga je optimizovana pomoću GA u skladu sa postavkom opisanom u prethodnom poglavlju.

Sa Slike 1. se može zapaziti da obje metode imaju sličan prag koji se nalazi na -9dB. Takođe, predstavljena metoda nadmašuje 2D CPF u pogledu MSE za više od 5 dB. Bitno je zapaziti da HOWD ima MSE koje je veoma blizu CRLB. Slični rezultati važe i za niže koeficijente.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu smo predstavili novi algoritam za estimaciju parametara 2D PPS signala. Parametri faze su estimirani iz trenutne frekvencije dobijene pomoću WD maksimizacije. Kako bi se eliminisali produkti višeg reda odrađene su izvjesne kompenzacije. Pokazane su zavidne performanse ove tehnike po pitanju MSE-a koji je veoma blizu CRLB-a. Takođe, predstavili smo GA postavku koja može u mnogome pomoći prilikom estimacije maksimuma kod WD-a. Predstavljani pristup prevazilazi 2D CPF za više od 5 dB.

LITERATURA

- [1] J. M. Francos and B. Friedlander, "Two-dimensional polynomial phase signals: Parameter estimation and bounds," *Multidimensional Systems and Signal Processing*, vol. 9, no. 2, pp. 173-205, April 1998.
- [2] B. Friedlander and J. Francos, "An estimation algorithm for 2-D polynomial phase signals," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 1084-1087, June 1996.
- [3] J. Francos and B. Friedlander, "Optimal parameter selection in the phase differencing algorithm for 2-D phase estimation," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 47, no. 1, pp. 273-279, January 1999.
- [4] B. Porat and B. Friedlander, "Asymptotic statistical analysis of the high-order ambiguity function for parameter estimation of polynomial-phase signals," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 42, no. 3, pp. 995-1001, May 1996.
- [5] S. Barbarossa, A. Scaglione, and G. Giannakis, "Product high-order ambiguity function for multicomponent polynomial-phase signal modeling," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 46, no. 3, pp. 691-708, March 1998.
- [6] I. Djurović, P. Wang, and C. Ioana, "Parameter estimation of 2-D cubic phase signal using cubic phase function with genetic algorithm," *Signal Processing*, vol. 90, no. 9, pp. 2698-2707, September 2010.
- [7] LJ. Stanković, "Local polynomial Wigner distribution," *Signal Processing*, Vol. 59, No. 1 1997, pp. 123-128.
- [8] S. C. Sekhar and T. V. Sreenivas, "Signal-to-noise ratio estimation using higher-order moments," *Signal Processing*, vol. 86, no. 4, pp. 716-732, 2006.
- [9] K. Tang, K. Man, S. Kwong, and Q. He, "Genetic algorithms and their applications," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 13, no. 6, pp. 22-37, November 1996.

MEDIA BOX CRNOGORSKOG TELEKOMA CRNOGORSKI TELEKOM MEDIA BOX

Pero Bogojević, Milan Barać, *Crnogorski Telekom*

Sadržaj: *Media Box predstavlja rješenje za lični on line prostor koje omogućava čuvanje slika, video materijala i muzike sa mobilnih i PC uređaja kao i njihovo dijeljenje s bilo kog mjesta i sa bilo kojim uređajem. (mob, PC, Extra TV).*

Abstract: *Media Box presents a personal on line storage solution which enables storing photos, videos and music from mobile and PC and sharing them from everywhere with any device (PC, IPTV and Mobile phone).*

1. UVOD

Media Box Crnogorskog Telekoma je nova usluga u ponudi, koja otvara vrata cloud servisima u Crnoj Gori.

Ideja je da se korisnicima pruži mogućnost da sačuvaju svoje omiljene slike, muziku ili video zapise sa telefona ili PC uređaja na posebno dodijeljeni on line prostor. Putem posebne web (mobilne) aplikacije korisnici se mogu ulogovati na svoj nalog i dalje pretražiti, pregledati ili dijeliti sadržaj.

Ključne osobine media box-a su odličan dizajn i jednostavnost web (mobilne) aplikacije. U pogledu samog sadržaja, postavljanje i skidanje istog je intuitivno, prosto i moguće sa više uređaja (PC, mobilni telefon, TV). Posebna pogodnost je povezivanje sa Facebook ili Twitter nalogom.

2. MEDIA BOX

Media box usluga nudi se korisnicima Crnogorskog Telekoma (CT), kako fiksne tako i mobilne mreže. Da bi koristio Media Box korisnik se prvo mora registrovati za tu uslugu i dobiti svoj nalog. Korisnik se može registrovati kao korisnik fiksne ili mobilne telefonije, dobiti kvotu za online prostor (u GB), odraditi verifikaciju i time aktivirati nalog za korištenje.

Media Box projekat tehnički krije iza sebe mnogo više od onoga što korisnici na prvi pogled vide i što će koristiti. Projekat je rađen u periodu od nekoliko mjeseci a uključuje čak četiri zemlje (Crna Gora, Hrvatska, Makedonija, Njemačka), desetak servera, mrežnu infrastrukturu, timove programera i još mnogo toga. Čitav sistem zove se DLSi rešenje i u najvećem dijelu je odrađen u saradnji sa Hrvatskim Telekomom (HT).

S obzirom na veličinu projekta, u ovom radu akcenat će biti na pozadinskoj logici koja je urađena u Crnogorskom Telekomu (CT Back End) i njenoj integraciji sa samim Media Box-om.

Dakle, priča počinje na internetu, na stranici www.telekom.me. Prečica za Media Box vodi do stranice za prijavu na sistem ili registraciju za uslugu.

Marketing pravila za Media Box uslugu kažu da se korisnik može registrovati kao korisnik mobilne telefonije, čime se za verifikaciju koriste poslednjih 6 cifara sa njegove SIM kartice. Korisnik se takođe može registrovati i kao korisnik fiksne telefonije tj. adsl naloga vezanog za neki broj fiksnog telefona, u kom slučaju se za verifikaciju koristi mail adresa samog adsl naloga.

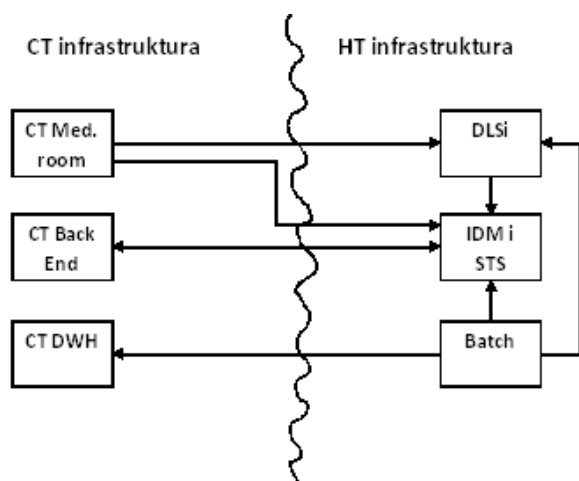
Poslije unosa osnovnih podataka za registraciju, vrši se pozadinska obrada podataka, provjera naloga, trenutnog statusa korisnika i dodjela kvote po šemi:

- Za korisnike mobilne telefonije
 - 10 GB za
 - Smart15 & Int15
 - Smart25 & Int5
 - Smart25 & Int15
 - Smart50 & Int5
 - Smart50 & Int15
 - 2 GB za
 - Smart5 & Int15
 - Smart15 & Int5
 - Smart5
 - Smart15
 - Smart25
 - Smart50
 -
- Za korisnike fiksne telefonije
 - 10 GB za
 - Extra Trio mini
 - Extra Trio Flat 2
 - Extra Trio Flat 5
 - Fl@T 5
 - Fl@T 7
 - 2 GB za
 - Basic paketi
 - Fl@T 2

Poslije uspješne obrade podataka slijedi verifikacija korisnika. Ukoliko je u pitanju korisnik mobilne telefonije, onda mu se putem SMS-a šalje verifikacioni kod. Isti kod šalje se i korisnicima fiksne telefonije ali na mail adresu adsl naloga vezanog za taj fiksni telefon. Ovim akcijama se sprečava zloupotreba podataka drugih korisnika ili lažno prijavljivanje korištenjem tuđih podataka. Ukoliko je

verifikacija uspješna nalog se proglašava aktivnim i korištenje Media Boxa može da počne.

Na slici 1. prikazan je CT Back End sistem i njegovo mjesto u cjelokupnom rešenju.



Slika 1. Tačke integracije CT-a i HT-a

Radi boljeg shvatanja cijelog sistema slijedi kratak opis bitnih komponenti.

IDM je softverska komponenta koja omogućava prijavu korisnika, integraciju sa back-end sistemima kao i korištenje Media Box-a. Razvija je HT.

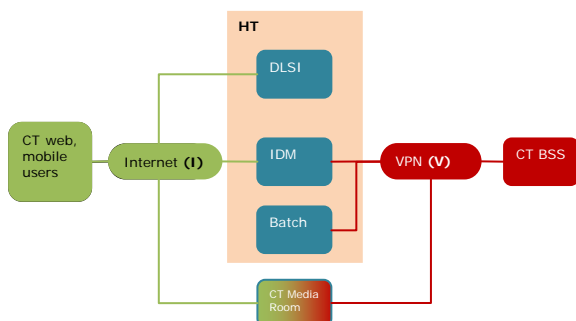
Batch sistem je poseban server u HT-u za izvršavanje povremenih odnosno redovnih zadataka. Koristi se za transfer podataka potrebnih za generisanje statistika o korištenju DLSi sistema od strane korisnika CT-a.

CT Mediaroom je aplikacija koja se izvršava na CT IPTV platformi i omogućuje korištenje DLSi rješenja na TV ekranu.

CT DWH je data warehouse sistem CT-a koji, na osnovu svakodneвно isporučenih podataka, generiše potrebne statistike.

3. MREŽNI KONCEPT

Media Box rešenje podrazumijeva korištenje javnog interneta i korporativne mreže. Komponente sistema i potrebne mrežne veze među njima prikazane su na slici 2.



Slika 2. Mrežna komunikacija među komponentama

Internet konekcija tj. javni internet koristi se za pristup DLSi sistemu putem:

- Web-a (internet pretraživač na računaru)
- Mobilne aplikacije (IOS i Android)
- Mobilnog web-a (mobilni internet pretraživač)

Internet pristup svim „javnim“ web formama DLSi sistema moguć je bez ograničenja. Sav web pristup ostvaruje se preko sigurnog HTTPS protokola.

VPN konekcija se koristiti za system – to – system komunikaciju, a konkretno za:

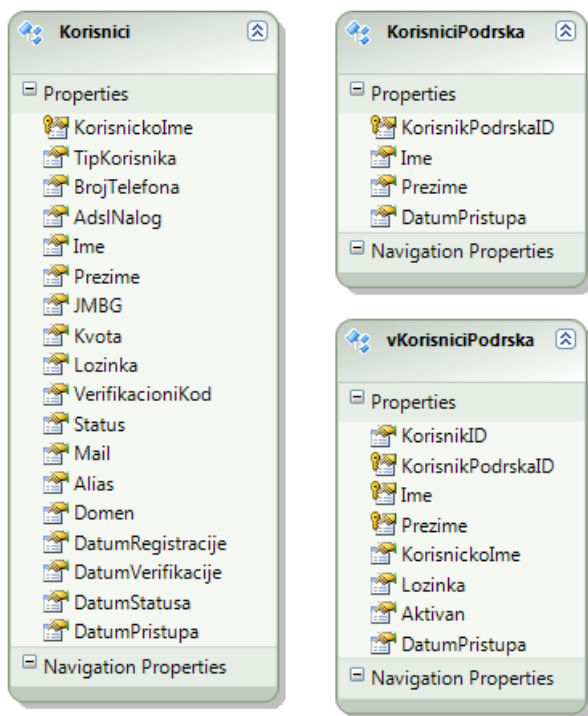
- Pozive IDM-a prema CT Back End sistemu:
 - Provjeru korisničkih podataka (korisničko ime, šifra) kod prijave u DLSi
 - Dobijanje parametara (quota, kontakt, ...) DLSi korisnika
 - Slanje informacije o aktivaciji DLSi-a
- Notifikacije CT Back End sistema prema IDM-u:
 - Privremeno ili trajno isključenje DLSi-a za određenog korisnika
- Komunikaciju Media box klijentske aplikacije prema IDM-u
- Dostavu podataka potrebnih za statističke obrade u CT DWH
- Pristup aplikaciji za upravljanje od strane zaposlenih u CT korisničkoj podršci

4. IDM KOMPONENTA I CT BACK END

IDM je web aplikacija i glavna integracijska komponenta između CT Back End i DLSi sistema. IDM implementira sledeće funkcionalnosti:

- Prijavu (prikaz login forme, provjeru login podataka u CT Back End sistemu, prikaz greške kod neuspješne ili iniciranje rada kod uspješne prijave) i odjavu iz DLSi
- Aktivaciju DLSi što uključuje prikaz forme sa uslovima korištenja i njihovo prihvatanje, kao i prikaz aktivacijske quote
- Lokalnu bazu s parametrima DLSi korisnika
- Programske interfejsne za upravljanje (aktivacija, deaktivacija) DLSi aplikacije

Baza korisnika Media Box-a smještena je na CT strani a na slici 3. je prikazana šema iste:



Slika 3. Model podataka

CT Back End sistem sastoji se od:

- Oracle-ovih procedura na strani bilinga fiksne telefonije za dobijanje informacija o korisniku po mail adresi (ukoliko se koristi Media Box kao korisnik fiksne telefonije ili Extra TV-a), kao i određivanje kvote za korisnika [2]
- Oracle-ovih procedura na strani bilinga mobilne telefonije za dobijanje informacija o korisniku po broju telefona (ukoliko se koristi Media Box kao korisnik mobilne telefonije), kao i određivanje kvote za korisnika [2]
- Web servisa za registraciju i verifikaciju korisnika – wsMediaBoxRegistracijaKorisnika [1]
- Web servisa za prijavu korisnika na Media Box – wsMediaBoxPrijavaKorisnika [1]
- Web servisa za prijavu korisnika tehničke podrške – wsMediaBoxPrijavaKorisnikaPodrske [1]
- MSSQL job-a za svakodnevnu provjera statusa korisnika (aktivan, neaktivan, ...) i podešavanje statusa na nivou Media Box-a, što znači da ukoliko korisnik nije platio račun i isključen je u jednom ili oba pravca, Media Box nalog će takođe biti onemogućen do plaćanja računa. Provjerava se i promjena paketa korisnika, pa se shodno tome i mijenja kvota koju korisnik ima na manju ili veću. Ukoliko se kvota mijenja na manju, sa 10 GB na 2 GB, a korisnik je već premašio 2 GB prostora, sadržaj se ne briše samo se onemogućuje dalji upload [3]

- MSSQL job-a za svakodnevnu provjera pristupa korisničkim nalogima, što znači da se provjerava da li je korisnik posljednjih 6 mjeseci koristio Media Box nalog, pa ukoliko nije nalog se briše i oslobađa, uz obavezno slanje maila upozorenja par puta prije isteka ovog perioda [3]

Kako web servisi predstavljaju srž Media Box Back End logike, dat je njihov kratak opis i primjer metoda.

Web servis **wsMediaBoxRegistracijaKorisnika** sastoji se od metoda:

- InicirajRegistracijuKorisnikaMobilne
- InicirajRegistracijuKorisnikaFiksne
- VerifikujKorisnika
- GenerisiVerifikacioniKod
- PromijeniLozinku
- ResetujLozinkuMobilne
- ResetujLozinkuFiksne

Dat je opis jedne od metoda web servisa, *InicirajRegistracijuKorisnikaMobilne*:

Ulazne vrijednosti

string hash	Hash za poziv metode
string brojTelefona	Broj telefona u formatu $^{*}06d\{7,8\}$
string kontrolaSIM	Zadnjih 6 cifara SIM-a $^{*}d\{6\}$
string mbKorisnickoIme	Korisničko ime $^{*}[S]\{1,50\}$
string mbLozinka	Lozinka $^{*}[S]\{1,50\}$

Povratne vrijednosti

- String

Moguće vrijednosti:

- "E0" - Sistemska greška
- "E1" - Broj telefona nije u ispravnom formatu
- "E2" - Kontrolni broj SIM kartice nije u ispravnom formatu
- "E3" - Korisničko ime nije u ispravnom formatu
- "E4" - Lozinka nije u ispravnom formatu
- "E5" - Neispravni podaci o korisniku
- "E6" - Neispravan broj telefona
- "E7" - Neispravan JMBG korisnika
- "E8" - Neispravna lozinka
- "E9" - Korisnik sa datim korisničkim imenom već postoji u bazi registrovanih korisnika
- "E10" - Korisnik sa datim brojem telefona je već registrovan sa drugim podacima
- "E11" - Korisnik sa datim JMBG je već registrovan sa drugim podacima
- "E12" - Korisnik ne ispunjava uslove za MediaBox
- "E13" - Greška pri slanju SMS notifikacije korisniku sa verifikacionim kodom
- "1" - Korisnik je uspješno registrovan

- "2" - Korisnik je već registrovan ali nije verifikovan
- "3" - Korisnik je već registrovan i verifikovan

Web servis **wsMediaBoxPrijavaKorisnika** sastoji se od metoda:

- checkLogin
- dlsiBackendData
- dlsiNotification

Web servis **wsMediaBoxPrijavaKorisnikaPodrske** sastoji se od metoda:

- checkLogin

5. ZAKLJUČAK

Media Box ispunjava očekivanja korisnika, podiže nivo vrijednosti servisa i izdvaja CT od konkurencije. Kreira jedinstveno korisničko iskustvo kroz privlačan, konzistentan

i jednostavan dizajn, intuitivan i lako upotrebljiv na svim ekranima (mobilni, PC, Exta TV).

U domenu ovako velikog projekta, tim Crnogorskog Telekoma je samostalno i sa svojim resursima razvio pozadinsku logiku potrebnu za ovu platformu. Ista pozadina koristi se u radu internet, mobilne ili IPTV aplikacije. Cijela pozadina je mrežnom komunikacijom povezana sa Hrvatskim Telekomom, čijoj su platform korisnici i podaci o njima propagirani. Kompletna pozadina je urađena u skladu sa sigurnosnim standardima Deutche Telekoma.

LITERATURA

[1] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms123401.aspx>

[2] http://docs.oracle.com/html/B16022_01/ch3.htm

[3] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms187910.aspx>

SIGURNOSNI ELEMENTI U NFC TEHNOLOGIJI SECURE ELEMENTS IN NFC

Gorica Nikolić, Nemanja Ognjanović, Aleksandar Obradović *Telekom Srbija a.d.*

Sadržaj: *Sigurnosni element je deo uređaja koji treba da bezbedno sačuva poverljive podatke (na primer sigurnosne ključeve) i izvršava neophodne programe, u cilju obezbeđivanja sigurnosti i poverljivosti koji su neophodni kao podrška različitim poslovnim primenama. Sigurnosni element se može realizovati na više načina, kao deo SIM kartice (UICC), može biti ugrađen kao sastavni deo uređaja ili dodat uređaju kao zasebna chip ili SD kartica.*

Abstract: *Secure Element (SE) is a component in a device capable of securely storing and executing applications and their secret data (e.g. keys), in order to provide security and confidentiality required to support various business models. Secure Elements can exist in any form factor such as UICC, Embedded Secure Elements, Chip Cards, SD Cards, etc*

1. INTRODUCTION

NFC (Near Field Communication) introduced almost a decade ago is entering the consumer technology mass market and it will be available soon on many millions of smart phones and portable personal information devices such as mobile phones and tablet computers. NFC allows a short-range wireless data connection that enables an array of new consumer services!

Simply put, NFC technology promises new levels of convenience for mobile devices users. With the widespread usage of smart phones globally, powerful, easy-to-use computing is now present almost everywhere. Consumers have high expectations and now expect that a single device can be used to access a suite of converged services that use the mobile network for communications, entertainment and more and more increasingly, e-commerce. With NFC, the same mobile device becomes a platform for new applications that will massively improve the total consumer experience using smart mobile phones and similar devices.

Many of these services, in particular those described as "electronic wallet" functions, use information that users want to keep secret and private. In fact, high confidence that personal data and financial transactions are protected is most important to wide market success for NFC.

The Introduction briefly describes NFC Technology and why security plays so important role for end users. Chapter "Security Model" gives an overview of typical NFC security model, while chapter III provides more details about NFC Security Domains (SD) and Trusted Service Manager (TSM). Chapter IV describes Security Element (SE) chip security - Interface to the SE and Communication between the NFC chip and Contactless Reader.

2. NFC SECURITY MODEL

Wide market success of NFC depends on three related aspects of the system security: trust that personal and secret (e.g. financial) data used in applications remains secret, flexibility of the security technology available to handset

manufacturers and service providers, and overall system performance, which corresponds to consumer satisfaction with the convenience of NFC applications. The best way to achieve those challenges is hardware based security.

A secure NFC platform includes:

1) *Baseband or Application Processor*

This is a high-performance central processing unit which meets demanding performance specifications. The baseband is frequently upgraded from one product generation to the next one, with new technology integrated at 6-12 month intervals.

2) *RF connectivity device*

The device provides additional wireless connectivity to a handheld and typically incorporates additional RF modes (i.e., WLAN, Bluetooth). Integration of many different RF modes onto this chip is a result of manufacturer goals for miniaturization and cost reduction of the platform.

3) *Contactless Front-End (CLF) Modem/Controller*

The controller manages the specific NFC communications protocols and interface to the NFC antenna. Currently the controller is implemented as stand-alone device which may in some cases be packaged in a module with a Secure Element.

4) *Secure Element*

This is a security microcontroller, similar to controllers used for smart card and e-Identity applications. Industry practice which is accepted for the security controller is that it meets requirements of the industry standard - Common Criteria security evaluation. Secure element may be integrated into the platform in few different ways, e.g. Embedded Secure Elements, Chip Cards, SD Cards, etc.

3. NFC SECURE ELEMENT

NFC architecture requires at least one chip - NFC RF Controller. However, in order to run secure applications such as contactless payment, public transport ticketing or access to buildings, there is a need for a specialized chip, called the Secure Element.

The NFC RF Controller can interact with devices such as Tags, RF Readers, or other NFC Peers when they are in close

distance to one another - usually less than 10 cm. The NFC RF Controller is connected to a Host Controller, which can be Baseband or Application Processor on an NFC enabled device, or the main CPU in a PC.

A Secure Element is separate chip which contains a secure processor, tamperproof storage and execution memory. Its sole purpose is to enable secure transactions. The Secure Element runs applications which rely on secure keys stored inside the processor. Secure elements exist in many form factors, however this document will focus on Embedded Secure Elements and their usage in NFC. Example of Embedded Secure Element is shown on Fig. 1.

Handset manufacturers that integrate the embedded SE in their mobile devices can then manage their own NFC applications and establish a secure Root of Trust for their mobile device services. In all cases, the NFC applications can be pre-loaded or installed OTA (Over-The-Air) by the end user through a TSM (Trusted Service Manager). For some applications which do not require high level of security, such as device pairing or simple data exchange initiated by user wish, the NFC communications may run directly between the baseband processor and the NFC connectivity chip.

Secure element consists of Provider Security Domain, Card Issuer Security Domain, Card Manager, Global Platform API, Run-Time Environment & Hardware-neutral API (JCRE), Issuer Application and Provider Application.

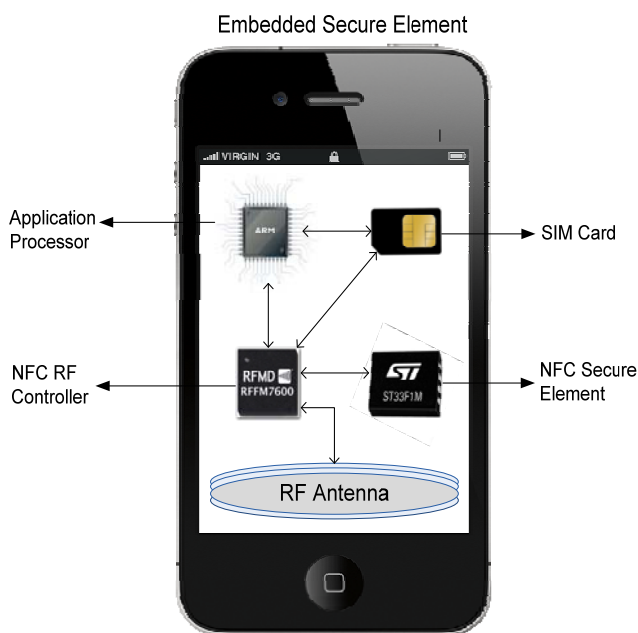


Fig.1. Embedded SE

The secure element embedded in mobile devices is usually compliant to GlobalPlatform standards which are necessary for better interoperability.

A. Security Domains and Hierarchy

The GlobalPlatform Card specification (Version 2.2.1) [1] describes multiple security domains that use authorized and delegated management to allow an application to be loaded and run inside the secure element.

Any GlobalPlatform compatible secure element comes with one issuer security domain (ISD) and the option for multiple supplemental security domains (SSDs). The SSDs can be TSM security domains or domains belonging to businesses (such as credit card companies, ticket selling companies, prepaid or loyalty card schemes, or public transport card issuers). Additionally, each secure element can have only one controlling authority security domain (CASD). This security domain architecture allows the service provider and trusted service manager to control key management and application verification process during loading and installation.

The ISD is part of the secure element in which the Mobile Network Operator (MNO) can store its own keys for OTA provisioning, Card content management and Security domain management.

The ISD has privileges for global management, authorized management, and security domain management for the secure element. The ISD must be created during device's manufacturing process and the key for card content management securely handed over from the device manufacturer to the MNO. The ISD must approve all newly created SSDs. Only the ISD has the privileges to create an SSD and assign authorized or delegated management privileges.

An SSD can have its own card manager key for loading applications. The ISD can allocate different sets of privileges (based, for example, on different business relationships) to the SSD nominated as the TSM security domain and the SSD nominated as the service provider security domain.

Different types of Security Domains are supported:

B. Pre-created SD and pre-assigned SD

In this case, the security domains are created in factory during the SE personalization (before issuance).

As the issuer of the SE, the MNO can decide to either:

1) Provide information about the SD (especially keys) to the TSM of the service provider once the personalization is done (batch exchange).

The transfer of the SD keys between the different factories producing SE and the Service Provider TSM will be done using standard key exchanges between HSM (Hardware Security Module). In this case the MNO does not know the SD keys at any moment.

2) Keep the information and provide the SD details to the service provider only in return of the eligibility process.

In this case, even if the Service Provider changes the keys, the security is quite lower than the previous option.

C. Pre-created SD, dynamically assigned to SP:

In this case, at the end of the eligibility, the TSM MNO decides to assign one available SD to the Service Provider. The information is provided by the TSM MNO to the TSM SP in return of the eligibility process.

D. Dynamically OTA created SD

In this case, after the eligibility and the creation of the SD under the control of the TSM MNO, the information is provided to the TSM for service provider.

E. TSM

TSM is a relatively new role required in a mobile NFC ecosystem. The most important services which Trusted Service Manager offers are security management and provisioning of the applications issued by service providers, such as banks, transport or ticketing authorities, merchants, or other business. Services are provided Over the Air (OTA) and include, for example, download, installation, personalization and management of the applications to the secure element of the device equipped with NFC controller. The SIM, a portable, secure and already existing smart card component will be the first choice for secure element form factor for mobile phones and similar devices.[2] However, the Trusted Service Manager can support additional secure element form factors as well (Fig. 2).

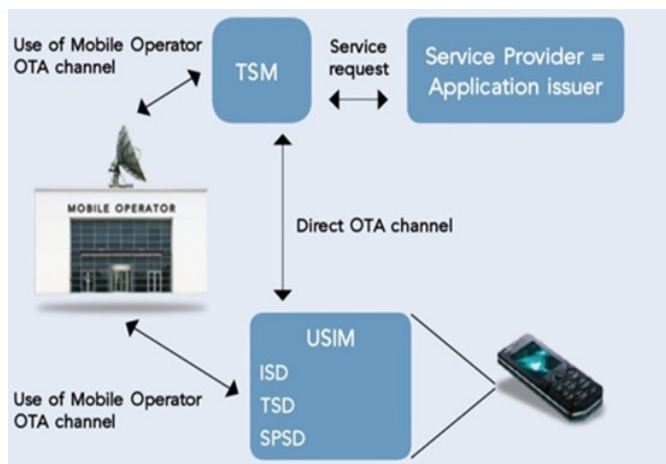


Fig.2. 3rd party TSM management of SIM cards

Those new functions include:

- 1) Issuing and managing trusted application execution environment
- 2) Assigning trusted areas inside the trusted application execution environment for a required service
- 3) Managing security keys for the trusted application execution environment
- 4) Securely downloading applications to NFC enabled devices
- 5) Personalizing applications
- 6) Locking, unlocking and deleting applications in line with user or a service provider requests

These tasks can be performed by MNOs, service providers or third parties, and all of them or just a part can be handed over to some other party.

NFC Trusted Service Manager requirements:

- 1) The NFC TSM should be responsible to authorize and securely deliver trusted application to an NFC enabled device
- 2) The NFC TSM should manage trusted applications on an NFC enabled device.

3) The NFC TSM should allow multi-issuer coexistence on a trusted application execution environment and be responsible to assign a trusted area to a service.

4) The NFC TSM should be able to lock/unlock trusted applications.

4. CHIP-LEVEL SECURITY

The Multi-layer security architecture of a smart card chip is described [3]. Security features build into the secure microcontrollers used in smart cards can stop attackers from accessing secret details stored on the smart card.

For example, the SIMs and USIMs in mobile devices are smart card chips, and are resistant to any tampering. Smart card chips contain a variety of hardware and software features that can detect and react to data interfering and help prevent possible attacks. For example, the chips are manufactured with safety features such as extra layers of metal, sensors to detect thermal and UV light attacks, and additional software and hardware circuitry to prevent various power analysis.

With contact and contactless interfaces, increasingly powerful processors, a wide range of memory options, and flexible implementation of both symmetric and asymmetric cryptographic algorithms, smart card technology is a critical component of a secure system design [4].

A. API Interface to the Secure Element

An API between applications installed on the device and the secure element is needed to enable over-the-air and local card management services. For devices that use Java, two Java APIs to the secure element are available: JSR 177, to access SIM cards, and JSR 257, to access the NFC chip (Fig. 3). [5]

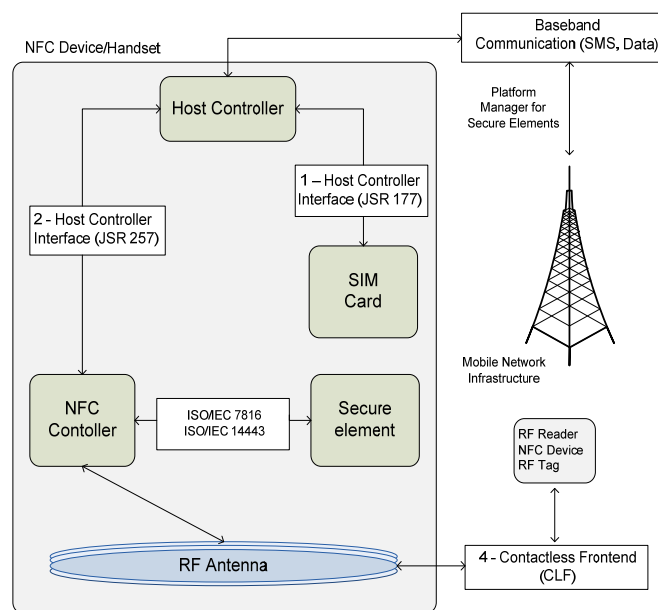


Fig.3. OTA-Manager for Secure Element

For devices that do not support Java, the device or its operating system producer need to provide equivalent APIs to access the secure element and NFC chip.

A recommended practice is to require all applications installed on the device that need to communicate to the secure element to be authenticated by a trusted entity (e.g., the MNO or device manufacturer). The device's operating system will then prevent access to the secure element APIs by any non-trusted applications.

B. Communication between the NFC chip and the Contactless Reader

Communication between the secure element the application and the contactless reader via the NFC chip is based on two standards: ISO 7816 and ISO 14443. The standard ISO 14443 helps both, the reader and the NFC chip to establish the device's parameters for the required NFC communication. The NFC chip then exchange data with the contactless reader using an application protocol data unit (APDU). The structure of an APDU is defined by the standard ISO 7816-4.

SWP (Single Wire Protocol) is Contactless Frontend Interface standardized by ETSI to connect a UICC to a contactless frontend. SWP protocol is used for communication between SIM card and NFC chipset. SWP has battery off mode. On Figure 1, SWP SIM serves for Application logic (Java) and User credentials. Also, it is Open Platform enabled.

NFC is compatible with today's field proven contactless Mifare®, FeliCa™ and ISO14443 Type A and B smart cards, performs data exchange rate up to 424kbit/s.

Key Set is use to establish Secure Channel between card application (Applet) and host application.

A Key Set consists of Secure Channel Encryption Key (S-ENC), Secure Channel Message Authentication Code Key (S-MAC) and Key Encryption Key (KEK) [6].

Chipset manufacturers provide the integrated circuit components (ICs) needed for all devices equipped with NFC chip, in line with the relevant technical standards (ISO, ETSI, ECMA, and NFC Forum). Chipset development is carried out in close cooperation with handset manufacturers and service providers in order to satisfy application requirements.

These chipsets include:

1) Components for the NFC Controller, drivers for the controller and middleware component used in NFC devices and reader/writer terminals,

2) Components for the trusted execution environments (UICC, removable for phones, embedded, and SAMs for terminals), in many cases including the pre-personalization of such devices, Components for smart tags (for example, tags used in smart posters, etc.)

Chipset manufacturers significantly contribute to standardization efforts inside relevant organizations. Their contribution is based on their expertise in NFC and related

areas such as RFID (Radio-frequency identification) and contactless smart cards.

5. CONCLUSION

For many reasons, the SE remains a standalone component and its functionality is not likely to be part of any system chip of the mobile device. Microcontrollers used for SEs have unique design, physical characteristics and they require extensive third-party certification. The most widely used standard for this is the international standard (ISO/IEC 15408) Common Criteria for International Security Evaluation, which involves certification of processes at many points in the product lifecycle.

Such demanding effort to integrate security into the application processor, for example, would slow the time-to-market cycle of the chip and would likely sacrifice at least some of the features that the chip producer may implement. This does not make integration of high-level security into a "system-on-chip" type device economically feasible. Instead, a key role for design of the SE is to achieve the smallest possible chip footprint (which contributes to overall device miniaturization) and the best possible in-system performance

ACKNOWLEDGEMENT

"This work has been performed in the framework the ICT project ICT-5-258512 EXALTED, which is partly funded by the European Union. The authors would like to acknowledge the contributions of their colleagues from the EXALTED project."

REFERENCES

- [1] GlobalPlatform, "GlobalPlatform Card Contactless Services - Card Specification version 2.2.1", January 2011.
- [2] <http://www.cryptomathic.com/news-events/blog/3rdparty-tsm-management-of-sim-cards>.
- [3] Smart Card Alliance, "What Makes a Smart Card Secure?", Smart Card Alliance, 191 Clarksville Rd. Princeton Junction, NJ 08550, CPMC-08002, October 2008.
- [4] Smart Card Alliance, "Security of Proximity Mobile Payments", Smart Card Alliance, 191 Clarksville Rd. Princeton Junction, NJ 08550, CPMC-09001, May 2009.
- [5] Gerald Madlmayr, "Management of Multiple Secure Elements in NFC-Devices", NFC Research Lab, Hagenberg, Cardis 2008, http://www.nfc-research.at/fileadmin/papers/2008/09/2008_09_11_Cardis.pdf.
- [6] Dr. Char-Shin Miou, "Mobile Security Application Current Status Overview in Taiwan", Chunghwa Telecom. Co, April 2011 <http://cwi.unik.no/images/Sim-Card-Evolution.pdf>

ANALIZA MODELA MULTICAST SAOBRAĆAJA ANALYSIS OF MULTICAST TRAFFIC MODELING

Vidak Kovačević, Milutin Radonjić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: U ovom radu su prikazani i detaljno analizirani različiti načini modelovanja dolaznog *multicast* saobraćaja. Glavna razlika između prikazanih modela je u funkciji raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a dolaznih *multicast* ćelija. Prikazana su dva modela raspodjele vrijednosti *fanout*-a: modifikovana geometrijska i uniformna raspodjela vjerovatnoća. U cilju analize i primjene navedenih modela *multicast* saobraćaja, realizovan je generator *multicast* saobraćaja, koji će u ovom radu biti prezentovan.

Abstract: In this paper we presented and analyzed different models of *multicast* traffic. The main difference among presented models is in the *fanout* distribution of an incoming *multicast* cell. Two different models of *fanout* distribution are shown: modified geometric and uniform. In order to analyze and apply presented models of *multicast* traffic, the *multicast* traffic generator is implemented and presented in this paper.

1. UVOD

Efikasno prosleđivanje *multicast* saobraćaja jeste sposobnost komutatora da prosljedi ćelije (pakete fiksne dužine) sa jednog ulaznog porta na dva ili više izlaznih portova, uz odgovarajući kvalitet servisa. Ovo je veoma važno zbog značajnog porasta *multicast* saobraćaja na Internetu, uslijed razvoja novih aplikacija kao što su IPTV (*Internet Protocol TeleVision*), telekonferencija, učenje na daljinu, radio i televizijski prenos, kao i mnogih drugih. Implementacija komutatora koji podržavaju *multicast* saobraćaj uvodi poboljšanja u pogledu iskorišćenja resursa mreže i vremena potrebnog za prenos podataka. Za razliku od *unicast* saobraćaja, kod koga se podrazumijeva slanje ćelije sa jednog ulaznog na jedan izlazni port, kod *multicast* saobraćaja, ćelija se sa jednog ulaznog porta šalje na dva ili više izlaznih portova komutatora. Broj izlaza na koje je *multicast* ćelija adresirana naziva se *fanout*-om *multicast* ćelije i obilježava se sa f , dok se određeni skup izlaza na koje je ona adresirana naziva *fanout set*-om (za $N \times N$ komutator postoji N različitih mogućih vrijednosti *fanout*-a i $2^N - 1$ različitih *fanout set*-ova). Ukoliko je vrijednost *fanout*-a jednak jedinici, radi se o *unicast* ćeliji.

Kao posljedica *multicast*-a, dolazi do povećanja intenziteta saobraćaja unutar samog komutatora, odnosno izlazno opterećenje postaje veće od ulaznog opterećenja komutatora. Uslijed ovog povećanja, veoma lako može doći do preopterećenja izlaznih portova komutatora, odnosno do pojave *non-admissible* saobraćaja [1]. U cilju izbjegavanja preopterećenja, potrebno je precizno modelovati *multicast* saobraćaj i na osnovu tog modela odrediti maksimalno dozvoljeno ulazno opterećenje komutatora. Takođe, pod uticajem dolaznog saobraćaja, procjenjuju se performanse komutatora i vrši njegova optimizacija implementacijom različitih algoritama raspoređivanja. Samim tim, precizno modelovanje dolaznog saobraćaja igra ključnu ulogu u procesu evaluacije performansi novih arhitektura komutatora. Iako je potpuno precizan model dolaznog saobraćaja veoma teško adekvatno definisati, u literaturi se mogu pronaći različiti modeli dolaznog *multicast* saobraćaja [2-7]. Glavna

razlika između predloženih modela je u načinu modelovanja *fanout* raspodjele *multicast* ćelija. U zavisnosti od raspodjele vjerovatnoća sa kojima dolazna *multicast* ćelija ima *fanout* određene dužine, postoji više načina modelovanja *fanout* raspodjele. U fokusu ovog rada je detaljna analiza nekoliko modela *fanout* raspodjele, a samim tim i analiza odgovarajućih modela dolaznog *multicast* saobraćaja. U radu će biti prikazana dva osnovna modela raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a: modifikovana geometrijska i uniformna raspodjela. Takođe, realizovan je i originalni generator navedenih modela *multicast* saobraćaja.

Rad je organizovan na sljedeći način. U drugom poglavlju su prikazani i detaljno analizirani različiti načini modelovanja raspodjele vjerovatnoća veličine *fanout*-a. Generator saobraćaja je prikazan u trećem poglavlju, dok su na kraju data zaključna razmatranja.

2. MODELOVANJE FANOUT RASPODJELE

Kada *multicast* ćelija dođe na ulaz komutatora, ona na osnovu svog *fanout set*-a biva prosljeđena na odgovarajuće izlaze. Srednja vrijednost *fanout*-a (\bar{F}) je parametar koji statistički opisuje *multicast* saobraćaj. Naime, on predstavlja sumu svih vrijednosti *fanout*-a pristiglih ćelija (uključujući i *unicast* ćelije čiji je *fanout* jednak jedinici), podijeljenu sa ukupnim brojem pristiglih ćelija. Ako se sa p_o i p_i označe izlazno, odnosno ulazno opterećenje, uticaj srednje vrijednosti *fanout*-a na veličinu izlaznog opterećenja može se prikazati sljedećom jednačinom:

$$p_o = \bar{F}p_i \quad (1)$$

Jednačina (1) pokazuje da srednja vrijednost *fanout*-a predstavlja parametar uslijed koga dolazi do povećanja intenziteta saobraćaja unutar samog komutatora. Iako srednja vrijednost *fanout*-a statistički opisuje *multicast* saobraćaj i specificira uslov da saobraćaj ostane *admissible* (saobraćaj će ostati *admissible* ukoliko je $p_o \leq 1$), ona ne pruža uvid u način

raspodjele vrijednosti *fanout*-a dolaznih ćelija, odnosno ne pruža informaciju o zastupljenosti pojedinačnih vrijednosti *fanout*-a u dolaznom saobraćaju. Kako od ove raspodjele mogu da zavise i performanse samog komutatora, u nastavku će biti prikazano nekoliko načina modelovanja *fanout* raspodjele dolaznih *multicast* ćelija.

Srednja vrijednost *fanout*-a za komutator veličine N i vjerovatnoću *multicast*-a q , pri modifikovanoj geometrijskoj raspodjeli vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a [2] – [4], je:

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^N i \frac{(1-q)q^{i-1}}{1-q^N} = \frac{1}{1-q} - \frac{Nq^N}{1-q^N} \quad (2)$$

U Tabeli 1. su prikazane srednje vrijednosti *fanout*-a, pri različitim vrijednostima q i N , dobijene saglasno jednačini (2). Može se uočiti da sa povećanjem q raste i \bar{F} . Takođe, sa povećanjem N , u slučaju većih vjerovatnoća q , vrijednost srednjeg *fanout*-a brže raste.

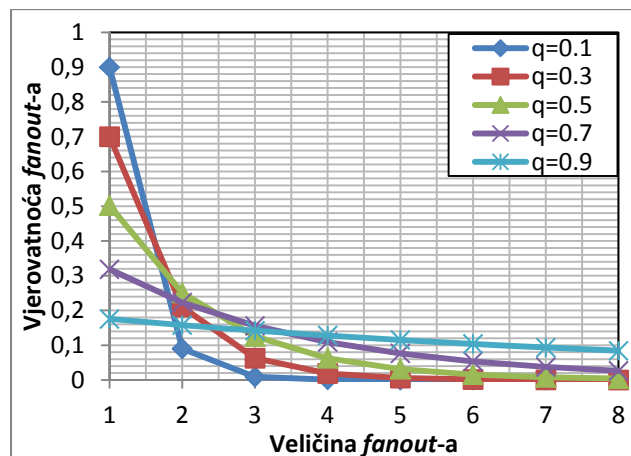
Tabela 1. Srednje vrijednosti *fanout*-a za modifikovanu geometrijsku raspodjelu vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a

N	8	16	32	64	128
q=0.1	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111
q=0.3	1.428	1.428	1.428	1.428	1.428
q=0.5	1.968	1.999	2	2	2
q=0.7	2.843	3.276	3.332	3.333	3.333
q=0.9	3.953	6.360	8.862	9.924	9.999

Od parametara N i q zavisi i funkcija raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a P_f , što je prikazano jednačinom (3).

$$P_f = \begin{cases} \frac{(1-q) \cdot q^{f-1}}{1-q^N}, & \text{za } 1 \leq f \leq N \\ 0, & \text{u ostalim slučajevima} \end{cases} \quad (3)$$

Saglasno jednačini (3), na slici 1 su prikazane funkcije raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a za različite vjerovatnoće *multicast*-a, u slučaju 8x8 komutatora. Kao što se sa slike 1 može vidjeti, dolazne *multicast* ćelije u najvećem broju slučajeva imaju *fanout* male veličine. Sa povećanjem q , smanjuju se vjerovatnoće malih vrijednosti *fanout*-a, dok vjerovatnoće velikih vrijednosti *fanout*-a blago rastu. Uslijed ograničenosti prostora, nisu prikazane funkcije raspodjele vrijednosti *fanout*-a u slučaju većih komutatora. Međutim, pokazuje se da funkcije raspodjele prate slične trendove kao u slučaju 8x8 komutatora. Razlika je u tome što uslijed povećanja veličine komutatora, raste i broj mogućih vrijednosti veličina *fanout*-a, što dovodi do toga da vjerovatnoće manjih vrijednosti *fanout*-a opadaju, dok vjerovatnoće većih vrijednosti *fanout*-a rastu. Samim tim, saglasno tabeli 1, povećava se i \bar{F} , što za posljedicu ima povećanje izlaznog opterećenja, koje se računa na osnovu jednačine (1). Ovim modelom se može simulirati dolazni saobraćaj koji u sebi sadrži veliki procenat *multicast*-a, a da pri tome vrijednost srednjeg *fanout*-a bude relativno mala.



Slika 1. Funkcije raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a pri različitim vjerovatnoćama *multicast*-a za 8x8 komutator, u slučaju modifikovane geometrijske raspodjele

Kod uniformne raspodjele možemo razmatrati dva njena aspekta. Prvi je uniformna raspodjela vrijednosti *fanout*-a, dok je drugi uniformna raspodjela *fanout set*-ova.

Saglasno [5], *fanout* svake dolazne *multicast* ćelije je uniformno distribuiran između 2 i N , gdje N predstavlja broj izlaznih portova komutatora. Ovaj model se naziva još i modifikovana uniformna raspodjela vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a. Shodno tome, \bar{F} iznosi $(N+2)/2$, i zavisi isključivo od veličine komutatora. Na ovaj način, vjerovatnoća da *multicast* ćelija ima *fanout* određene dužine identična je za sve dužine *fanout*-a i iznosi $q/(N-1)$. Izlazno opterećenje se, u ovom slučaju, određuje na osnovu jednačine (4):

$$p_0 = p \left[q\bar{F} + (1-q) \right] \quad (4)$$

U tabeli 2. su prikazane srednje vrijednosti *fanout*-a u zavisnosti od veličine komutatora, u slučaju modifikovane uniformne raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a. Takođe, saglasno jednačini (4) date su i maksimalne dozvoljene vrijednosti ulaznog opterećenja, pri kojima neće doći do preopterećenja izlaznih portova komutatora. Analizom podataka iz tabele 2. može se uočiti da se korišćenjem ove raspodjele javljaju veće vrijednosti \bar{F} u odnosu na one prikazane u tabeli 1. Takođe, kako ne bi došlo do preopterećenja izlaznih portova komutatora, za iste vrijednosti q i N , koristeći ovu raspodjelu, maksimalno dozvoljeno ulazno opterećenje je manje u odnosu na ono koje se dobija korišćenjem modifikovane geometrijske raspodjele.

Tabela 2. Maksimalna ulazna opterećenja u funkciji q i N , pri kojima ne dolazi do preopterećenja za modifikovanu uniformnu raspodjelu vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a

	N=8 $\bar{F}=5$	N=16 $\bar{F}=9$	N=32 $\bar{F}=17$	N=64 $\bar{F}=33$
q=0.1	0.71	0.55	0.38	0.23
q=0.3	0.45	0.29	0.17	0.09
q=0.5	0.33	0.20	0.11	0.05
q=0.7	0.26	0.15	0.08	0.04
q=0.9	0.21	0.12	0.06	0.03

Kao što se vidi iz tabele, pri ovom modelu raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a, javljaju se velike vrijednosti \bar{F} . Kako se izlazno opterećenje računara saglasno jednačini (4), ovaj model je pogodan za simulaciju dolaznog saobraćaja koji u sebi sadrži mali procenat *multicast*-a.

Još jedan model uniformne raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a je opisan u [6]. Svaka dolazna ćelija uniformno bira jednu od veličina *fanout*-a iz skupa $f = (1, 2, \dots, N)$. Na ovaj način srednja vrijednost *fanout*-a iznosi $(N+1)/2$, dok je vjerovatnoća da ćelija ima *fanout* određene dužine ista za sve veličine *fanout*-a i iznosi $1/N$. Takođe, vjerovatnoća da je dolazna ćelija *unicast* tipa iznosi $1/N$. Izlazno opterećenje se računara saglasno jednačini (1). Ovim modelom uniformne raspodjele simulira se dolazni saobraćaj koji je dominantno *multicast* tipa. Uslijed velikih vrijednosti srednjeg *fanout*-a, lako može doći do preopterećenja izlaznih portova. U cilju izbjegavanja preopterećenja, pri ovakvom modelu dolaznog saobraćaja, vrijednost ulaznog opterećenja mora biti veoma mala.

Prema uniformnoj raspodjeli *fanout set*-ova predloženoj u [7], *fanout set* se bira uniformno između svih mogućih *fanout set*-ova (ima ih $\sum_{f=1}^N \binom{N}{f}$, odnosno $2^N - 1$). Ako se sa N_c označi broj svih mogućih *fanout set*-ova, vjerovatnoća da *multicast* ćelija ima *fanout* dužine f dobija se iz jednačine (5):

$$Pf = \frac{\binom{N}{f}}{N_c} \quad (5)$$

Na osnovu jednačine (5), srednja vrijednost *fanout*-a se računa prema jednačini (6):

$$\bar{F} = \sum_{f=1}^N f \cdot \frac{\binom{N}{f}}{N_c} \quad (6)$$

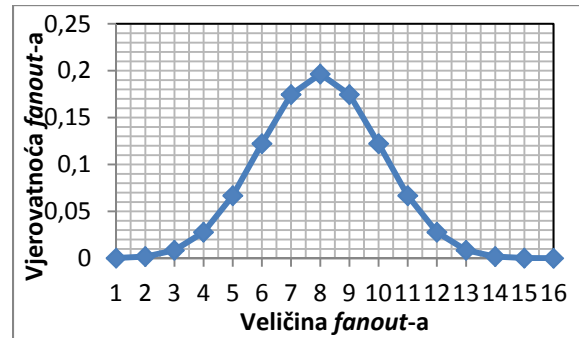
Izlazno opterećenje se računara saglasno jednačini (1).

U tabeli 3, saglasno jednačinama (6) i (1), prikazane su vrijednosti \bar{F} u zavisnosti od N , kao i maksimalna ulazna opterećenja pri kojima saobraćaj ostaje *admissible*.

Tabela 3. Vrijednosti \bar{F} i maksimalna ulazna opterećenja pri kojima ne dolazi do preopterećenja, za različito N

N	\bar{F}	P_i
8	4.0157	0.249
16	8	0.124
32	16	0.062
64	32	0.031

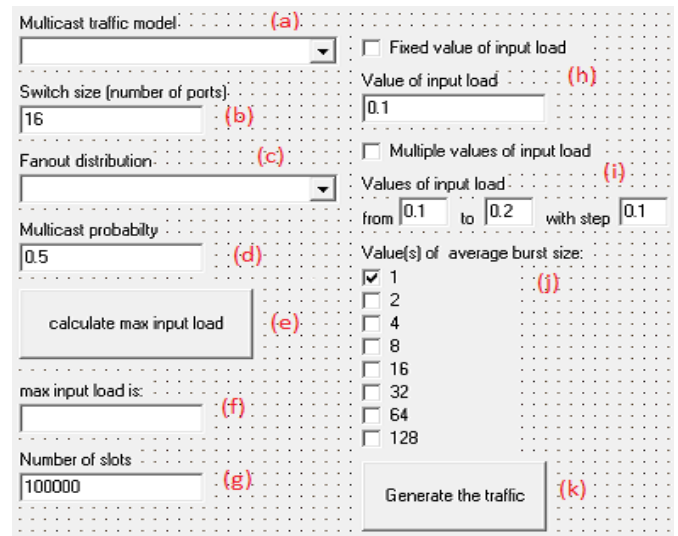
Na slici 2 je prikazana funkcija raspodjele vjerovatnoća *fanout*-a, za $N=16$, dobijena saglasno jednačini (5). Sa slike 2 se može zaključiti da dolazna *multicast* ćelija sa najvećom vjerovatnoćom uzima *fanout* veličine $N/2$, odnosno *fanout* koji je jednak vrijednosti \bar{F} . Za veće, odnosno manje vrijednosti *fanout*-a, vjerovatnoća naglo opada. Pokazuje se da funkcija raspodjele prati iste trendove u slučaju različitih veličina komutatora. Slično kao i kod uniformne raspodjele *fanout*-a, ovom raspodjelom se simulira dolazni saobraćaj koji sadrži veoma veliki procenat *multicast*-a.



Slika 2. Funkcija raspodjele vjerovatnoća *fanout*-a za 16x16 komutator, pri uniformnoj raspodjeli *fanout set*-ova

3. GENERATOR SAOBRAĆAJA

Da bi se izvršile simulacije u cilju određivanja performansi komutatora u uslovima prisutnog *multicast* dolaznog saobraćaja, potrebno je uspješno generisati navedeni saobraćaj. U tu svrhu je realizovan originalni generator *multicast* saobraćaja koji je napisan u programskom jeziku C. Grafički korisnički interfejs, preko koga se zadaju parametri i pokreće generisanje *multicast* saobraćaja, prikazan je na slici 3.



Slika 3. Grafički korisnički interfejs generatora saobraćaja

Generator je dizajniran na taj način da se unošenjem početnih parametara biraju karakteristike saobraćaja, veličina komutatora kojem je taj saobraćaj namijenjen i broj vremenskih slotova. Kao rezultat se dobija odgovarajuća matrica saobraćaja. Kao što se sa slike 3 može vidjeti, u polju označenom sa (a) zadaje se model dolaznog saobraćaja. Ovaj generator saobraćaja uvijek generiše *bursty* saobraćaj. U narednom polju, označenom sa (b), zadaje se veličina komutatora kojem je taj saobraćaj namijenjen. Polje (c) definiše model raspodjele vjerovatnoća vrijednosti *fanout*-a. Moguće je izabrati jedan od modela prikazanih u prethodnom poglavlju. U polju (d) unosi se vjerovatnoća *multicast*-a q . Kako je za uniformnu raspodjelu vjerovatnoća *fanout*-a i uniformnu raspodjelu vjerovatnoća *fanout set*-a, vjerovatnoća q definisana isključivo veličinom komutatora N , pri izboru jednog od ova dva modela, navedeno polje se onemogućava

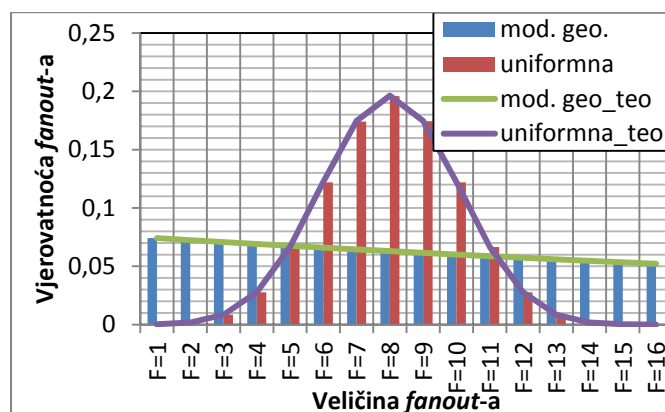
za upis od strane korisnika i u njega se programski upisuje odgovarajuća vrijednost vjerovatnoće *multicast*-a. Pritiskom na dugme označeno sa (e), na osnovu prethodno unijetih parametara, program računa maksimalnu vrijednost ulaznog opterećenja pri kojem ne dolazi do preopterećenja izlaznih portova, i upisuje tu vrijednost u polje označeno sa (f). U polju označenom sa (g) unosi se broj vremenskih slotova. Pomoću polja (h) i (i) bira se vrijednost ulaznog opterećenja, odnosno niz vrijednosti ulaznih opterećenja, unošenjem početne i krajnje vrijednosti ulaznog opterećenja i definisanjem koraka između njih. Polje (j) služi za izbor vrijednosti srednjeg trajanja *burst*-a. Pritiskom na dugme (k), pokreće se generator saobraćaja. Generator saobraćaja nudi mogućnost ispisivanja karakteristika generisanog saobraćaja u tekstualni fajl. U tekstualnom fajlu se, pored parametara koji se zadaju preko grafičkog korisničkog interfejsa, nalaze i informacije o vjerovatnoćama generisanja svih veličina *fanout*-a, kao i srednja vrijednost *fanout*-a. Pored navedenih informacija, pomenuti tekstualni fajl daje ukupan raspored zahtijeva za slanje ćelija sa svakog ulaza na svaki izlaz, kao i generisano srednje opterećenje. Takođe, generator saobraćaja nudi mogućnost ispisivanja ukupnog broja ćelija sa određenom veličinom *fanout*-a u tekstualni fajl.

Na slici 4 je prikazana raspodjela vjerovatnoća *fanout*-a dobijena na osnovu podataka iz ovog fajla, pri generisanju *multicast* saobraćaja sa modifikovanom geometrijskom raspodjelom vjerovatnoća *fanout*-a i uniformnom raspodjelom vjerovatnoća *fanout set*-ova. Saobraćaj je generisan u toku 10 miliona vremenskih slotova, za $N=16$ pri maksimalnom izlaznom opterećenju ($p_0=1$) i srednjoj vrijednosti *fanout*-a $\bar{F}=8$. Takođe, na slici 4 su prikazane i teorijske vrijednosti dobijene analitičkim putem. Kao što se može vidjeti, za istu vrijednost srednjeg *fanout*-a, uniformna funkcija raspodjela *fanout set*-ova i modifikovana geometrijska funkcija raspodjela se znatno razlikuju. Uniformna prati oblik zvona i ima najveću vrijednost za veličine *fanout*-a koje su jednake vrijednosti srednjeg *fanout*-a. Kada je u pitanju modifikovana geometrijska funkcija raspodjele, vidi se da je ona blago linearno opadajuća, odnosno da sve vrijednosti *fanout*-a imaju približno iste vjerovatnoće. Može se zaključiti da generator saobraćaja uspješno generiše zahtijevani saobraćaj, jer se teorijski očekivane karakteristike saobraćaja podudaraju sa karakteristikama generisanog saobraćaja.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat pregled različitih načina modelovanja *multicast* saobraćaja. Posebna pažnja posvećena je modelovanju raspodjele veličina *fanout*-a. Prikazana su dva načina modelovanja raspodjele veličina *fanout*-a: modifikovana geometrijska i uniformna raspodjela. Pokazuje se da, iako svaka od navedenih raspodjela, pri određenim parametrima daje istu srednju vrijednost *fanout*-a, raspodjela trenutnih veličina *fanout*-a varira. Pri modifikovanoj geometrijskoj raspodjeli, dolazna *multicast* ćelija sa najvećom vjerovatnoćom ima *fanout* male veličine. Kada je riječ o uniformnoj raspodjeli, najvjerovatniji su *fanout*-i veličine $N/2$. Kako performanse komutatora mogu da zavise od načina modelovanja raspodjele veličina *fanout*-a dalji pravci istraživanja će biti usmjereni prema uticaju različitih

modela dolaznog *multicast* saobraćaja na performanse komutatora.



Slika 4. Raspodjela vjerovatnoća *fanout*-a

ZAHVALNICA

Rad je dijelom finansiran sredstvima projekta „Razvoj *Future Internet* rutera na programabilnim hardverskim platformama otvorenog koda“, sufinansiranim od strane Ministarstva za nauku Crne Gore.

LITERATURA

- [1] M. Radonjic, I. Radusinovic, "Impact of scheduling algorithms on performance of crosspoint-queued switch", *Annals Of Telecommunications*, Vol 66, No 5-6, May/June 2011, pp. 363-376.
- [2] Cheng Li, R. Venkatesan, H.M. Heys, "Performance Modelling of the Multicast Balanced Gamma Switch", *Proc of IEEE ICC*, pp. 806-813, 2006.
- [3] Yijun Xiong, L. Mason, "Multicast ATM Switches using Buffered MIN Structure - a Performance Study", *Proc of IEEE INFOCOM*, pp. 924-931, 1997
- [4] Cheng Li, H. M. Heys, R. Venkatesan, "Traffic Generation for Broadband Switch Simulation", <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.11.5247>.
- [5] Hao Yu, S. Ruepp, M.S. Berger, L. Dittmann, "Integration of Look-Ahead Multicast and Unicast Scheduling for Input-Queued Cell Switches", *Proc of IEEE HPSR*, pp. 59-64, 2012.
- [6] B. Prabhakar, N. McKeown, R. Ahuja, "Multicast Scheduling for Input-Queued Switches", *IEEE Journal on Selected Areas in Comm.*, pp. 855-866, 1997
- [7] A. Bianco, P. Giaccone, E. Leonardi, F. Neri, C. Piglion, "On the Number of Input queues to Efficiently Support Multicast Traffic in Input Queued Switches", *Proc of IEEE HPSR*, pp. 111-116, 2003.

ALGORITMI RASPOREĐIVANJA SA QoS PODRŠKOM KOD KROSBAR KOMUTATORA SA BAFERIMA U UKRSNIM TAČKAMA SCHEDULING ALGORITHMS WITH QoS SUPPORT FOR CROSSPOINT QUEUED CROSSBAR SWITCH

Soko Divanović, Milutin Radonjić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*
Nebojša Maletić, Mladen Veletić, Dino Kosić, Gordana Gardašević, *Elektrotehnički fakultet Banja Luka*

Sadržaj: U ovom radu je izvršena analiza CQ komutatora u cilju ispitivanja mogućnosti garantovanja performansi, tj. kvaliteta servisa. Ovo se postiže razdvajanjem tokova saobraćaja po prioritetu, pri čemu se performanse garantuju toku većeg prioriteta. Da bi se omogućilo razdvajanje tokova saobraćaja izvršena je modifikacija CQ komutatora implementacijom po dva bafera u svakoj ukrasnoj tački. Analizirani su algoritmi raspoređivanja, prilagođeni ovom komutatoru, koji podržavaju QoS. Pokazano je da se sa ovom arhitekturom i predloženim algoritmima raspoređivanja omogućava garantovanje performansi, pri čemu je posebna pažnja posvećena kašnjenju i gubicima.

Abstract: In this paper analysis of Quality of Service (QoS) performance of Crosspoint Queued (CQ) crossbar switch is performed. In order to achieve performance guarantees, priority flow separation was done. To separate different flows, we modified CQ crossbar switch, by adding two buffers in each crosspoint. Scheduling algorithms with QoS support for the CQ crossbar switch are presented and analysed. With the particular attention on the cell delay and cell loss, results of simulation show that this crossbar architecture with proposed scheduling algorithms can achieve QoS performance guarantees.

1. UVOD

Tokom poslednje decenije, razvoj modernih Internet servisa, kao što su društvene mreže, prenos multimedijalnih sadržaja i *cloud computing* je doveo do eksponencijalnog porasta Internet saobraćaja. Značajan napredak u razvoju pametnih telefona, tablet i drugih prenosnih elektronskih uređaja je omogućio lakše korišćenje ovih servisa od strane korisnika, čime se saobraćaj još više povećao, a okosnica mreže još više opteretila. Stoga je u okosnici mreže potrebno obezbijediti komutatore paketa sposobne da podrže ovakav saobraćaj, u cilju zadovoljenja sve većih zahtjeva korisnika. Takođe, današnje telekomunikacione mreže moraju ispuniti zahtjeve za istovremenim prenosom različitih multimedijalnih saobraćajnih tokova. Za svaki saobraćajni tok mreža mora biti sposobna da odgovori postavljenim zahtjevima, odnosno pruži odgovarajući kvalitet usluge (*Quality of Service – QoS*) [1-3]. Sa stanovišta mreže, QoS predstavlja sposobnost mreže da pruži optimalne uslove prenosa za izabrane saobraćajne tokove pri prenosu preko transportnih linkova različitih karakteristika i performansi, kroz odgovarajuće QoS mehanizme. Osnovni zadatak QoS mehanizama jeste obezbjeđivanje prioriteta prenosa na bazi parametara kao što su dodijeljeni propusni opseg, kontrolisano kašnjenje, varijacija kašnjenja i slično. Upravo iz ovih razloga, realizacija komutatora i algoritama raspoređivanja koji treba da ispune novonastale zahtjeve predstavlja motiv brojnih istraživanja.

U cilju obezbjeđivanja QoS-a, u literaturi su analizirane različite arhitekture komutatora paketa sa stanovišta garancija kvaliteta servisa [4, 5]. Kod komutatora sa baferima na izlazu (*Output Queued – OQ*) se može obezbijediti 100%

propusnost. Međutim, OQ komutator zahtijeva veliko ubrzanje komutacione matrice i memorije (bafera na izlaznim portovima), što ga čini veoma nepogodnim za implementaciju komunikacionih uređaja velikih brzina ili uređaja sa velikim brojem portova [5]. Kod komutatora sa baferima na ulazu (*Input Queued – IQ*) problem ubrzanja, koji postoji kod OQ komutatora, je izbjegnuto. Međutim, postoji problem *HOL (Head of Line)* blokiranja, koji se može riješiti postavljanjem onoliko *VOQ (Virtual Output Queue)* bafera po ulaznom portu koliko ima izlaznih portova, kao i izražen problem kompleksne arbitraže. Sem toga, kod IQ komutatora je potrebno ostvariti skoro trenutnu komunikaciju između često fizički razdvojenih ulaznih i izlaznih arbitara, što rezultira dugim *RTT (Round Trip Time)* vremenom koje značajno degradira performanse komutatora. Posljednjih godina, analizirana je arhitektura komutatora koji pored *VOQ* bafera na ulazima, ima bafere u ukrasnim tačkama komutacione matrice (*Combined Input and Crosspoint Queued – CICQ*), kod koje je u potpunosti riješen problem *HOL* blokiranja i značajno smanjena kompleksnost arbitraže. Međutim, kao i kod IQ komutatora postoji problem uslijed potrebe za jako brzom komunikacijom između linijskih kartica i komutacione matrice [6].

Zahvaljujući napretku tehnologije i mogućnosti realizacije bafera velikih kapaciteta na istom čipu na kome se nalazi komutaciona matrica, u posljednje vrijeme posebnu pažnju istraživačke zajednice privlače komutatori koji imaju bafere samo u ukrasnim tačkama komutacione matrice (*Crosspoint Queued – CQ*) [7, 8]. Ovakva arhitektura ne zahtijeva ubrzanje komutacione matrice i memorije, nema problem *HOL* blokiranja i izbjegava potrebu za komunikacijom između linijskih kartica i komutacione matrice. Ova činjenica

predstavlja i osnovni motiv za ispitivanje performansi CQ komutatora sa stanovišta garancije QoS -a, što je predmet ovog rada.

Ostatak rada je koncipiran na sledeći način. U drugom poglavlju je dat kratak opis modela izvora saobraćaja koji je korišćen u simulacijama. Opis modifikovanog CQ komutatora i analiziranih algoritama raspoređivanja je dat u trećem, a analiza performansi u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju su iznijeti kratki zaključci rada.

2. MODEL IZVORA SAOBRAĆAJA

Sa stanovišta kvaliteta usluga, modelovanje izvora saobraćaja predstavlja važan i nezaobilazan korak ka razumijevanju i rješavanju problema vezanih za performanse savremenih i budućih arhitektura mreža. Istraživanja su pokazala da multimedijalni saobraćaj ima tzv. *self-similar* (*Long Range Dependence*) [9] karakter koji je posljedica multipleksiranja različitih izvora, pa se često za modelovanje saobraćaja ne može primijeniti pojednostavljeni *Poissonov* model [10].

U konkretnoj analizi QoS garancija vezanih za performanse CQ komutatora, predložen je model sa dva tipa saobraćaja različitog prioriteta. Po uzoru na prethodna istraživanja, uvedena je pretpostavka da se dolazni paketi segmentiraju na pakete iste dužine koje nazivamo ćelije. Segmentacija i desegmentacija se obavlja van analiziranog komutatora. Vrijeme je podijeljeno na vremenske slotove, tako da trajanje jednog vremenskog slota odgovara vremenu potrebnom za prenos jedne ćelije. Prema predloženom modelu, u svakom vremenskom slotu odgovarajući ulaz CQ komutatora može biti u jednom od dva stanja. *Stanje 1* odgovara prenosu saobraćaja višeg, a *Stanje 2* prenosu saobraćaja nižeg prioriteta. Trajanja ovih stanja su definisana eksponencijalnom raspodjelom i data su izrazom:

$$[Tx] = -\mu \ln(1 - q) \quad (1)$$

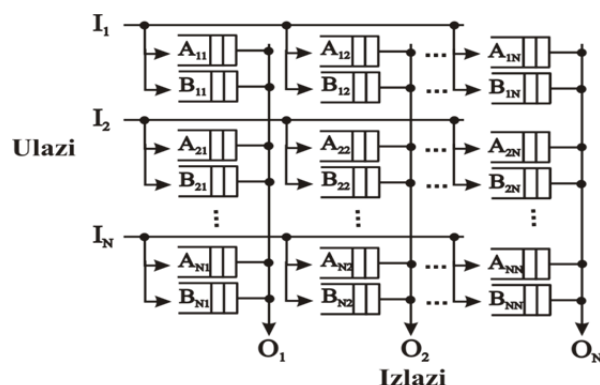
gdje je $x = 1, 2$; μ srednje trajanje stanja (μ_1 i μ_2 u slučaju gore pomenutih stanja), a q broj uniformno raspodijeljen između 0 i 1 . Po isteku definisanog vremena Tx ulaz može ostati u istom ili preći u drugo stanje. Vjerovatnoća prelaska između stanja je 0.5 zbog *memoryless* osobine eksponencijalne funkcije. Unutar svakog stanja, sporadični saobraćaj (*bursty traffic*) je modelovan kao *IBP* (*Interrupted Bernoulli Process*) model saobraćaja [8]. *IBP* model je okarakterisan Bs parametrom koji predstavlja srednje trajanje *burst*-a, odnosno srednje trajanje aktivnog stanja. Prethodno opisan model saobraćaja se odnosi na pojedinačni ulazni port. Na svakom od ulaznih portova, opisana procedura se izvršava paralelno i nezavisno od ostalih.

3. MODIFIKOVANI CQ KOMUTATORI PREDLOŽENI ALGORITMI RASPOREĐIVANJA

Za analizu performansi CQ komutatora sa stanovišta kvaliteta usluga, u skladu sa predloženim modelom saobraćaja, pretpostavljena su dva toka saobraćaja: višeg i nižeg prioriteta. Da bi se moglo izvršiti garantovanje performansi, tj. obezbjeđivanje željenih QoS servisa, potrebno je izvršiti razdvajanje tokova unutar komutatora te

na taj način obezbijediti željene performanse onom toku koji ima veći prioritet. Da bi se omogućilo razdvajanje tokova različitog prioriteta, u svakoj od ukrasnih tačaka komutacione matrice implementirana su dva nezavisna bafera, bafer A za saobraćaj višeg i bafer B za saobraćaj nižeg prioriteta. Na ovaj način se dobija modifikovani CQ komutator, čija je arhitektura prikazana na slici 1.

Analizirano je nekoliko algoritama raspoređivanja sa i bez QoS podrške koji su zasnovani na *RR* (*Round Robin*) algoritmu, i to: *RR* algoritam, *PRR* (*Priority Round Robin*), težinski *RR* algoritam (*WRR - Weighted Round Robin*) i *fBSA* (*Frame-based Best-Scheduling algorithm*) algoritam [8 - 11]. Ovi algoritmi su prilagođeni modifikovanom CQ komutatoru.



Slika 1. Arhitektura modifikovanog CQ komutatora

RR algoritam se zasniva na kružnom izboru zauzetih bafera na određenoj izlaznoj liniji. Ukoliko je u vremenskom slotu t za izlaz O_j odabrana ukrasna tačka (i, j) koja odgovara ulazu I_i , onda će u tom slotu biti poslužen bafer višeg prioriteta A_{ij} , a u narednom vremenskom slotu $(t+1)$ bafer nižeg prioriteta B_{ij} . U vremenskom slotu $(t+2)$ se prelazi na sledeću ukrasnu tačku $(i+1, j)$ i procedura se ponavlja.

PRR algoritam predstavlja modifikaciju *RR* algoritma koja podrazumijeva da se opslužuju prvo svi zauzeti baferi višeg prioriteta (po jedna ćelija iz svakog bafera), a potom svi zauzeti baferi nižeg prioriteta.

WRR algoritam podrazumijeva da se tokovima saobraćaja višeg i nižeg prioriteta dodijele odgovarajući težinski koeficijenti w_1 i w_2 , respektivno, pri čemu važe sledeći izrazi: $w_1 > w_2$ i $w_1 + w_2 = 1$. Ukoliko u vremenskom slotu t raspoređivač opslužuje ukrasnu tačku (i, j) , bafer A_{ij} će biti poslužen sa vjerovatnoćom w_1 , a bafer B_{ij} sa vjerovatnoćom w_2 . U narednom vremenskom slotu se prelazi na sledeću ukrasnu tačku. Na ovaj način se kapacitet određenog izlaza dijeli procentualno težinama tokova.

fBSA algoritam takođe podrazumijeva opsluživanje bafera po *RR* principu [11]. Kada se prilikom kružnog opsluživanja bafera koji pripadaju određenom izlazu dođe u ukrasnu tačku, prvo se poslužuje bafer višeg prioriteta sve dok se u njemu nalaze ćelije koje su se tu zatekle, tj. pripadaju istom okviru (*frame*) formiranom u trenutku kad je taj bafer počeo da se poslužuje. Ako tokom posluživanja datog bafera dođu nove ćelije, one se neće prosljeđivati na izlaz u posmatranoj *RR* iteraciji. Po završetku prosljeđivanja ćelija frejma iz bafera

višeg prioriteta, dvije ćelije se prosljeđuju iz bafera nižeg prioriteta i prelazi se na sledeću ukrсну tačku, pa se opisana procedura ponavlja.

4. ANALIZA PERFORMANSI

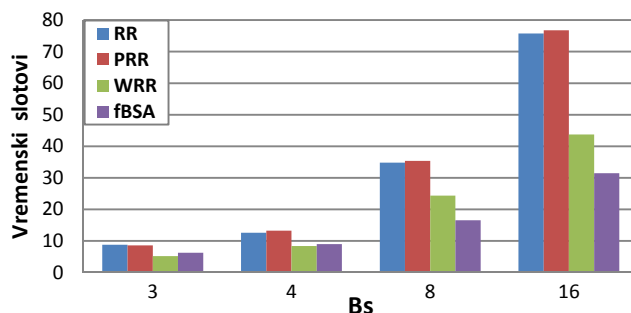
Simulaciona analiza je sprovedena za 32x32 CQ komutator na milion vremenskih slotova. Primjenjen je model saobraćaja opisan u poglavlju 2, sa parametrima $\mu_1 = 300$ i $\mu_2 = 700$ vremenskih slotova, i analizirani su algoritmi raspoređivanja predstavljeni u poglavlju 3. Kod WRR algoritma, za saobraćaj višeg prioriteta korišćena je vrijednost težinskog koeficijenta 5/8, a kod nižeg 3/8. Analizirane su različite dužine bafera L (3, 5, 8, 16, 64) i vrijednosti saobraćajnog opterećenja p (0.1, 0.5, 0.9). Rezultati su dati za intenzivan saobraćaj ($p = 0.9$) i veličinu bafera $L = 64$. Razlog ovome je što su za veće opterećenje i veličine bafera razlike između ispitivanih algoritama izraženije. Srednja veličina burst-a B_s uzima vrijednosti 3, 4, 8 i 16.

Na slikama 2 i 3 je prikazano srednje kašnjenje ćelija za saobraćaj višeg prioriteta (HP - High Priority) i saobraćaj nižeg prioriteta (LP - Low Priority), respektivno. Sa slika 2 i 3 se jasno uočava (naročito za veće vrijednosti B_s) razlika u kašnjenjima koje unosi CQ komutator korišćenjem opisanih algoritama raspoređivanja za različite prioritete saobraćaja. Kod RR i PRR algoritama raspoređivanja uočava se manje srednje kašnjenje ćelija za HP saobraćaj u odnosu na ćelije LP saobraćaja. Razlog za to leži u usvojenom modelu saobraćaja i trajanju pojedinih stanja (Stanje 1 i Stanje 2). Naime, LP saobraćaju odgovara Stanje 2, koje ima duže srednje trajanje (700 vremenskih slotova u odnosu na 300 vremenskih slotova) u odnosu na Stanje 1 koje odgovara HP saobraćaju. Na taj način će se LP baferi brže popuniti u odnosu na HP bafer, za manje vrijednosti B_s , pa će time komutator unositi veće srednje kašnjenje u prenos ćelija LP saobraćaja. Za veće vrijednosti B_s manja je vremenska razlika, u smislu broja slotova, u popunjavanju LP i HP bafera. I jedni i drugi će se brzo popuniti uslijed većeg B_s . Naravno, i ovdje se LP baferi brže popune nego HP baferi ali uslijed manje vremenske razlike u popunjavanju srednja kašnjenja se ujednačavaju.

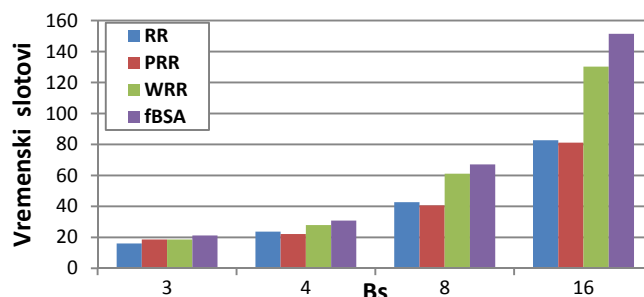
Može se zaključiti da se sa ovim algoritmima ne postiže značajno smanjenje srednjeg kašnjenja ćelija HP toka, tj. ne postiže se razdvajanje tokova različitih prioriteta. Ovakvi rezultati su bili očekivani, jer ova dva algoritma funkcionišu na taj način da se baferi HP i LP tokova (baferi A i B) poslužuju jednak broj vremenskih slotova. Kada se izvrši usrednjavanje rezultata, grupe prioritetnih (A) bafera i grupe neprioritetnih (B) bafera su skoro jednako posluživane, te nijednom toku nije dat veći prioritet.

Korišćenjem WRR i fBSA algoritama raspoređivanja postiže se značajno smanjenje srednjeg kašnjenja ćelija koje pripadaju HP saobraćaju, što je naročito izraženo za veće B_s . Upoređujući slike 2 i 3, jasno je da je smanjenje srednjeg kašnjenja HP ćelija dovelo do povećanja srednjeg kašnjenja LP ćelija. Ovo je i očekivan rezultat, jer se obezbjeđivanje više resursa HP toku vrši na štetu LP toka. Upravo ova razlika između unesenih kašnjenja potvrđuje da je

obezbijeđeno uspješno razdvajanje tokova i samim tim obezbjeđivanje QoS-a saobraćaju višeg prioriteta.



Slika 2. Srednje kašnjenje ćelija visokog prioriteta u zavisnosti od B_s , za $p = 0.9$ i $L = 64$



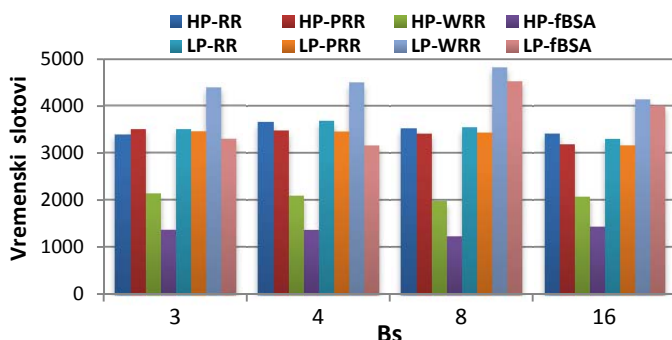
Slika 3. Srednje kašnjenje ćelija niskog prioriteta u zavisnosti od B_s , za $p = 0.9$ i $L = 64$

Analizom rezultata, dolazi se do zaključka da se za veličine bafera $L \leq 16$, WRR algoritam pokazuje kao najbolji u pogledu srednjeg kašnjenja (ukupnog i zasebnog za HP i LP saobraćaj), dok se za veličine bafera $L \geq 64$ fBSA pokazuje kao najbolji. Odgovarajući dijagrami nisu prikazani zbog nedostatka prostora.

Pored srednjeg kašnjenja, u cilju što boljeg poređenja opisanih algoritama, u ovom poglavlju je prikazano maksimalno kašnjenje za različite veličine srednjeg burst-a.

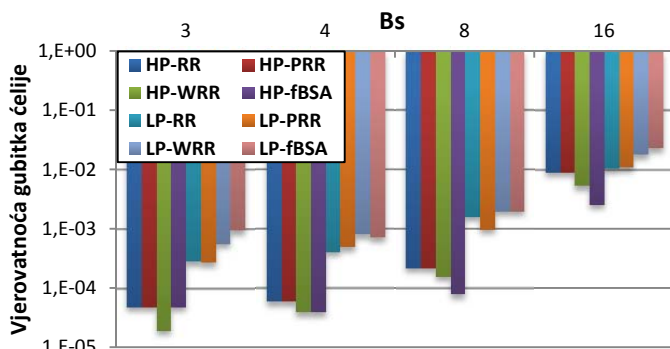
Sa slike 4 se jasno uočava da RR i PRR algoritmi raspoređivanja ne prave razliku između tokova različitog prioriteta, pa je maksimalno kašnjenje ćelija HP toka statistički jednako maksimalnom kašnjenju ćelija LP toka. Druga dva algoritma, WRR i fBSA, favorizuju HP tok saobraćaja u odnosu na LP tok saobraćaja, pa je maksimalno kašnjenje ćelija HP toka 2 do 3 puta manje od ćelija LP toka. Pokazuje se i da fBSA algoritam raspoređivanja daje bolje rezultate u odnosu na WRR u pogledu maksimalnog kašnjenja i u slučaju ćelija HP toka i ćelija LP toka.

Na slici 5 su prikazane vjerovatnoće gubitka ćelija HP i LP toka, u CQ komutatoru, za različite veličine srednjeg burst-a. Kao što se može primjetiti, RR i PRR algoritmi daju približno jednake rezultate, nezavisno od prioriteta saobraćaja, dok WRR i fBSA algoritmi daju značajno bolje rezultate za HP tokove. Na osnovu ovih rezultata, kao i rezultata za ostale analizirane veličine bafera u ukrsnim tačkama (3, 5, 8 i 16), koji nisu izloženi uslijed nedostatka prostora, može se zaključiti da se pomoću WRR i fBSA algoritama vrši uspješno razdvajanje saobraćaja različitih prioreta.



Slika 4. Maksimalno kašnjenje ćelija visokog (HP) i niskog (LP) prioriteta u zavisnosti od B_s , za $p = 0.9$ i $L = 64$

Uzimajući sve činjenice u obzir, među predloženim algoritima *fBSA* se ističe kao najbolje rješenje za ranije opisani modifikovani *CQ* komutator.



Slika 5. Vjerovatnoća gubitka ćelije visokog (HP) i niskog (LP) prioriteta u zavisnosti od B_s , za $p=0.9$ i $L=64$

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirane performanse *CQ* komutatora paketa sa stanovišta garancije kvaliteta usluga u smislu razdvajanja tokova saobraćaja različitog prioriteta. Ovo je vršeno modifikacijom *CQ* komutatora i primjenom algoritama raspoređivanja sa *QoS* podrškom. Pri modelovanju izvora saobraćaja pretpostavljena su dva saobraćaja različitog prioriteta i intenzivnog opterećenja. Za ocjenu performansi ispitivana su tri parametra: srednje kašnjenje, maksimalno kašnjenje i vjerovatnoća gubitka ćelija. Rezultati simulacija pokazuju da se uvođenjem algoritama raspoređivanja na bazi prioritizacije saobraćaja (*WRR* i *fBSA*) ostvaruje uspješno razdvajanje saobraćaja različitog prioriteta što omogućava garantovanje performansi saobraćaju višeg prioriteta. Naime, za *HP* tok saobraćaja se ostvaruje manje srednje i maksimalno kašnjenje ćelija kao i vjerovatnoća gubitka ćelija u odnosu na tok saobraćaja nižeg prioriteta. Između analiziranih algoritama raspoređivanja, kao najbolje rješenje se ističe *fBSA* algoritam.

ZAHVALNICA

Rad je dijelom finansirani sredstvima projekta „Analiza performansi *CQ* komutatora paketa sa stanovišta *QoS* garancija“, sufinansiranim od strane Ministarstva za nauku Crne Gore i Ministarstva za prosvjetu i nauku Bosne i Hercegovine.

LITERATURA

- [1] ITU-T Recommendation E.800, „Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability,“ August 1994.
- [2] A.G. Malamos, E.N. Malamos, T.A. Varvarigou, S.R. Ahuja, „On the definition, modeling and implementation of QoS in distributed multimedia systems,“ *IEEE ISCC'99*, Egypt, July 1999.
- [3] N. Giroux, S. Ganti, „Quality of service in ATM networks,“ Prentice Hal *LPTR*, NJ, USA, 1999.
- [4] M. Aida, K. Horikawa, „Stability Analysis for Global Performance of Flow Control in High-Speed Networks Based on Statistical Physics,“ *IEICE Trans. Commun.*, vol. E82-B, no. 12, pp. 2095-2106, 1999.
- [5] E.Schiattarella, „High-performance packet switching architectures,“ PhD thesis, Politecnico di Torino, 2006.
- [6] R. Rojas-Cessa, Z. Dong, Z. Guo, „Load-Balanced Combined Input-Crosspoint Buffered Packet Switch and Long Round-Trip Times,“ *IEEE Communications Letters*, Vol. 9, Issue 7, pp. 661-663, July 2005.
- [7] Y. Kanizo, D. Hay, I. Keslassy, „The Crosspoint-Queued Switch,“ *Proc of IEEE INFOCOM '09*, Brazil, pp. 729-737, 2009.
- [8] M. Radonjic, I. Radusinovic, „Impact of scheduling algorithms on performance of crosspoint-queued switch,“ *Annals Of Telecommunications*, pp. 363-376, 2011.
- [9] T. M. Chen, *Network Traffic Modeling*, in Handbook of Computer Networks: Distributed Networks, Network Planning, Control, Management, and New Trends and Applications, John Wiley & Sons, Inc., Vol. 3, 2007.
- [10] M. Iftikar, N. Al Zaben, S. Maniportsut, „The Most Promising Scheduling Algorithm to Provide Guaranteed QoS, to all Types of Traffic in Multiservice 4G Wireless Networks,“ *JCSEE'12*, pp. 109-115, 2012.
- [11] V. Hotmar and B. Adamec, „Analytical Model of a Weighted Round Robin Service System,“ *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2012, Article ID 374961, 6 pages, 2012.
- [12] M. Radonjic, I. Radusinovic, „Buffer length impact to crosspoint queued crossbar switch performance,“ In *Proc. IEEE MELECON*, pp. 119–124, 2010.
- [13] M. Radonjic, I. Radusinovic, „Average latency and loss probability analysis of crosspoint queued crossbar switches,“ In *Proc. ELMAR'10*, pp. 203–206, 2010.

OPENFLOW: NOSILAC PROMJENA U UPRAVLJANJU MREŽOM OPENFLOW: DRIVER OF CHANGES IN NETWORK MANAGEMENT

Miloš Odalović, Nedeljko Lekić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: *OpenFlow je komunikacioni protokol koji u posljednjih par godina dobija na popularnosti zbog velikog potencijala za testiranje novih protokola i prijedloga arhitekture budućeg Interneta. OpenFlow nudi mogućnost kreiranja više virtuelnih mreža na istoj fizičkoj osnovi, uz potpuno odvajanje komercijalnog i eksperimentalnog saobraćaja. U ovom radu je dat opis osobina protokola i njegovih mogućih primjena. Pored toga, predstavljene su NOX kontroler i FlowVisor koji zajedno čine moćan alat za virtualizaciju mrežnih resursa.*

Abstract: *OpenFlow is a communication protocol that the last couple of years has been gaining popularity because of the great potential for testing new protocols and proposals for future Internet architecture. OpenFlow offers the ability to create multiple virtual networks on the same physical infrastructure, with complete separation of commercial and experimental traffic. In this paper, the properties of the protocol and its potential applications are given. In addition, the controller NOX and FlowVisor are presented, which together form a powerful tool for virtualization of network resources.*

1. UVOD

Kao interesantan pristup u razvoju budućeg Interneta, sve više se nameće virtualizacija mrežnih resursa. U okviru IT (*Information Technology*) zajednice virtualizacija je prepoznata kao osnov za razvoj mreža buduće generacije i glavni alat za prevazilaženje ograničenja trenutne arhitekture Interneta [1], [2], [3]. Osnovna ideja principa virtualizacije je kombinovanje heterogenih hardvesko-softverskih resursa, u svrhu formiranja logičkih, virtuelnih sistema. Virtualizacijom se omogućava postojanje više virtuelnih, logičkih mreža na istoj fizičkoj infrastrukturi. Pri tome, virtuelne mreže su međusobno nezavisne. Aktivnosti u jednoj mreži ne utiču na aktivnosti u drugoj, što je veoma važno u fazama testiranja i implementacije novih rješenja.

Osnovni preduslov za započinjanje istraživanja u ovoj oblasti je postojanje odgovarajućih programabilnih platformi. Pomoću programabilnih platformi moguće je realizovati programabilne mrežne uređaje. Ideja za razvoj programabilnih mrežnih uređaja potiče sa Stanford univerziteta. Istraživači sa Stanford-a su prvi uvidjeli potrebu kreiranja infrastrukture otvorene za eksperimentisanje u oblasti računarskih mreža. Ovakvi eksperimenti danas se uglavnom izvode u okviru mreža univerzitetskih kampusa i razvojnih centara. Za pouzdane rezultate eksperimenata neophodno je obezbijediti što realnije okruženje, koje podrazumijeva opterećenje realnim saobraćajem. Idealno okruženje čini realna, operativna mreža, sa stvarnim korisnicima, koji koriste resurse mreže na njima svojstven način, u skladu sa sopstvenim potrebama. Međutim, vršenje eksperimenata u komercijalnoj mreži može dovesti do problema u njenom funkcionisanju. U cilju izbjegavanja takvih rizika, potrebno je postići potpuno odvajanje eksperimentalnog od komercijalnog saobraćaja. Istraživačima treba omogućiti kontrolu nad saobraćajem koji je generisan eksperimentom.

Rješenje za ova i slična pitanja mogla bi biti implementacija programabilnih softverskih platformi u na tržištu trenutno dostupnim uređajima. Tako bi se istraživačima omogućilo prilagođavanje i razvoj uređaja saglasno potrebama istraživanja, dok bi se, komercijalni saobraćaj odvijao nezavisno od eksperimenata. Ovaj scenario je neizvjestan jer je malo vjerovatno da će proizvođači opreme u potpunosti dati na uvid svoja hardverska i softverska rješenja, u koja su uložili ogromna sredstva i zahvaljujući kojima opstaju na tržištu.

Druga mogućnost je korišćenje postojećih, dostupnih, otvorenih platformi. Na običnom PC-u, sa pogodnim operativnim sistemom, može se programirati aplikacija za procesuiranje paketa. Na ovaj način se dobija potpuna fleksibilnost, ali i dva velika nedostatka, svojstvena gotovo svim sličnim varijantama. Nedostaci su manjak portova i loše performanse. NetFPGA platforma je takođe jedna od mogućih ideja, međutim jedna pločica može da ponudi svega 4 gigabinta Ethernet porta [4]. Programabilni ATCA ruter zadovoljava postavljene zahtjeve, ali je njegova cijena previše visoka [5].

Imajući u vidu iznesene zahtjeve i nedostatke poznatih rješenja, istraživački tim sa Stenforda je napravio kompromis, žrtvujući donekle fleksibilnost kontrole nad uređajem, zarad smanjenja cijene. Mogućnost potpune kontrole trebalo je svesti na nekoliko operacija od interesa, kojima je moguće postići zadovoljavajuću fleksibilnost. Odvajanje eksperimentalnog od komercijalnog saobraćaja trebalo je ostvariti na način da komercijalni saobraćaj bude u potpunosti zaštićen od grešaka generisanih u toku eksperimenata. Cijena uređaja je morala biti pristupačna za korišćenje u mrežama kampusa, a performanse nikako dovedene u pitanje. I konačno, vrlo važan uslov, bez kojeg proizvođači opreme ne bi ni ušli u diskusiju oko promjena na njihovim uređajima, je zadržavanje „black box“ koncepta. Drugim riječima, interna struktura uređaja je morala ostati

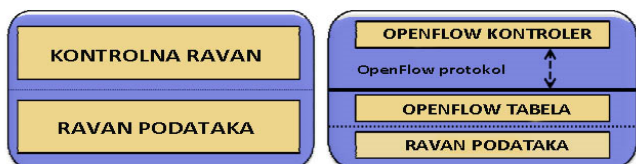
skrivena. Polazeći od navedenih zahtjeva nastao je OpenFlow *switch* [6].

Ovaj rad sadrži 5 poglavlja. U poglavlju 2 je opisan Open Flow koncept, osnovni principi i promjene koje unosi u arhitekturu mrežnih uređaja. Poglavlje 3 se bavi kontrolom u mreži sa openflow uređajima. U tom dijelu je predstavljen NOX kontroler. Na primjeru NOX kontrolera objašnjene su promjene koje OpenFlow donosi u ovom segmentu. U poglavlju 4 predstavljen je FlowVisor, kao virtualizacijski alat koji omogućava segmentiranje i podjelu mrežnih resursa. Konačno, poglavlje 5 rezimira izneseno i izvlači osnovne zaključke iz ovog rada.

2. OPENFLOW

Switch je mrežni uređaj koji prosleđuje Ethernet frejmove na osnovu MAC (Media Access Control) adresa. Funkcionalno gledano, *switch* sadrži kontrolnu ravan i ravan podataka. Ravan podataka sadrži tabelu prosleđivanja, na osnovu koje se donosi odluka o prosleđivanju pristiglog frejma na određeni izlazni port. Kontrolnu ravan, čine sve akcije koje je potrebno izvršiti da bi se na osnovu zaglavlja frejma, konsultujući tabelu prosleđivanja, donijela odluka o prosleđivanju.

Razdvajanje kontrolne ravni i ravni podataka i izmještanje kontrolne ravni van *switcha* su ključne osobine OpenFlow rješenja, koje ga razlikuju od klasičnog Ethernet *switch-a*. Na ovaj način, omogućeno je eksterno kontrolisanje ravni podataka. Kontrolisanje se vrši komunikacijom na bazi OpenFlow protokola, preko odgovarajućeg komunikacionog tunela (Slika 1).



Slika 1. Klasičan Ethernet switch (lijevo) i OpenFlow switch sa kontrolnom ravni odvojenom od ravni podataka (desno)

Da bi se u potpunosti realizovao ovaj zadatak, neophodno je na neki način, generalizovati ravan podataka, obzirom da različiti proizvođači opreme ovaj segment rješavaju različitim internim rješenjima. Srećom, tabela prosleđivanja je veza među svim proizvođačima opreme. Svi proizvođači je koriste u neizmjenjenoj formi. Polazeći od iste nastala je tabela tokova (*flow table*) koja predstavlja univerzalnu, željenu apstrakciju ravni podataka. Ovo je neophodan uslov za postizanje nezavisnosti kontrole od pripadajuće ravni podataka, što u krajnjem nudi željenu fleksibilnost.

Tabelu tokova je strukturalno moguće podijeliti na tri kolone (Slika 2.).

TABELA TOKOVA		
Header	Action	Brojači
Header	Action	Brojači
Header	Action	Brojači
.	.	.

Slika 2. Struktura tabele tokova

Header polje se koristi za upoređivanje pristiglih paketa. Svaki paket koji stigne na OpenFlow *switch*, nakon parsiranja, odnosno odvajanja zaglavlja i izvlačenja parametara od interesa, poredi se sa *header* poljima svih zapisa iz tabele tokova. Kad se poređenjem utvrdi da paket pripada određenom toku, konsultuje se *Action* polje. *Action* polje definiše akcije koje je potrebno preduzeti. *Brojači* se koriste u statističke svrhe, najčešće za monitoring saobraćaja.

Tok paketa, ili jednostavno tok, čini grupa paketa sa određenim zajedničkim svojstvima. Tok može da definiše grupa paketa sa zajedničkom izvorišnom i destinacionom IP ili MAC adresom, zajedničkim portovima na nivou transporta, kao i paketi koji dolaze na određeni port *switcha*, a pripadaju određenom VLAN-u, itd. Skup željenih svojstva može se predstaviti odgovarajućim podskupom polja u *header* polju nekog zapisa iz tabele tokova. Format *header* polja dat je na Slici 3.

In port	Ethernet			VLAN		IP			TCP/UDP	
	Src.	Dst.	Type	ID	Prio.	Src.	Dst.	ToS	Src.	Dst.

Slika 3. Format *header* polja zapisa iza tabele tokova

Na prvi pogled se uočavaju mnogi parametri sa različitim nivoa OSI referentnog modela. Kombinacijom raspoloživih parametara, moguće je preciznije definisati i odabrati saobraćaj koji se želi kontrolisati. Jedan tok, može da čini sav saobraćaj sa jedne IP adrese. Prateći taj tok, prati se sav saobraćaj koji generiše određeni host. Ukoliko se definicija ovog toka suzi na saobraćaj sa predmetne IP adrese prema TCP portu 80, onda se prati samo generisani HTTP saobraćaj.

Važno je napomenuti da jedan dio trenutno dostupnih OpenFlow *switcheva* pored OF funkcionalnosti ima mogućnost da tretira pakete na bazi standardne L2/L3 obrade, odnosno u maniru standardnog *switcha*. Uz ovu funkcionalnost, na listi najvažnijih zahtjeva ostaje još samo pitanje razdvajanja saobraćaja - komercijalnog i eksperimentalnog.

OpenFlow *switch* sa OpenFlow kontrolerom povezuje komunikacioni kanal. Interfejs između ravni podataka *switcha* i komunikacionog kanala zavisi od implementacije, ali format poruka koje se prenose kanalom mora biti u skladu sa OpenFlow specifikacijom [7].

Tabela tokova i komunikacioni kanal zaokružuju opis OpenFlow protokola. Sada je jasno da je OpenFlow komunikacioni protokol kojim se kontrola mreža podiže na veći nivo, uvodeći promjene u arhitekturi mrežnih uređaja. Kako je sam protokol nastao iz potrebe da se pruži fleksibilnost u kontroli mrežnih uređaja, u specifikaciji nije istaknuto nijedno posebno rješenje kontrolera, već je izbor kontrolera prepušten administratorima i istraživačima.

3. KONTROLA U MREŽI SA OPENFLOW UREĐAJIMA

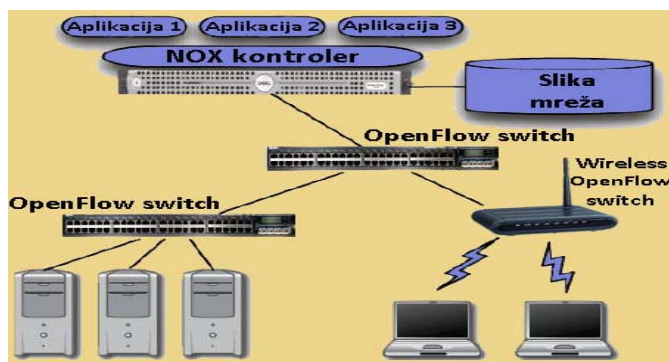
Menadžment u današnjim mrežama se vrši konfigurisanjem pojedinačnih uređaja na vrlo niskom nivou. Pri tom se podrazumijeva poznavanje fizičke opreme u mreži, topologije mreže, IP adresa, MAC adresa i sl. I za

najjednostavnije operacije potrebno je znati dosta podataka, dok se za kompleksnije intervencije podrazumijeva temeljno poznavanje mreže. Takvo stanje zasigurno ne pogoduje razvoju aplikacija za kontrolu mreže.

Prvi napisani programi za preteče današnjih računara, pisani su na mašinskom jeziku. Takvo obilje jedinica i nula nije omogućavalo nikakvu apstrakciju fizičkih resursa. Stoga je razumijevanje i pisanje programa na ovaj način bilo mukotrpno. Pojavljivanjem operativnih sistema, uvodi se apstrakcija fizičkih resursa i informacija (datoteke i direktorijumi), što omogućuje neuporedivo efikasnije rješavanje kompleksnih problema. Nadalje nastaju različiti, tzv. viši programski jezici koji koristeći upravo apstrakciju, olakšavaju pisanje programa. Par linije koda mogu zamijeniti stotine nula i jedinica.

Jasno se može uočiti analogija. Može se reći da je tačna konstatacija da su današnje mreže „računari bez operativnog sistema“ [8]. Otuda, u funkciji operativnog sistema OpenFlow mreža, nastaje kontroler pod nazivom Network Operating System, ili kraće NOX [8], kao pionir potpunog zaokreta u pristupima mrežnom menadžmentu. U suštini, NOX je zapravo programabilni interfejs koji pruža apstrakciju nadzirane mreže. Kontrola i menadžment resursa (OpenFlow *switcheva* u ovom slučaju) nijesu u nadležnosti NOX-a već aplikacija koje se izvršavaju na njemu. NOX samo sakuplja informacije na osnovu kojih kreira pojednostavljenu, visoko apstrahovanu šemu mreže, i daje je na raspolaganje kontrolnim aplikacijama.

Struktura jedne OpenFlow mreže sa NOX kontrolerom prikazana je na Slici 4. Sistem se sastoji od nekoliko OpenFlow *switcheva*, nadgledanih od strane NOX kontrolera, pokrenutog na nekom od lokalnih servera. Osim NOX-a, na serverima se izvršavaju i kontrolne aplikacije. NOX prati mrežu i na osnovu prikupljenih informacija kreira šemu mreže. Dobijena šema, odnosno slika mreže, čuva se u bazi podataka i daje na raspolaganje aplikacijama. Aplikacije iniciraju odluke o akcijama kojim se kontrolišu tabele tokova pojedinih *switcheva*. Na ovaj način NOX, kao operativni sistem i aplikacije koje se na njemu izvršavaju, obavljaju menadžment mreže.



Slika 4. Komponente OpenFlow mreže sa NOX kontrolerom

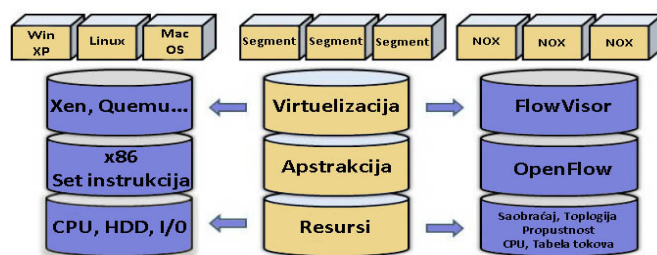
Kreiranje slike mreže jedan je od osjetljivih i vrlo značajnih zadataka u ovakvom sistemu. Postavlja se pitanje koliko je parametara dovoljno pokupiti za formiranje pouzdane predstave o mreži. U suštini, treba odabrati

odgovarajući skup parametara koji je moguće dovoljno brzo pratiti i ažurirati. Konstantno treba ažurirati i mapiranja među apstrakcijama koje se koriste u aplikacijama i stvarnim fizičkim parametrima. U konačnom je odlučeno da slika mreže sadrži samo topologiju, pozicije mrežnih elemenata i evidenciju servisa. Skup raspoloživih akcija koje kontroler ima na raspolaganju diktiraju OpenFlow *switchevi*, koji čine nadziranu mrežu. Skup je definisan u skromnom obimu, i obuhvata samo akcije koje može da izvrši bilo koji *switch*, nezavisno od proizvođača. I pored toga, ovako definisan set raspoloživih akcija pruža zadovoljavajuću fleksibilnost kontrole. Očuvana je i niska cijena uređaja. Najzad, NOX, odnosno svaki kontroler u vidu slike mreže, nudi upotrebljiv input za mnoge aplikacije zadužene za menadžment [8].

4. FLOWVISOR

Sve do sada pomenuto, podrazumijeva samo jedan tip kontrole nad OpenFlow platformom. Rečeno je da OpenFlow ne specificira niti favorizuje neko određeno rješenje kontrolera i da podržava različite tipove kontrolera, ali, što je vrlo važno, ne istovremeno. Drugim riječima, OpenFlow ne može kreirati više virtuelnih mreža na istoj fizičkoj osnovi jer sam po sebi nije alat za virtuelizaciju. Za ove potrebe je razvijen FlowVisor, kao poseban alat za virtuelizaciju mrežnih resursa vezanih za OpenFlow [9].

Da bi se lakše shvatila FlowVisor arhitektura i njena uloga najbolje je povući paralelu sa principima virtuelizacije u svijetu računara. Naime, u tipičnoj arhitekturi računara, asemblerski set instrukcija je zadužen za apstrakciju raspoloživih hardverskih resursa. Tako apstrahovane resurse segmentira određeni alat za virtuelizaciju, a zatim, u odgovarajućem odnosu, dodjeljuje različitim tzv. *guest* operativnim sistemima. Jedan od najčešće korišćenih alata je Xen [10]. Na taj način *guest* operativni sistemi mogu koristiti istu fizičku infrastrukturu. Lijevi dio Slike 5. prikazuje ovu situaciju.

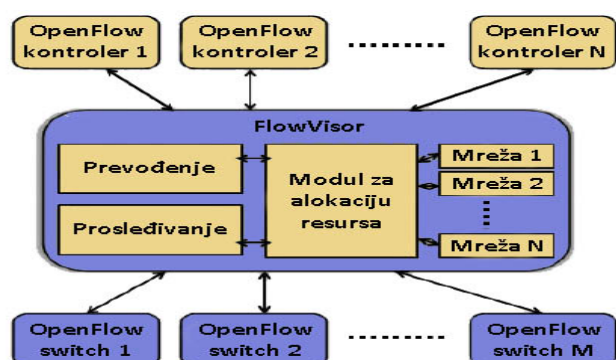


Slika 5. Poređenje virtuelizacionih okruženja iz domena računara (lijevo) i domena mreža (desno)

Na isti način, FlowVisor očekuje apstrahovane resurse, a upravo OpenFlow zadovoljava sve zahtjeve i pruža adekvatnu apstrakciju. Baš zbog toga je OpenFlow okarakterisan kao platforma pogodna da omogući virtuelizaciju mreža.

Prateći istu analogiju, jasno je da FlowVisor, naslonjen na OpenFlow, treba da podijeli dobijene apstrahovane resurse i odgovarajuće segmente dodijeli kontrolerima iznad sebe. Prije nego se uđe u razmatranje na koji način se obavlja ovaj zadatak, neophodno je specificirati koji su to resursi koje treba podijeliti u procesu virtuelizacije. Izbor resursa koje

treba apstrahovati baziran je na činjenici da apstrakcija treba da pruži samo neophodne informacije o mreži. Stoga, virtuelizacija mreže zahtijeva da se apstrahuje saobraćaj, topologija, tabele prosleđivanja, procesorsko vrijeme *switcha* i propusnost. Virtuelizacija upravo ovih resursa znači da će svaka logička mreža koju definiše FlowVisor imati sopstvenu topologiju, saobraćaj, propusnost, tabele prosleđivanja i procesorsko vrijeme na raspolaganju. Kao što je već rečeno, za apstrakciju je zadužen OpenFlow koji tabele tokova nudi kao reprezentaciju *switcheva*, a tokove kao apstrakciju saobraćaja. U [9] je vrlo detaljno objašnjeno na koji način zapravo FlowVisor na osnovu pet pomenutih podataka obavlja virtuelizaciju mreže. Takođe je podrobno analiziran postupak dijeljenja navedenih resursa i objašnjeno kako je postignuta izolovanost istih.



Slika 6. Arhitektura FlowVisor-a sa funkcionalnim cjelinama

Na Slici 6. je predstavljena arhitektura FlowVisor-a. Jasno se uočavaju tri funkcionalne cjeline zadužene za alokaciju resursa, prosleđivanje i prevođenje poruka [9]. Kako se FlowVisor oslanja na OpenFlow, obezbijeden je uvid u mrežu kroz tabele tokova kao apstrakcije *switcheva* i tokove kao apstrakcije saobraćaja. Ove resurse, kao i propusnost, procesorsko vrijeme i topologiju mreže, treba na odgovarajući način podijeliti i odgovarajuće cjeline dodijeliti različitim kontrolerima. Ovo je zadatak modula za alokaciju resursa koji kreira i dodjeljuje segmente resursa kontrolerima. Pri tome modul za alokaciju vodi evidenciju o tako kreiranim virtuelnim mrežama da bi se u svakom trenutku znalo na koji dio mreže određeni kontroler može da utiče. Ovi podaci se čuvaju u formi konfiguracionih tekstualnih fajlova [9]. Tako na primjer, ukoliko stigne poruka od nekog kontrolera, FlowVisor provjerava kojoj virtuelnoj mreži isti pripada i ujedno provjerava da li je akcija sadržana u poruci dozvoljena. Ukoliko predmetna akcija nije dozvoljena, aktivira se modul za prevođenje koji koriguje poruku u skladu sa zonom uticaja kontrolera. Pokušaj kontrolera da pošalje poruku prema svim *switchevima* u mreži neće biti uspješan jer će ovaj modul korigovati istu i uputiti samo prema *switchevima* koju su pod nadzorom predmetnog kontrolera. Na sličan način, nakon što neki od *switcheva* kreira poruku i ista dođe do FlowVisor-a, provjerava se kojoj mreži inicijalni *switch* pripada i samim tim kome sve poruku treba prosljediti. Nakon provjere, aktivira se funkcionalna jedinica za prosleđivanje koja dostavlja poruku na potrebne destinacije. Ovakva arhitektura i podjela zadataka obezbjeđuju FlowVisor-u konstantan nadzor sistema i situaciju da svaki kontroler ima mogućnost kontrole samo

nad pripadajućom virtuelnom mrežom. Drugim riječima, garantovana je međusobna izolovanost virtuelnih mreža.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen OpenFlow protokol, kao pionir velikih promjena u principima mrežnog menadžmenta. Konstatovane su njegove velike mogućnosti, na osnovu kojih se nameće kao kandidat za značajnu ulogu u rješavanju prilično komplikovane situacije na polju menadžmenta u današnjim mrežama. Nakon upoznavanja sa arhitekturom i osnovnim principima, pažnja je posvećena kontroli u OpenFlow mrežama. Čitava problematika je obrađena na primjeru NOX-a, kao jednog od rješenja kontrolera. Konstatovano je da status koji OpenFlow trenutno uživa uglavnom dužuje činjenici da pogoduje virtuelizaciji mrežnih resursa. Sam OpenFlow nije alat za virtuelizaciju te ne može kreirati više virtuelnih mreža na istoj fizičkoj osnovi. To je zadatak FlowVisor-a, kome je, takođe, posvećen značajan prostor.

LITERATURA:

- [1] M. Handley, "Why the Internet only just works", *BT Technology Journal*, vol. 24, no. 3, July 2006
- [2] N. M. Chowdhury and R. Boutaba, "Network Virtualization: State of Art and Research Challenges", *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 47, Issue: 7, pp. 20-26, 2009
- [3] T. Anderson et. al., "Overcoming the Internet Impasse through Virtualization", *Computer*, Vol. 38, Issue: 4, pp. 34-41, April 2005
- [4] NetFPGA: Programmable Networking Hardware. Web site: <http://netfpga.org>
- [5] J. Turner, P. Crowley et al., "Supercharging Planet Lab - High Performance Multi-Application Overlay Network Platform", *ACM SIGCOMM '07*, August 2007, Japan
- [6] N. McKeown, et all, "Openflow: enabling innovation in campus networks", *ACM SIGCOMM, Computer Communication Review*, Vol. 38, Issue: 2, March 2008
- [7] OpenFlow Switch Specification v1.0. Web site: <http://www.openflow.org>
- [8] N. Gude et. al., "NOX: Towards an Operating System for Networks", *SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol. 38, Issue: 3, July 2008
- [9] R. Sherwood et. al., "FlowVisor: A Network Virtualization Layer", October 2009
- [10] Xen – Open source alat za virtuelizaciju harvera. Web site: <http://www.xen.org>

INTERNET OF THINGS KONCEPT: IZAZOVI, PRIMJENE I PROJEKTNE INICIJATIVE INTERNET OF THINGS CONCEPT: CHALLENGES, APPLICATIONS AND PROJECT INITIATIVES

Almir Gadžović, Nedeljko Lekić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet, Podgorica*

Sadržaj – *Internet of Things je novi, veoma interesantan, pravac razvoja Interneta. Odnosi se na jedinstveno identifikovanje objekata i njihovu virtuelnu reprezentaciju u strukturi Interneta. Takvi objekti mogu međusobno komunicirati, pružati informacije o sebi i prihvatiti informacije koje su prikupili drugi objekti. Zahvaljujući tome, postaje moguće da, na primjer: biljke dojavljuju sistemu za navodnjavanje kada je vrijeme da budu nalive, kutija za lijekove dojavljuje pacijentu kada je vrijeme da uzme terapiju, prehrambeni proizvodi dojavljuju da im je istekao rok trajanja, i tako dalje. Svi objekti mogu dobiti aktivnu ulogu zahvaljujući povezivanju na Internet. Internet of Things (IoT) predstavlja osnovu infrastrukture za pametniju planetu.*

Abstract – *Internet of Things is a new, very interesting, direction of development of the Internet. It refers to a unique identification of objects and their virtual representation in the Internet structure. Such objects can communicate, provide information about themselves and accept the information gathered by other objects. Thanks to that, it becomes possible that, for example: plants can communicate to the irrigation system and request to be sprayed, medical containers can notify their patients when it is time to take their treatment, food products can inform whether their dates have expired or not, and so on. All objects can obtain active roles due to connecting to the Internet. Internet of Things (IoT) represents basic infrastructure for a smarter planet.*

1. UVOD

Internet of things (IoT) se danas sve češće vidi kao tehnološka oblast koja će u znatnoj mjeri odrediti budućnost računarstva i komunikacija. Predviđa se da će svaki objekat biti jedinstveno identifikovan i imati virtuelnu prezentaciju na Internetu. Današnji sveprisutni Internet i dalje se može smatrati mrežom za povezivanje ljudi. Povezivanje objekata zauzimaće značajno mjesto u planovima razvoja budućeg Interneta.

Razvoj IoT-a zavisi od dinamike inovacija u brojnim oblastima tehnike, od bežičnih senzora do nanotehnologije. U cilju povezivanja objekata i uređaja sa velikim bazama podataka i mrežama, neophodan je jednostavan i jeftin sistem identifikacije. U ovom trenutku, Radio Frequency IDentification (RFID) [1], predstavlja dobro rješenje za obezbjeđivanje ove funkcionalnosti. Tek nakon identifikacije objekata moguće je prikupiti podatke o njima i obrađivati ih. Za prikupljanje podataka potrebna je sposobnost detektovanja promjena fizičkog statusa objekta, što se može ostvariti upotrebom senzorske tehnologije. Inteligencija ugrađena u objekte, prenošenjem sposobnosti obrade informacija do ivice mreže, može povećati njenu snagu. Na kraju, napredak u minijaturizaciji i nanotehnologiji znači da će sve manji i manji objekti imati sposobnosti interakcije i povezivanja. Kombinacija razvoja na svim navedenim poljima, kreiraće IoT koji će povezati objekte korišćenjem senzora i inteligentnog načina komuniciranja.

Ovaj rad sadrži 5 poglavlja. U poglavlju 2 dat je pregled osnovnih izazova i barijera na putu razvoja IoT koncepta. Glavnim izazovima smatraju se izvori energije, razvoj uređaja male potrošnje, inteligencija, komunikacija,

integracija, interoperabilnost i standardi. Kao glavne barijere navedeni su sistem upravljanja, kao i privatnost i bezbjednost podataka. Poglavlje 3 daje pregled područja primjene sa naglaskom na primjene u maloprodaji, logistici, farmaciji i proizvodnji hrane. U poglavlju 4 predstavljeni su značajniji naučno-istraživački projekti, fokusirani na razvoj koncepta IoT. Dominantno će biti riječ o projektu CASAGRAS [2], kao jednom od vodećih projekata iz ove oblasti. Konačno, poglavlje 5 rezimira izneseno, sadrži zaključke i nagovještava pravce budućeg rada.

2. IZAZOVI I BARIJERE

Kao glavni izazovi na putu razvoja koncepta IoT izdvajaju se sljedeća područja:

- Energija,
- Inteligencija,
- Komunikacija,
- Integracija,
- Interoperabilnost,
- Standardi.

Energetska pitanja, kao što su prikupljanje energije i razvoj čipova male potrošnje, zauzimaju centralno mjesto u razvoju koncepta IoT. Prilikom razvoja rješenja u ovoj oblasti treba voditi računa da entropija sistema bude što bliža nuli. Potrebno je razvijati nove, efikasnije i kompaktnije načine skladištenja energije, kao što su baterije, gorivne ćelije [3], printed/polymer baterije [4], itd. Isto tako potrebno je razvijati nove tipove uređaja za proizvodnju energije i nove metode za prenos energije putem sprežavanja ili ubiranja energije konverzijom.

Sposobnosti kao što su praćenje promjena u okruženju, odnosno komunikacija između uređaja, predstavljaju visoki prioritet u razvoju koncepta IoT. Tu je još i integracija memorije i procesorske snage, otpornost na uticaje spoljašnje sredine i bezbjednost podataka. Razvoj procesorskih, odnosno mikrokontrolerskih jezgara ultra male potrošnje, dizajniranih specifično za IoT uređaje, kao i razvoj jednostavnih i dostupnih IoT pametnih sistema, takođe spadaju u prioritete. Rješenja iz ove oblasti mogu biti iz širokog spektra, od konačnih automata, do mikrokontrolerskih ili FPGA uređaja. Izbor je kompromis između fleksibilnosti, programabilnosti, cijene i potrošnje.

Kao sredstvo za komunikaciju između uređaja, potrebno je razviti i nove, pametne, multi-frekvencijske antene, integrirane u čipu. Antena u čipu mora biti optimizovana u smislu veličine, cijene i efikasnosti. Oblici antena moraju biti vrlo raznovrsni (na primjer: namotaj na čipu, odštampana antena, ugrađena antena ili višestruka antena uz upotrebu različitih podloga i 3D struktura). Modulaciona šema i brzina prenosa podataka su, takođe, veoma važni i treba ih riješavati u skladu sa multi-frekvencijskim, energetski efikasnim komunikacionim protokolima. Komunikacioni protokoli trebaju biti dizajnirani za Web orijentisane arhitekture IoT platforme.

Integracija pametnih uređaja u pakovanja, ili same proizvode, omogućiti će značajno smanjenje cijene i povećati će ekološku prihvatljivost uređaja. Nastaviće se integracija čipa i antene u nestandardne podloge, kao što su tekstil i papir i razvoj novih adekvatnih podloga. System-in-Package (SiP) tehnologija omogućava fleksibilnu 3D integraciju različitih elemenata kao što su antene, senzori, aktivne i pasivne komponente u pakovanja (proizvode) i na taj način smanjuje cijenu koštanja elektronskog identifikatora [5].

Poznato je da dva uređaja ne moraju biti interoperabilna, čak i u slučaju da koriste isti protokol. Ovo je jedno od glavnih uskih grla na putu šireg prihvatanja IoT tehnologije. Budući uređaji (identifikatori) moraju integrirati različite komunikacione standarde i protokole, koji rade na različitim frekvencijama i dozvoljavaju različite arhitekture, centralizovane i distribuirane. Uređaji moraju biti sposobni da komuniciraju sa drugim mrežama ako ne i globalno.

Otvoreni standardi su ključni uslov za uspjeh koncepta IoT. Bez jasnih i prepoznatljivih standarda, kao što je TCP/IP arhitektura, širenje IoT izvan RFID rješenja neće biti moguće. Danas, identifikacione adrese slijede dva glavna standarda, Ubiquitous ID [6] i EPC Global [7]. Osim toga, postoje i prilično velike razlike u frekvencijama u zavisnosti od država i proizvođača. Evolucija standarda i interoperabilnosti utiče na širinu primjene RFID-a, kao i na razvoj IoT-a u širem smislu. Potrebno je razvijati održive, potpuno globalne, energetski efikasne komunikacione standarde, koji obezbjeđuju sigurnost i privatnost, i koriste kompatibilne ili identične protokole.

Na kraju pregleda izazova na putu razvoja koncepta IoT mora se ukazati i na polje proizvodnje. Cijena po jednom elektronskom identifikatoru, ne smije biti veća od jednog

centa. Mora se omogućiti proizvodnja vrlo velikog obima, uz što manji uticaj na okolinu.

Kao glavne barijere u razvoju IoT-a izdvajaju se sistemi upravljanja, privatnost i bezbjednost podataka.

Bez autoriteta, sličnog onom koji upravlja Internetom, nema velikih šansi da IoT istinski globalno zaživi. Danas ne postoji univerzalni standard za označavanje (identifikaciju) objekata. EPC Global i Ubiquitous ID su različiti i nekompatibilni standardi, i postoji rizik da njihovo nadmetanje potraje još dugo. S druge strane, sistem upravljanja je potrebno očuvati što opštijim. Uvođenje posebnog autoriteta za svako razvojno polje sigurno dovodi do preklapanja, konfuzija i borbe između različitih standarda. Kakav treba biti sistem upravljanja za IoT, i u čemu se treba razlikovati od sistema upravljanja današnjim Internetom, ostaje otvoreno pitanje. Treba li to biti državna agencija, ili grupa pod nadzorom Ujedinjenih nacija, ili industrijski konzorcijum, ili nešto drugo. Najbolja je preporuka da sve uključene strane rade zajedno na formiranju rješenja. Na taj način bi se izbjeglo nadmetanje standarda, jer u tim slučajevima, pobjedničko rješenje često nije i najnaprednije.

Da bi se omogućila široka primjena bilo kojeg sistema za identifikaciju objekata, potrebno je garantovati privatnost i bezbjednost korisnika. Uobičajeno je da se bezbjednost sistema razvija kao dodatna karakteristika. Opšteprihvatljivost IoT-a se može osigurati jedino primjenom snažnih bezbjedonosnih rješenja. Danas se često koriste hibridni bezbjedonosni mehanizmi, koji kombinuju hardversku sigurnost i promjenjivi ključ. Izbor mehanizama bezbjednosti u principu je određen uticajem na poslovne procese. Kompromis treba praviti između veličine čipa, cijene, funkcionalnosti i interoperabilnosti.

3. PRIMJENE

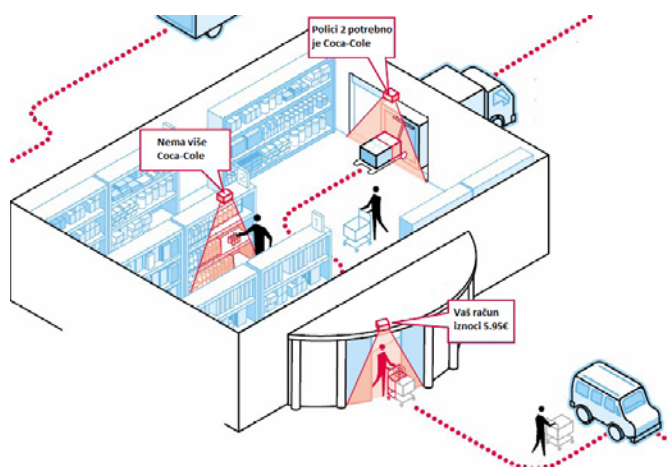
Primjene IoT koncepta su brojne. IoT sistemi mogu se primijeniti u oblasti maloprodaje, logistike, farmacije, hrane, kao i u mnogim drugim oblastima. Pobrojana područja primjene su globalnog karaktera te stoga interesantna i za područje Crne Gore.

Prva velika primjena IoT tehnologije očekuje se da bude zamjena trakastih kodova u maloprodaji. Glavne prepreke realizaciji ove ideje su znatno veća cijena RF identifikatora u odnosu na cijenu simbola trakastog koda, potreba za poboljšanjem pouzdanosti očitavanja identifikatora na metalnim i tečnim artiklima, kao i pitanje privatnosti. I pored toga, zamjena je već započela u nekim pilot projektima. Može se očekivati da će ove dvije identifikacione metode koegzistirati još izvjesni broj godina. Očekuje se da će napredak u elektronskoj industriji učiniti RF identifikator jeftinijim i dostupnijim maloprodajama.

RF identifikatori imaju višestruke prednosti nad trakastim kodom, kako za trgovce tako i za potrošače. Trgovci bi dobili unificirani postupak identifikacije artikala od proizvođača, do skladišta, prodajnih polica i naplatnih kasa. Osim toga imali bi bolju zaštitu od krađe. Ostvarivanje uštede bi bilo moguće dozvoljavanjem potrošačima da sami čekiraju proizvode, bez

potrebe za donošenje istih na pokretnu traku. Police bi mogle biti pametne i same generisati zahtjeve za dopunom. Može biti zabilježen istorijat svakog artikla od proizvođača do police, što omogućuje unapređenje upravljanja kvalitetom duž lanca snadbijevanja.

Uvođenje RF identifikatora potrošačima nudi mogućnost izbjegavanja dugih redova za čekiranje (Slika 1). Istorijat proizvoda poboljšaće bezbjednost hrane i zaštititi prava potrošača u slučaju neispravnog proizvoda. Iako, RF identifikatori u maloprodaji stvaraju zabrinutost potrošača za privatnost i bezbjednost, teško je prihvatiti da oni predstavljaju bitno veći rizik nego trakasti kod. Jedan od načina za prevazilaženje podozrenja je upotreba RF identifikatora u kontekstu koristi za potrošače. U tom smislu, na primjer, bezbjedonosna oprema u automobilu bi trebala omogućiti dobijanje niže cijene osiguranja. Pored toga što postojanje RF identifikatora čini ilegalnu prodaju artikla težim, ono takođe olakšava pronalaženje ukradenih artikala.



Slika 1. Market opremljen RF identifikatorima (tzv. brzi market)

IoT sistemi omogućavaju poboljšanje efikasnosti u logistici. Iz prethodnog se može zaključiti da primjenom IoT koncepta skladišta mogu postati kompletno automatizovana. Roba bi bila čekirana na ulazu i izlazu i nalozi bi se automatski prosljeđivali dobavljačima (Slika 2). To će omogućiti bolje upravljanje, i blagovremeno planiranje transporta. Roba se može transportovati od proizvođača do potrošača bez ljudske intervencije. Proizvođači bi imali direktnu povratnu informaciju o potrebama trgovina. Na ovaj način proizvodnja i transport mogu se dinamički prilagođavati potražnji i time preduprijeti pojavu nedostatka ili nagomilavanja robe.

Izvršni kod u RF identifikatoru omogućava objektima u transportu donošenje inteligentnih odluka u pogledu rutiranja. Odluke bi bile zasnovane na informacijama dobijenim od čitača ili sistema pozicioniranja. Ovo će doprinijeti optimizaciji u prosljeđivanju artikala i delegirati upravljanje rutiranjem sa transportera na proizvođača i potrošača. Kroz stalnu vezu sa pošiljaocem, objekti mogu odlučiti o promjeni rute i isporuci drugom pošiljaocu koji plaća više ili mu je hitno potrebna roba.



Slika 2. Skica upravljanja skladištem opremljenim IoT konceptom

Farmaceutske aplikacije u osnovi nisu ništa drugo do produkcija, logistika i maloprodaja lijekova, što je već opisano u predhodnim pasusima ovog poglavlja. Dodatna prednost od upotrebe elektronskih identifikatora je u tome što oni mogu sadržati podatke o lijeku i olakšati korisniku upoznavanje sa neželjenim efektima i optimalnom doziranju. Osim toga, podaci u elektronskom identifikatoru mogu pomoći u otkrivanju lažnih lijekova ili isticanju njihovog roka trajanja.

Francuski zakon je prvi uveo zaštitu prehrambenih proizvoda sa geografskim porijeklom. Slične zakone danas su uspostavile i mnoge druge Evropske zemlje. IoT omogućava praćenje porijekla hrane i pomaže da se zaštite poljoprivredni diverzitet i ruralni način života. Osim toga elektronski identifikatori omogućavaju zaštitu potrošača od hrane sa isteklim rokom trajanja i hrane bez mogućnosti provjere porijekla.

Moguće su i mnoge druge primjene u gotovo svim oblastima ljudske djelatnosti.

4. ZNAČAJNIJI PROJEKTI NA RAZVOJU IoT KONCEPTA

CASAGRAS (Coordination And Support Action for Global RFID-related Activities and Standardisation) je FP7 projekat (7th Research Framework Programme) koji je započeo 2008. godine. Glavni zadatak projekta je podrška Evropskoj komisiji i globalnoj zajednici u definisanju i prilagođavanju međunarodnih pitanja vezanih za RFID tehnologiju sa posebnim osvrtom na nastanak Internet of Things (IoT) koncepta. Projekat je rezultirao mnogim zaključcima i nizom preporuka, među kojima su :

- Međunarodna saradnja u osmišljavanju plana akcija za Evropu je ključni uslov za razvoj IoT-a,
- Vlade i kompanije još uvijek ne znaju jasno šta je IoT i šta on nudi. Stoga, edukativni programi su ključni za bolje razumijevanja njegovih potencijala i prednosti,
- Socijalna i ekonomska pitanja, privatnost i bezbjednost su bitni faktori za razvoj IoT koncepta,

- Obrazovanje i obuka korisnika neophodni su za bolje razumijevanje i prihvatanje IoT-a,
- Formiranje evropskih centara, čija bi osnovna uloga bila obuka i obrazovanje, može predstavljati temelj za omasovljenje učešća akademskog dijela populacije u proces razvoja IoT-a.

GRIFS (Global RFID Interoperability Forum for Standards) je još jedan u nizu FP7 projekata koji finansira Evropska unija [8]. Prvi korak u razvoju ovog projekta bio je utvrđivanje koji RFID standardi su trenutno aktuelni i u kojim oblastima. U tu svrhu kreirana je otvorena baza međunarodnih standarda RFID tehnologije. Baza je ubrzo postala referenca za informisanje o RFID standardima. GRIFS se prije svega zalaže za :

- Razvijanje globalnih RFID standarda,
- Kontinuiranu blisku saradnju između različitih organizacija za standardizaciju RFID tehnologije.

BRIDGE (Building Radio Frequency Identification Solutions for the Global Environment) je FP7 projekat Evropske unije koji se bavio uočavanjem problema koji ometaju masovnu primjenu RFID tehnologije [8]. Sprovedena istraživanja su pokazala da su najčešći razlozi za odustajanje od ove tehnologije visoka cijena čitača i identifikatora, kao i pitanje bezbjednosti i privatnosti. Projekat je ukazao na potrebu integrisanja identifikatora i senzora, jer su ove dvije funkcije zaustupljene u većini primjena. Osim toga, projekat je predložio nove energetski efikasne algoritme šifrovanja i zaštite podataka.

CIS (Central Information System) je NATO projekat, koji je već duže prisutan i u stalnom je razvoju [9]. Projekat je fokusiran na razvoj IoT sistema koji bi prikupljali i obrađivali podatke bez ljudske intervencije.

Jedan od ovih sistema odnosi se na automatizaciju kontrole upotrebe naoružanja. Na svakom komadu ličnog naoružanja ili druge vojne opreme ugrađeni su markeri koji se iščitavaju sa RFID čitačem. Ovi podaci se automatski, bez ljudskog posredovanja, šalju u glavni centar NATO baze. Na osnovu ovih podataka vojne starješine u bazi, kao i one u glavnom štabu, mogu imati potpuni uvid u to koliko se ličnog naoružanja nalazi u objektima, a koliko se nalazi kod samih vojnika. Mogu se imati tačni podaci o municiji i mjestu njene upotrebe. Posredstvom ovakve razmjene informacija mogu se prikupiti sljedeći podaci:

- broj učesnika u akciji,
- kompletnost opreme vojnika u akciji,
- pripadnost opreme po zaduženju,
- utrošak municije,
- vrste i tipovi ostale opreme koja se koristila u akciji.

5. ZAKLJUČAK

U radu su dati osnovni podaci o IoT konceptu, kao veoma interesantnom pravcu razvoja budućeg Interneta. Kao dvije osnovne karakteristike navedeni su jedinstveno identifikovanje objekata i njihova virtualna reprezentacija na

Internetu. Pokazano je da je za uspješan i cjelovit razvoj IoT koncepta potrebno puno tehničkih inovacija i razvoja u mnogim oblastima. Imeđu ostalog, potrebno je postići značajan napredak na polju napajanja, inteligencije, integracije, komunikacije, interoperabilnosti, kao i standardizacije elektronskih identifikatora. Značajna pažnja je posvećena primjeni IoT koncepta. Konstatovane su velike mogućnosti primjene u maloprodaji, logistici, farmaciji, kontroli stavljanja hrane u promet, automatizaciji industrijskih i privrednih procesa, bezbjednosti, i drugim brojnim primjenama. Na kraju je dat pregled značajnih trenutno aktuelnih projekata fokusiranih na razvoj i primjenu IoT koncepta.

Budući rad će se dominantno odnositi na razvoj sistema automatizacije zasnovanih na IoT konceptu. Takvi sistemi bi, na primjer, služili za automatizaciju privatnih i javnih parkinga, automatizaciju sistema navodnjavanja, automatizaciju kontrole kvaliteta voda, kao i razna druga upravljanja i evidencije. Osim toga, planiraju se uložiti napor u osmišljavanju rješenja za unapređenje funkcija elektronskih identifikatora.

LITERATURA

- [1] Klaus Finkenzeller, "FRID Handbook: Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near Field Communication", Wiley, August 2010.
- [2] Anthony Furness, „CASAGRAS Perspective on the Internet of Things“, Lyon, November 2008.
- [3] Predrag Čolaković, "Gorivne ćelije – Izvori električne energije", Elektrotehnički fakultet Beograd, Srbija, Mart 2007.
- [4] Daniel Steingart, Christine C. Ho, Justin Salminen, James W. Evans, Paul K. Wright, "Dispenser Printing of Solid Polymer – Ionic Liquid Electrolytes for Lithium Ion Cells", University of California, Berkeley, 2007.
- [5] Robert C. Pfahl Jr., Joe Adam, "System in Package Technology", iNEMI, 2010
- [6] N. Koshizuka, K. Sakamura, "Ubiquitous ID: Standards for Ubiquitous Computing and the Internet of Things", University of Tokyo, Japan, December 2010.
- [7] EPCglobal, "The EPC Namespace and The Internet of Things (IoT)", Siaige, 2008.
- [8] Herald Sundmaeker, Patrick Guillemin, Peter Friess, Sylvie Woelfflé, „Vision and Challenges for Realising the Internet of Things“, Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, Brussels, March 2010.
- [9] Ltc. C. Porcile, "CIS Communication", G6 PLANS, 2010.

FILTRIRANJE SIGNALA U BEŽIČNIM KOMUNIKACIJAMA METODOM TOTALNE VARIJACIJE

TOTAL VARIATION BASED DENOISING OF WIRELESS SIGNALS

Andjela Draganić, Irena Orović, Srdjan Stanković, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je opisana procedura filtriranja zašumljenih signala primjenom metoda totalne varijacije. Filtriranje metodom totalne varijacije je našlo značajnu primjenu u obradi slike, kao i filtriranju signala koji su djelimično konstantni (tzv. piecewise constant signals). U realnim aplikacijama signal je gotovo uvijek zahvaćen nekom vrstom šuma. U radu su posmatrani signali različite kompleksnosti, koji se javljaju u bežičnim komunikacijama. Signali su zahvaćeni Gausovim i impulsnim šumom. Eksperimentalno je pokazano da procedura totalne varijacije obezbjeđuje efikasno uklanjanje šuma za posmatrane tipove signala.

Abstract: The procedure for filtering noisy signals, based on total variation denoising method, is described in the paper. Total variation filtering has found significant applications in image processing and filtering signals that are partly constant (i.e. piecewise constant signals). In a real applications, signal is almost always corrupted by some kind of noise. In this paper signals of varying complexity, that appear in wireless technology, are analyzed. Signals are corrupted by Gaussian and impulse noise. It is experimentally shown that the total variation procedure provides effective noise reduction for different types of signals.

1. INTRODUCTION

In real applications signals are usually corrupted with noise. There is a number of denoising algorithms proposed in the literature, applicative on different types of noise (Gaussian, localvar, speckle, poisson, impulse noise, etc.). In this paper, Total Variation Denoising (TV) [1]-[14] algorithm is considered. It is based on l_1 – norm regularization, which is mostly used on signals having sparse representation in some basis. Sparse signals have a large number of zeros or coefficients that are close to zero in certain transform domain, compared to the signal length. TV denoising has been widely applied in image processing. Except denoising, TV is used in applications like restoration and deconvolution [2]. Denoising based on TV regularization is often used for image filtering, as it preserves sharp edges of the image. Thus, for most real signals this method gives better results compared to l_2 – based regularization. TV denoising can be applied both, on 1-D and 2-D signals. For 2-D signals, TV is defined as the l_1 – norm of the magnitude of the gradient.

In this paper, TV denoising method is applied on 1-D signals that appear in wireless communications, like IEEE 802.11b and Frequency Hopped Spread Spectrum (FHSS) signals [15], [16]. FHSS is modulation technique used in spread spectrum communications. The frequency of the carrier signal is changed from one value to another, which reduces the impact of interference on the signal and make interception of signals harder. IEEE 802.11b is commonly used standard in wireless technology. Like Bluetooth, this standard uses unlicensed 2.4 GHz Industrial, Scientific and Medical (ISM) band. TV is showed to be effective filtering method for recovering wireless-like signals. Observed signals are corrupted by Gaussian and impulse noise. It is shown that

TV procedure provides efficient results for all considered types of noise, and for different signal-to-noise ratios.

The paper is organized as follows. After the Introduction, the basic theory related to the TV denoising is given in Section II. Section III contains analysis of denoising procedure applied to 1-D signals. Section IV contains experimental results and the error analysis. Conclusion is given in Section V.

2. THEORETICAL BACKGROUND

Total variation (TV) has been introduced by Rudin, Osher, Fatemi [1]. It is denoising technique, developed in order to remove noise, but to preserve edge information of the observed signal. Method has been used not only for denoising, but also for signal restoration, including compressed sensing, interpolation, in-painting, etc. The total variation of the discrete signal x is defined as follows [2],[3]:

$$TV(x) = \sum_{n=2}^M |x(n) - x(n-1)|, \quad (1)$$

where M is signal length. Let us consider a signal corrupted by an additive noise, denoted by e :

$$y = x + e. \quad (2)$$

Our goal is to estimate the signal x . One way would be to find minimum of the objective function $J(x)$ defined as:

$$J(x) = \|y - x\|_2^2 + \lambda \|Ax\|_1, \quad (3)$$

where A is $K \times M$ matrix, and relation Ax denotes matrix differential equation. Relation (3) is called TV denoising. Parameter λ is regularization parameter and controls the amount of

smoothing. Larger values of λ are used to remove higher noise. The optimal value of the objective function is obtained as follows:

$$J_{opt} = \min_x \|y - x\|_2^2 + \lambda \|Ax\|_1. \quad (4)$$

As l_1 - norm is not differentiable, minimization of the relation (4) is not easily performed. Therefore, dual formulation for the optimal value of the objective function is derived. If the absolute value of x is written as $|x| = \max_{|z| \leq 1} zx$, than the l_1 - norm of the vector x could be formulated as $|x|_1 = \max_{|z| \leq 1} z^t x$.

Objective function becomes:

$$J(x) = \max_{|z| \leq 1} \|y - x\|_2^2 + \lambda z^t Ax, \quad (5)$$

and its optimal value:

$$J_{opt} = \min_x \max_{|z| \leq 1} \|y - x\|_2^2 + \lambda z^t Ax. \quad (6)$$

Relation (6) is dual formulation for TV denoising. Finding both, vector x and z is based on iterative clipping algorithm:

$$\begin{aligned} x^{(i+1)} &= y - \frac{\lambda}{2} A^t z^{(i)}, \\ z^{(i+1)} &= \text{clip}(z^{(i)} + \frac{2}{\alpha \lambda} Ax^{(i+1)}, 1) \end{aligned}, \quad (7)$$

where α is greater of equal to the maximum eigenvalue of AA^t ($\alpha \geq \max \text{eig}(AA^t)$), and clip function is defined as follows:

$$\text{clip}(a, b) = \begin{cases} a & |a| \leq b, \\ b * \text{sign}(a) & |a| \geq b. \end{cases} \quad (8)$$

Number of iterations is user defined, as well as parameter λ .

3. TV PROCEDURE FOR WIRELESS SIGNAL DENOISING

Noise reduction for Bluetooth and IEEE 802.11b signals is analyzed in the sequel. Bluetooth is wireless standard for short range and low-power wireless communication. Standard operates in the 2.4 GHz ISM band and uses a frequency-hopping spread spectrum modulation technique [15]. Signals belong to IEEE 802.11b standard are also used for wireless communication, with wider operating range. Operating frequency of IEEE 802.11b signal is around 2.4 GHz, same as in the Bluetooth technology. Wireless standard uses OFDM modulation technique, i.e. multi-carrier modulation [16].

TV procedure is applied on denoising wireless-like signals. The TV denoising procedure can be applied more than once (in the experiments we have repeated the algorithm several times). Since it is based on signal smoothing operations, it is necessary to adjust the smoothing parameter λ , according to the number of iterations and the amount of noise. The TV algorithm works with the impulse noise, as well, especially in the case when noisy pulses are not very strong (a few times higher than the maximal signal value). In

all considered cases, parameters λ and N , as well as number of times TV is performed, is varied, in order to obtain optimal results. Mean absolute and mean squared errors between the original and denoised signals are analyzed.

Here we first considered IEEE 802.11b noisy signal. Signal is denoised by using procedure described in Section II. Value for parameter λ is chosen to be 4, as it gives optimal results. Parameter N is also varied, in order to decrease error between original and denoised signal. Secondly, Bluetooth signal denoising is analysed using the same procedure.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

A. IEEE 802.11b signal

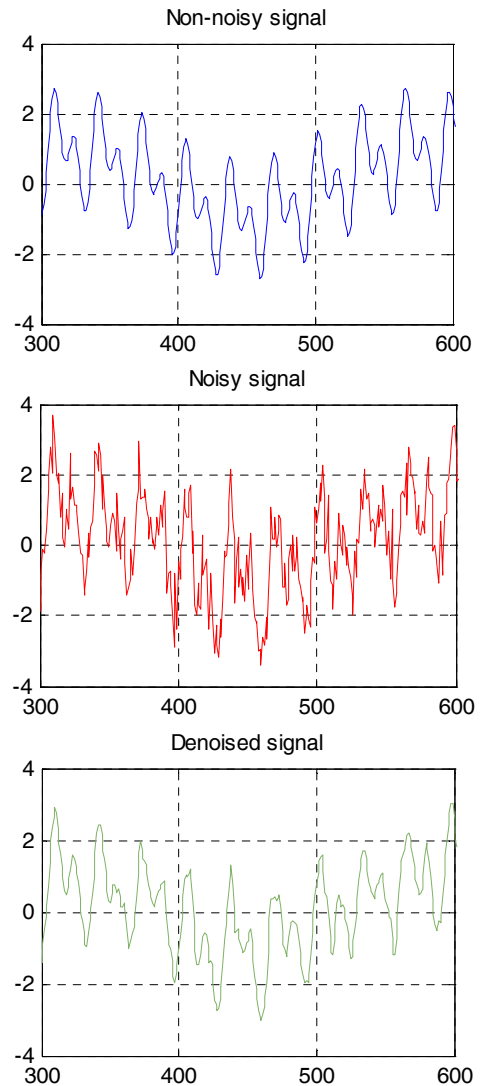


Figure 1. Part in the time domain of: a) original (non-noisy signal); b) signal corrupted by Gaussian noise; c) signal denoised using TV algorithm; horizontal axis is for time, vertical axis is for amplitude

The test IEEE 802.11b-like signal is corrupted by Gaussian noise (SNR=6.5052 dB). The noisy signal is presented in the Figure 1 (red line), while its denoised version, obtained by using $\lambda = 4$, $N = 5$ and performing TV twice, is plotted with green line. Procedure is repeated for

various SNRs and the corresponding errors are given in Table I.

TABLE I: MEAN ABSOLUTE ERROR AND MEAN SQUARE ERROR BETWEEN ORIGINAL AND DENOISED SIGNAL

SNR [dB]	MAE OD	MSE OD
2.9771	0.3815	0.2297
4.9669	0.3121	0.1507
6.5052	0.2449	0.0927
7.9428	0.2110	0.0692
12.8014	0.1325	0.0277

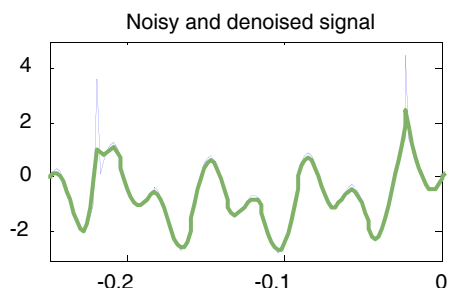


Figure 2. Region in time domain of the signal corrupted by impulse noise (blue) and denoised (green) signal; horizontal axis is for time, vertical axis is for amplitude

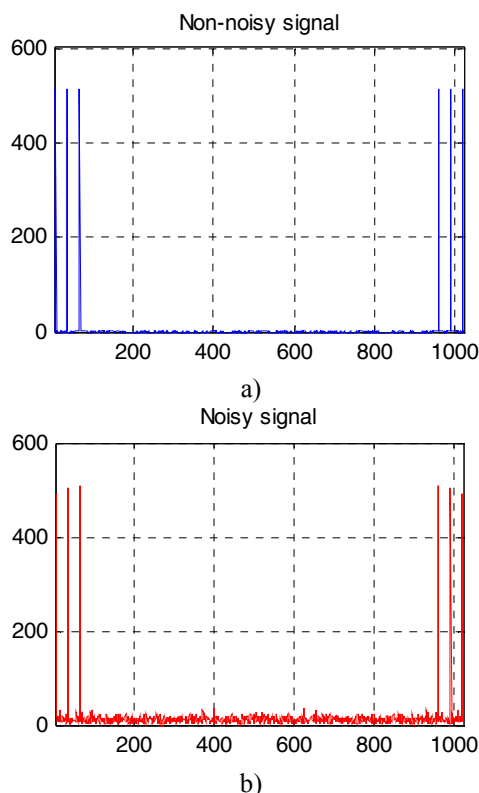


Figure 3. Fourier transform of: a) non-noisy and b) signal corrupted by impulse noise; horizontal axis is for frequency, vertical axis is for amplitude

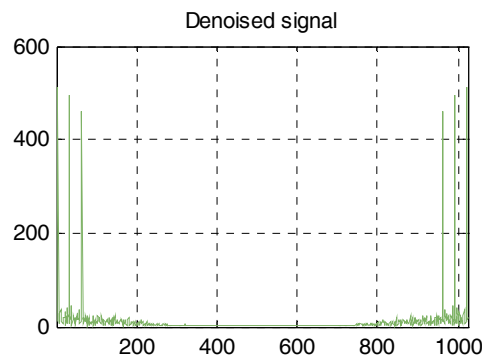


Figure 4. Fourier transform of denoised signal; horizontal axis is for frequency, vertical axis is for amplitude

The same signal, now corrupted with impulse noise is also observed. In the case of impulse noise, TV denoising works well when noise values do not exceed two or three times maximal signal value. Time-domain of the non-noisy and noisy signal is plotted on Figure 2. Figure 3 and 4 show Fourier transform of the non-noisy, noisy and denoised signal. As it can be seen from Figures 2 and 4, noisy peaks are successfully removed.

B. Frequency Hopped Spread Spectrum signal

Described procedure can be efficiently applied on FHSS signals, used in Bluetooth communications. FHSS is a modulation technique used for the transmission of radio signals. It is based on changing the carrier frequency from one value to another and is applied in the Bluetooth systems. FHSS signal consists of sinusoids of different frequencies.

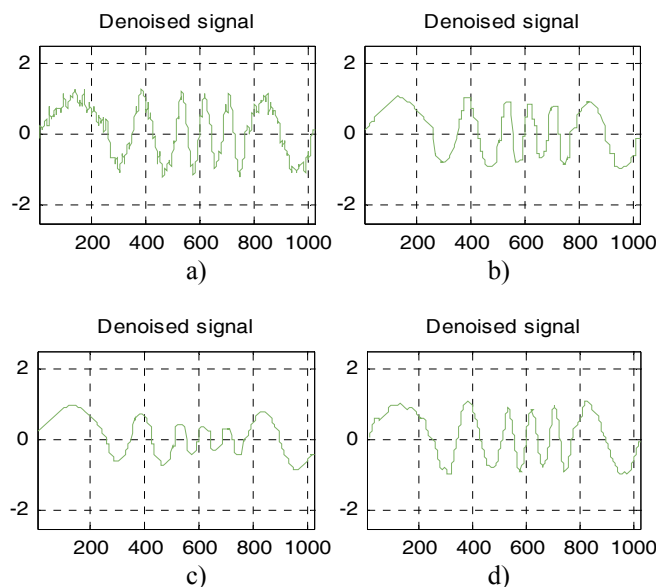


Figure 5. Signal denoised by using: a) $\lambda = 4, N = 30$, TV is performed once; b) $\lambda = 4, N = 1000$, TV is performed once; c) $\lambda = 4, N = 1000$, TV is performed four times; d) $\lambda = 4, N = 30$, TV is performed ten times; horizontal axis is for time, vertical axis is for amplitude

Figure 5 shows FHSS signal of length 1024 samples, corrupted by Gaussian noise with SNR= 5.7433 dB. As in previous examples, TV procedure is performed several times, with different values of parameters of λ and N . From Table II it can be seen that minimal mean square error is obtained by using $\lambda = 4$, $N = 30$ and TV is performed ten times.

TABLE II: MEAN ABSOLUTE ERROR AND MEAN SQUARE ERROR BETWEEN NON-NOISY AND DENOISED SIGNAL, FOR DIFFERENT VALUES OF λ AND N

λ	N	TV repetition number	MAE_OD	MSE_OD
1/16	1	10	0.286	0.1307
1/16	30	1	0.2856	0.1305
1/16	30	10	0.1492	0.0363
1/2	10	1	0.1733	0.0486
2	30	1	0.1137	0.0199
3	20	1	0.1261	0.0247
4	30	1	0.1135	0.0199
4	30	2	0.0943	0.0139
4	1000	1	0.0884	0.0128
4	1000	4	0.1790	0.0600
4	30	10	0.0639	0.0069

5. CONCLUSION

Procedure for filtering noisy wireless signals, based on TV denoising method, is described in the paper. It is shown that TV procedure can be efficiently applied on noisy signals used in wireless technology. As TV denoising is based on smoothing the signal, defining smoothing parameter, as well as number of iterations is demanding task. Procedure is tested in the presence of Gaussian and impulse noise, and it is shown that TV method works well in both cases. Errors between non-noisy and denoised signals are analyzed. It is shown that errors are small, compared to the mean value of the signal.

REFERENCES

- [1] L. Rudin, S. Osher, E. Fatemi, "Nonlinear total variation based noise removal algorithms", *Physica D*, 60:259-268, 1992.
- [2] I. W. Selesnick, I. Bayram, "Total Variation Filtering", February 4, 2010.
- [3] S. Stankovic, I. Orovic, E. Sejdic, „Multimedia Signals and Systems“, Springer, September 2012.
- [4] A. Chambolle, "Total variation minimization and a class of binary MRF models", *Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition*, Springer 2005.
- [5] S. Karthik, V. K. Hemanth, K. P. Soman, V. Balaji, S. K. Sachin, M. S. Manikandan, "Directional Total Variation Filtering Based Image Denoising Method", *International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 2, No. 1, ISSN 1694-0814, March 2012.
- [6] P. Blomgren, T. Chan, P. Mulet, "Extensions to Total Variation Denoising", *Proc. SPIE 3162, Advanced Signal Processing: Algorithms, Architectures, and Implementations VII*, 367 (October 24, 1997); doi:10.1117/12.279496.
- [7] A. Chambolle, "Total variation minimization and a class of binary MRF models", *Proceedings of the 5th international conference on Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition*, Pages 136-152.
- [8] A. Chopraa, H. Lianb, "Total Variation, Adaptive Total Variation and Nonconvex Smoothly Clipped Absolute Deviation Penalty for Denoising Blocky Images", *Pattern Recognition* (August 2010), 43 (8), pg. 2609-2619.
- [9] J. M. Bioucas-Dias, M. A. T. Figueiredo, "Multiplicative Noise Removal Using Variable Splitting and Constrained Optimization", *IEEE Transactions on Image Processing*, Volume 19, Issue 7, July 2010, Pages 1720-1730.
- [10] L. Condat, "A Direct Algorithm for 1D Total Variation Denoising", February 28, 2012.
- [11] A. Chambolle, V. Caselles, D. Cremers, M. Novaga, T. Pock, "An introduction to Total Variation for Image Analysis", *Lecture Notes*.
- [12] F. I. Karahanoglu, I. Bayram, D. Van De Ville, "A Signal Processing Approach to Generalized 1-D Total Variation", *IEEE Transactions on Signal Processing*, Volume: 59, Issue: 11, Page(s): 5265 – 5274.
- [13] F. Lenzen, H. Schäfer, C. Garbe, "Denoising Time-Of-Flight Data with Adaptive Total Variation", *Advances in Visual Computing Lecture Notes in Computer Science*, Volume 6938, 2011, pp 337-346.
- [14] C. Li, "An Efficient Algorithm For Total Variation Regularization with Applications to the Single Pixel Camera and Compressive Sensing", Master Thesis.
- [15] O. Berder, C. Boudier, G. Burel, "Identification of Frequency Hopping Communications", *Problems in Modern Applied Mathematics*, published by WSES, 2000, pp. 259-264, ISBN 960 8052-15-7.
- [16] M. Gandetto, M. Guainazzo, C. S. Regazzoni, "Use of Time-Frequency Analysis and Neural Networks for Mode Identification in a Wireless Software-Defined Radio Approach", *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 2004, pp. 1778-1790, 2004.

KARAKTERIZACIJA MUZIČKIH SIGNALA BAZIRANA NA DEKOMPOZICIJI NA SINGULARNE VRIJEDNOSTI I VREMENSKO-FREKVENCIJSKOJ ANALIZI CHARACTERIZATION OF THE MUSICAL SIGNALS BASED ON SINGULAR VALUE DECOMPOSITION AND TIME-FREQUENCY ANALYSIS

Andjela Draganić, Irena Orović, Srdjan Stanković, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: *U radu je opisana procedura za karakterizaciju multikomponentnih signala, bazirana na metodu dekompozicije na singularne vrijednosti i singularne vektore. Metod je kombinovan sa vremensko-frekvencijskom analizom signala. Kao rezultat dekompozicije odvajaju se komponente posmatranih signala. Procedura je testirana za realne signale. Testirani signali su izrazito multikomponentni. Procedura se, u zavisnosti od tipa signala, sprovodi jednom ili više puta, u cilju odvajanja svih komponenti signala.*

Abstract: *A procedure for characterization of multicomponent signals based on singular value decomposition method, is described in this paper. Method is combined with time-frequency signal analysis. Components of the observed signals are isolated, as final result of the decomposition. This approach was tested on highly multicomponent real signals. Procedure is performed ones or is repeated several times, depend on type of the observed signal, in order to separate all of the signal components.*

1. UVOD

Jedan od često korišćenih aparata linearne algebre u obradi signala je dekompozicija na singularne vrijednosti i singularne vektore (Singular Value Decomposition - SVD) [1]-[5]. SVD omogućava redukciju dimenzija matrica koje dekomponuje, zbog čega je našla primjenu u kompresiji slike, redukciji šuma i drugim poljima obrade signala. U obradi signala često se primjenjuje i dekompozicija na sopstvene vrijednosti i vektore - (Eigen Value Decomposition - EVD) [6], s tom razlikom što se EVD može primijeniti samo na kvadratne matrice. SVD metod razlaže bilo koju pravougaonu matricu na tri nove matrice, pri čemu članovi polazne matrice mogu biti kako realne tako i kompleksne vrijednosti. SVD tehnika se može efikasno kombinovati sa vremensko-frekvencijskom analizom signala u cilju njihove dalje obrade i analize. U ovom radu, SVD je korišćena za odvajanje komponenti muzičkih signala.

Izbor vremensko-frekvencijske distribucije, sa kojom se SVD metod kombinuje, zavisi od tipa signala. Naime, frekvencijski sadržaj signala se najčešće dobija Fourier-ovom analizom. Međutim, ovaj način procjene spektra signala ne daje informacije o vremenskim trenucima pojavljivanja pojedinih frekvencijskih komponenti. Zbog toga su uvedene vremensko-frekvencijske distribucije, [7]-[9]. One omogućavaju analizu vremenski promjenljivog spektralnog sadržaja signala, što znači da pružaju informacije i o rasporedu frekvencija u spektru i o trenucima pojavljivanja spektralnih komponenti. Vremensko-frekvencijske distribucije su našle široku primjenu u obradi nestacionarnih signala, kakva je većina signala u realnim aplikacijama.

Važno je napomenuti da ne postoji neka vremensko-frekvencijska distribucija koja je pogodna za analizu svih vrsta signala. Postoji ogroman broj distribucija, koje su uvedene za analizu nekih specifičnih klasa signala. Neke od često primjenljivanih vremensko-frekvencijskih distribucija su spektrogram (kvadrat modula kratkotrajne Fourierove

transformacije -STFT) i Wigner-ova distribucija (WD) [9]. U odnosu na spektrogram, WD poboljšava koncentraciju signala u vremensko-frekvencijskom domenu. Međutim, WD primijenjena na multikomponentne signale, kao što su muzički signali, najčešće ne daje zadovoljavajuće rezultate usljed pojave kros komponenti koje otežavaju analizu signala. U cilju eliminacije ovih neželjenih komponenti uvedene su druge distribucije kao na primjer distribucije iz Cohen-ove klase i S-metod. Kod signala koji imaju brzo promjenljivu faznu funkciju, WD proizvodi tzv. „inner-interferences“. U cilju poboljšanja tačnosti estimacije trenutne frekvencije kod takvih signala, uvedene su distribucije višeg reda.

U ovom radu SVD metod je testiran na realnim multikomponentnim signalima, u cilju izdvajanja njihovih komponenti. SVD metoda je kombinovana sa vremensko-frekvencijskom analizom, gdje je kao distribucija bez kros-članova korišćen S-metod. Posmatrani su signali kakve proizvode muzički instrumenti, kod kojih energije pojedinih komponenti signala variraju, u zavisnosti od frekvencije na kojoj se komponenta nalazi. Pokazano je da je kroz nekoliko iteracija opisane procedure moguće odvojiti sve komponente posmatranih signala.

Rad je organizovan na sledeći način: Nakon uvoda, u drugom dijelu je dat pregled najčešće korišćenih vremensko-frekvencijskih distribucija. U trećem dijelu opisan je SVD metod, kao i algoritam dekompozicije multikomponentnih muzičkih signala. Četvrto poglavlje sadrži eksperimentalne rezultate. Zaključak je dat u petom poglavlju.

2. TEORIJSKA OSNOVA

Najčešće korišćena vremensko-frekvencijska reprezentacija je kratkotrajna Fourier-ova transformacija (STFT), i njena energetska verzija spektrogram (SPEC), definisani na sledeći način:

$$STFT(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t + \tau)w(\tau)e^{-j\omega\tau} d\tau, \quad (1)$$

$$SPEC(t, \omega) = |STFT(t, \omega)|^2, \quad (2)$$

gdje $w(\tau)$ predstavlja funkciju prozora širine τ . Kako širina prozora τ utiče na rezoluciju signala u vremensko-frekvencijskom domenu, to STFT (tj. SPEC) nije pogodna za analizu svih tipova signala. Naime, nemoguće je istovremeno postići dobru rezoluciju i po vremenu i po frekvenciji. U cilju poboljšanja koncentracije signala u vremensko-frekvencijskoj ravni, uvedene su nove vremensko-frekvencijske distribucije. Među njima često korišćena distribucija je Wigner-ova distribucija, definisana na sledeći način:

$$WD(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t + \frac{\tau}{2})x^*(t - \frac{\tau}{2})e^{-j\omega\tau} d\tau. \quad (3)$$

WD poboljšava koncentraciju signala u odnosu na spektrogram, te obezbeđuje idealnu reprezentaciju za linearno-frekvencijski modulirane signale. U slučaju nelinearno frekvencijski moduliranih signala, javljaju se interferencije usled nestacionarnosti samog signala. Još jedan nedostatak WD ispoljava se kod signala koji imaju više od jedne komponente. U takvim slučajevima, na aritmetičkoj sredini između dva člana signala (tj. auto-člana), WD proizvodi novi član (tzv. kros ili unakrsni član). Kros-član nije komponenta signala, već se javlja kao posledica međusobnog uticaja komponenti. Energija kros-člana može da bude značajno veća od energije auto-člana, zbog čega WD ne daje uvijek vjernu predstavu signala u vremensko-frekvencijskom domenu. U cilju prevazilaženja nedostataka STFT-a i WD-a, definisan je S-metod [11]. Diskretna forma S-metoda koja se koristi pri numeričkim realizacijama, se definiše kao:

$$SM(n, k) = \sum_{i=-L_d}^{L_d} P(i)STFT(n, k+i)STFT^*(n, k-i), \quad (4)$$

gdje su n i k diskretni odbirci po vremenu i po frekvenciji, a L_d širina prozora u frekvencijskom domenu. Širina prozora ne bi trebalo da bude veća od polovine rastojanja između dva člana signala. U suprotnom dolazi do pojave kros-članova. Adekvatnim izborom parametra L_d S-metod poboljšava rezoluciju u vremensko-frekvencijskom domenu u odnosu na STFT i SPEC, a kros-članove redukuje ili potpuno eliminiše.

3. DEKOMPOZICIJA NA SINGULARNE VRIJEDNOSTI U ANALIZI MUZIČKIH SIGNALA

Bilo koja pravougaona matrica A , dimenzija $m \times n$, SVD metodom se razbija na proizvod tri matrice U , S i V :

$$A_{m \times n} = U_{m \times m} S_{m \times n} V_{n \times n}^T, \quad (5)$$

gdje su U i V lijeva i desna matrica singularnih vektora, a S je dijagonalna matrica singularnih vrijednosti, sortiranih u opadajućem poretku. T u relaciji (5) označava operaciju transponovanja. Matrica U sadrži singularne vektore

proizvoda AA^T , dok matrica V sadrži singularne vektore proizvoda $A^T A$. Kao krajnji rezultat dekompozicije dobija se:

$$A = \sum_{i=1}^r \delta_i u_i v_i^T = \delta_1 u_1 v_1^T + \delta_2 u_2 v_2^T + \dots + \delta_r u_r v_r^T, \quad (6)$$

gdje je r rang matrice, a sa δ_i su označene singularne vrijednosti.

Polazeći od izraza za inverznu Wigner-ovu distribuciju signala, moguće je definisati dekompoziciju na singularne vrijednosti tog signala [6]. Najprije je potrebno definisati matricu na koju se SVD može primijeniti. Polazi se od izraza za inverznu Wigner-ovu distribuciju, koja je definisana na sljedeći način:

$$x(n+m)x^*(n-m) = \frac{1}{N+1} \sum_{k=-N/2}^{N/2} WD(n, k) e^{j \frac{2\pi}{N+1} 2mk}, \quad (7)$$

gdje je $x(n)$ vektor čiji su elementi vrijednosti signala, a $x^*(n)$ vektor koji sadrži konjugovano kompleksne vrijednosti signala. Pretpostavimo da se signal sastoji od p komponenti. Važi:

$$\sum_{i=1}^p x(n+m)x^*(n-m) = \frac{1}{N+1} \sum_{i=1}^p \sum_{k=-N/2}^{N/2} WD(n, k) e^{j \frac{2\pi}{N+1} 2mk}, \quad (8)$$

STFT pojedinačnih komponenti muzičkog signala, na koji je dekompozicija primijenjena, ne preklapaju se u vremensko-frekvencijskom domenu. Takođe, adekvatnim izborom parametara S-metoda, moguće je postići koncentraciju komponenti kao kod WD-a, samo bez prisustva kros članova. Drugim riječima, S-metod signala jednak je sumi WD računatih za pojedinačne komponente, pa se relacija (8) može napisati na sljedeći način:

$$\sum_{i=1}^p x(n+m)x^*(n-m) = \frac{1}{N+1} \sum_{k=-N/2}^{N/2} SM(n, k) e^{j \frac{2\pi}{N+1} 2mk}. \quad (9)$$

Lijeva strana relacije (9) predstavlja autokorelacionu matricu signala na koji se primijenjuje dekompozicija na singularne vrijednosti. Broj singularnih vrijednosti i singularnih vektora odgovara broju komponenti signala.

A. Dekompozicija muzičkih signala

Dekompozicija je primjenjena na muzičke signale u cilju odvajanja njihovih komponenti. Bitno je naglasiti da energija komponenti varira u zavisnosti od frekvencije na kojoj se komponenta nalazi. Zbog razlike u energijama, procedura dekompozicije signala se dijeli u više iteracija. U svakoj iteraciji odvajaju se komponente bliskih energija.

Koraci algoritma se mogu rezimirati na sljedeći način:

- 1) Računa se S-metod signala $x(t)$;
- 2) Autokorelacionu matricu, na koju se primijenjuje dekompozicija, je moguće dobiti na osnovu matrice S-

metoda, računajući njenu inverznu transformaciju (relacija (9)), a zatim je rotirajući za 45 stepeni;

3) Na dobijenu autokorelacionu matricu primijenjuje se SVD dekompozicija. Nakon dekompozicije, dobijaju se matrice U , S , V . Svaka kolona matrice U , odnosno V , predstavlja jedan singularni vektor, odnosno jednu komponentu signala. Zbog simetrije spektra, svaka komponenta signala će se javiti dva puta, odnosno, postojaće dva vektora koja odgovaraju istoj komponenti signala. Zbog toga se uzima samo prvih $N/2$ vektora;

4) Za svaki vektor se računa S-metod, pri čemu je parametre kao što su širina prozora S-metoda, širina i tip prozora prilikom računanja Fourier-ove transformacije, moguće podesiti u cilju dobijanja što je moguće bolje koncentrisane komponente. S-metod pojedinačnih komponenti ima oblik definisan relacijom (10):

$$SM_j(n, k) = \sum_{l=-L_j}^{L_j} STFT_j(n, k+l) STFT_j^*(n, k-l), \quad (10)$$

gdje je j redni broj vektora. Pozicija j -te komponente se dobija kao:

$$\omega_j = \underset{k}{\operatorname{argmax}} \{SM_j(n, k)\}. \quad (11)$$

5) U sledećem koraku, region frekvencija u Fourier-ovoj transformaciji, kojem odgovara komponenta ω_j , se postavlja na nulu. Ovaj korak nije potreban u slučaju da se u prvoj iteraciji odvoje sve komponente signala;

6) U slučaju da se ne odvoje sve komponente signala, iz nepotpune Fourier-ove transformacije, dobijene u prethodnom koraku, inverznim putem se računa signal za narednu iteraciju:

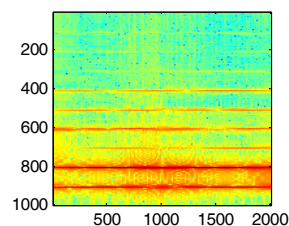
$$x_{i+1}(t) = \operatorname{iffi}(X(\omega_i)), \quad (12)$$

gdje je $X(\omega_i)$ Fourier-ova transformacija dobijena u koraku 5). Dekompozicija se dalje računa koristeći Fourier-ovu transformaciju $FT\{\omega\}$, dok god postoje regioni veći od eksperimentalno određenog praga ξ . U idealnom slučaju važi bi $\xi = 0$. Međutim, kako je kod realnih signala obično prisutan šum, prag će biti neka vrijednost različita od nule.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

A. Signal flaute

Procedura je najprije testirana na signalu flaute. Za analizu je uzeto 1000 odbiraka signala, a za vrijednost parametra L , koji je korišćen prilikom računanja S-metoda, je uzeto 3. S-metod signala je prikazan na Slici 1. Signal se sastoji od devet komponenti. Odvojene komponente prikazane su u Tabeli I. Procedura dekompozicije je ponovljena 5 puta, a komponente su izdvojene korišćenjem desnih singularnih vektora.



Slika 1. S-metod signala flaute

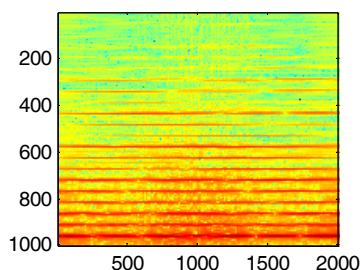
U cilju poboljšanja koncentracije komponenti, S-metod za svaku komponentu je računat sa Hanning-ovim prozorom širine 500, i parametrom $L=6$. Isti rezultat se dobija ako se vremensko-frekvencijska reprezentacija za izdvojene komponente, umjesto sa kolonama matrice desnih singularnih vektora V , računa sa kolonama matrice lijevih singularnih vektora U . Dekompozicija je ponovljena više puta, i u svakoj iteraciji odabrano je odvajanje po dvije komponente bliskih energija.

TABELA I: Odvojene komponente signala flaute

Prva iteracija		
Druga iteracija		
Treća iteracija		
Četvrta iteracija		
Peta iteracija		

B. Signal violine

Opisana procedura dekompozicije testirana je i na signalu violine. U odnosu na signal flaute, signal violine ima veći broj komponenti u istom frekvencijskom opsegu, što se može vidjeti na Slici 2, kao i znatno gušći raspored komponenti. Proceduru dekompozicije je zbog toga potrebno ponoviti više puta. Odvojeno je 19 komponenti signala, kroz 10 iteracija. Komponente su prikazane u Tabeli II.



Slika 2. S-metod signala violine

TABELA II: Odvojene komponente signala violine kroz 10 iteracija; korišćena je matrica desnih singularnih vektora

Prva iteracija		Druga iteracija	
Treća iteracija		Četvrta iteracija	
Peta iteracija		Šesta iteracija	
Sedma iteracija		Osma iteracija	
Deveta iteracija		Deseta iteracija	

5. ZAKLJUČAK

U radu je prezentovana iterativna procedura za odvajanje komponenti multikomponentnog signala. Procedura je bazirana je na metodu dekompozicije na singularne vrijednosti i S-metodu, kao distribucije koja daje zadovoljavajuću vremensko-frekvencijsku reprezentaciju

ovakvih signala. Kako su komponente signala različitih energija, proceduru je neophodno ponoviti više puta. U svakoj iteraciji odvojen je mali broj komponenti bliskih energija. Komponente najmanjih energija, koje su jedva vidljive u vremensko-frekvencijskom domenu, su detektovane i odvojene opisanom procedurom.

LITERATURA

- [1] D. Kalman, "A Singularly Valuable Decomposition: The SVD of a Matrix", The American University Washington, DC 20016, February, 2002.
- [2] N. Zaric, I. Orovic, S. Stankovic, "Singular Value Decomposition And Space/Spatial-Frequency Analysis Applied To Digital Watermarking," *Proc. of the 20th European Signal Processing Conference EUSIPCO-2012*, Vol. 2012, pp.1698-1702.
- [3] E. J. Ientilucci, "Using the Singular Value Decomposition", May, 2009.
- [4] L. Cao, "Singular Value Decomposition Applied To Digital Image Processing".
- [5] M. Wall, A. Rechtsteiner, L. M. Rocha, "Singular value decomposition and principal component analysis".
- [6] LJ. Stankovic, T. Thayaparan, M. Dakovic, "Signal Decomposition by Using the S-Method with Application to the Analysis of HF Radar Signals in Sea-Clutter", *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 54, No. 11, November 2006, pp. 4332- 4342.
- [7] I. Orovic, S. Stankovic, "Time-Frequency-Based Speech Regions Characterization and Eigenvalue Decomposition Applied to Speech Watermarking", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Special Issue on Time-Frequency Analysis and its Application to Multimedia signals*, Vol. 2010, Article ID 572748, 10 pages, September 2010.
- [8] M. Kjeldsen, R. E. A. Arndt, "Joint Time-Frequency Analysis Techniques: A Study of Transitional Dynamics in Sheet/Cloud Cavitation", *Fourth International Symposium on Cavitation*, June 20-23, 2001., Pasadena, California, USA.
- [9] L. Cohen, "Time-Frequency Distributions - A Review", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, No. 7, July 1989, pp. 941-981.
- [10] B. Boashash, "Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference", ed., Amsterdam: Elsevier, 2003.
- [11] LJ. Stankovic, "A method for time-frequency signal analysis", *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 42, No. 1, January 1994, pp. 225-229.

MOBILNE TEHNOLOGIJE U NASTAVI MATEMATIKE MOBILE TECHNOLOGY IN TEACHING MATHEMATICS

Zoran Vučetić, Duško Parezanović, Gimnazija Ivanjica
Borislav Odadžić, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin
Milenko Pikula, Učiteljski fakultet, Užice

Sadržaj: Globalna svetska mreža, svojim širenjem utiče na sve oblasti života i rada ljudi. Programski jezici, operativni sistemi, razne vrste softverskih aplikacija, alata i drugo, prilagođeni su, ili posebno kreirani za rad na mreži i prenos preko iste. Mogućnosti koje pruža Internet, su gotovo neiscrpne. Zadatak svakog obučenog poznavaoca mreža, je kreiranje korisanih softverskih aplikacija, koje olakšavaju rad ljudi različitih zahteva i interesovanja. U ovom radu opisan je jedan novi pristup nastavi trigonometrije.

Abstract: All the areas of life and work are influenced by the global worldwide network and its expansion. Programming languages, operating systems, various types of software applications, tools, etc. are adjusted or specially developed for networking and transmitting data. The opportunities provided by the Internet are almost inexhaustible. The task of each trained network-expert is to develop useful software applications that help people with different demands and interests work. A new approach in teaching trigonometry has been described in this work.

1. UVOD

„Cele brojeve stvorio je gospod Bog,
Sve ostalo je delo ljudskih ruku.“
Leopold Kroneker

Servis www sa aspekta obrazovanja, je izuzetno koristan resurs za učenje posredstvom računara jer pruža mogućnost formiranja novih i dopune već postojećih kurseva iz neke oblasti, a sve to za povezane tzv. host računare. Sve je veći broj kurseva za obrazovanje koji su posredstvom www dostupni korisnicima širom sveta. Razvijajući ovih kurseva teže poboljšanju istih, kako u pogledu teorijskih performansi tako i što se tiče potreba i interesovanja polaznika kurseva. Tendencija se vidi u prilagođavanju učenja posredstvom računara svakom pojedinačnom polazniku, što podrazumeva razvoj softverskih paketa u ovoj i srodnim oblastima.

Prednosti korišćenja www za učenje posredstvom računara su:

- stalna dopuna i izmena u skladu sa potrebama i trendovima;
- istovremena obuka većeg broja polaznika sa manjim troškovima;
- svi polaznici imaju obezbeđen je podjednak tretman;
- rezultati obuke ne zavise od pristupa instruktora kursu;
- način učenja i složenost gradiva prilagođen je svakom od polaznika kursa putem prilagođavanja potreba, želja i sposobnosti;
- u odnosu na tradicionalnu nastavu - pristup kreda i tabla ili pristup olovka i sveska; interaktivne Web vežbe nude veći broj mogućnosti posmatranja i ponavljanja eksperimenata i praktičnih vežbi;
- www dopušta dopisno obrazovanje i to putem već ugrađenih i popularnih servisa i alata kakvi su chat, e-mail, i prikazi sadržaja;

- kursevi mogu da budu stacionirani na bilo kom serveru, sve što se zahteva je pristup tom računaru putem mreže ili modema;
- ovo je olakšica za sve učenike a naročito one koji su fizički udaljeni od svojih obrazovnih ustanova ili im je putovanje do obrazovne ustanove komplikovano u bilo kom smislu;
- web je veoma koristan nosilac informacija i podataka a njegovi pretraživači su veoma popularni zbog svoje korisničke orijentacije pa čak i za one koji računare poznaju veoma malo.

Dospupan je veliki broj kurseva za obrazovanje zasnovanih na korišćenju www, koji poseduu sve bitne osobine potrebne za kreiranje operativnih sistema nazvanih Computer Aided Learning Operation Systems (CALOS). To su trogodišnji kursevi koji sadrže: interaktivne vežbe, interaktivnu simulaciju i demonstracije, on-line beleške, komunikaciju učenik-nastavnik, komunikaciju učenik-učenik, detektovanje napretka učenika, rečnik i bibliografiju. Ovi operativni sistemi raspolazu tekstom, animacijama i zvukom. Njihova implementacija obuhvata mnoštvo CGI (Common Gateway Interface) programa, GIF slika i HTML relacija.

Primena mobilnih uređaja u nastavi matematike, daje jednu novu dimenziju samom pristupu problema, a učenicima nastava postaje zanimljivija.

2. OPIS PROBLEMA I IMPLEMENTACIJA

Godine 2006. u gimnaziji u Ivanjici pokrenuli smo projekat pod nazivom “Mobilna škola”. Cilj ovog projekta je da razvije servise koji bi dostavljali informacije i štivo za učenje preko jeftinih tehnoloških sredstava koja su dostupna

većini. U početku su postavljani sadržaji iz informatike a kasniji i iz drugih predmeta.

Za realizaciju jednog ovakvog projekta potrebno je pripremiti sadržaje (tekstove), koje svako može pronaći, i aplikaciju koja omogućava kandidatima da testiraju znanje i na kraju testa odmah dobiju rezultat.

Naši sadržaji podrazumevaju pored teksta fotografije, animaciju, zvuk itd.

Prilikom realizacije potrebno je obezbediti jednostavno korišćenje aplikacije:

- mala veličina ekrana mobilnog uređaja ograničava velike prezentacione mogućnosti,
- uzeti u obzir ograničene mogućnosti za unos ulaznih podataka,
- mala snaga procesora telefona,
- mala memorija telefona.

Imajući u vidu gore navedene činjenice pristupilo se izradi aplikacije.

Za pisanje programskog koda koristili smo PHP a za rad sa bazama podataka potrebno nam je poznavanje SQL jezika. SQL (Structure Query Language) je upitni jezik koji se koristi nad bazama podataka. Poznavanjem SQL možemo uzeti tabele i polja iz baze koja želimo i u željenom formatu. Takođe možemo brisati, dodavati i menjati polja u bazi onako kako nama odgovara. U nastavku ćemo u kratkim crtama objasniti jednu od tehnologija koja je imala veliku primenu prilikom realizacije ovog projekta.

XHTML Mobile profile

XHTML Mobile Profile je markup jezik koji se koristi u WAP 2.0 standardu. XHTML-MP je podskup XHTML-a. To je u stvari XHTML Basic sa dodatkom nekih elemenata iz pune verzije XHTML-a. Cilj ovakvog jezika je da ujedini tehnologije mobilnog weba i WWW tehnologije. Danas je opšte prihvaćen i široko korišćen standard za pisanje sadržaja za mobilne uređaje.

XHTML-MP podržava WAP CSS što omogućava odvajanje sadržaja od prezentacije na isti način kao i kod desktop web tehnologija. Uprkos razlikama među mobilnim uređajima, kao što su veličina ekrana i sl, moguće je jednostavno napisati sadržaj stranice jedanput, a stil i način prikaza se može menjati za svaki uređaj ponaosob u posebnoj datoteci.

Doctype je instrukcioni tag koji vezuje odgovarajući DTD (Document Type Definition) sa konkretnim SGML ili XML dokumentom, tj web stranicom. Kod XHTML-MP je neophodno navesti ispravan DOCTYPE da bi dokument ili web stranica bila validna. Doctype za XHTML-MP se razlikuje u zavisnosti od verzije XHTML-MP koji se koristi. Poslednja verzija koja je izašla je XHTML-MP 1.2.

Osnovni MIME tip za XHTML-MP je "application/vnd.wap.xhtml+xml", mada mogu se koristiti i "application/xhtml+xml" i "text/html" u zavisnosti od browsera korisnika.

Preporučuje se da se ovi tipovi dinamički dodeljuju u zavisnosti od browsera, tj. uređaja koji poseduje korisnik. Tu moraju biti uključeni i standardni browseri, jer se time postiže puna kompatibilnost.

WCSS / WAP CSS

CSS (Cascading Style Sheet) ima široku primenu u World Wide Web-u, jer definiše kako bi WEB stranica trebalo da izgleda u pregledaču. WCSS / WAP CSS je pojednostavljena verzija CSS2 sa nekim specifičnim WAP ekstenzijama. WAP CSS definisan je specifikacijom WAP 2.0. Kako je WAP CSS dizajniran za upotrebu u bežičnim uređajima, CSS2 rešenja koja nisu neophodna za funkcionisanje na mobilnim uređajima, nisu uključena u WAP CSS. Ukoliko su neophodne promene među detaljima prezentacije na jednoj XHTML MP strani, dovoljna je samo modifikacija stila stranice. Sa WAP CSS-om, lako se mogu izmeniti osnova i stil na XHTML MP stanicama.

3. OPIS APLIKACIJE

Pri izradi aplikacije vodilo se računa da se maksimalno pojednostavi za korišćenje. Na ulaznom ekranu korisnik može da odabere da li će da uči teoriju proveri svoje znanje (Slika 1).



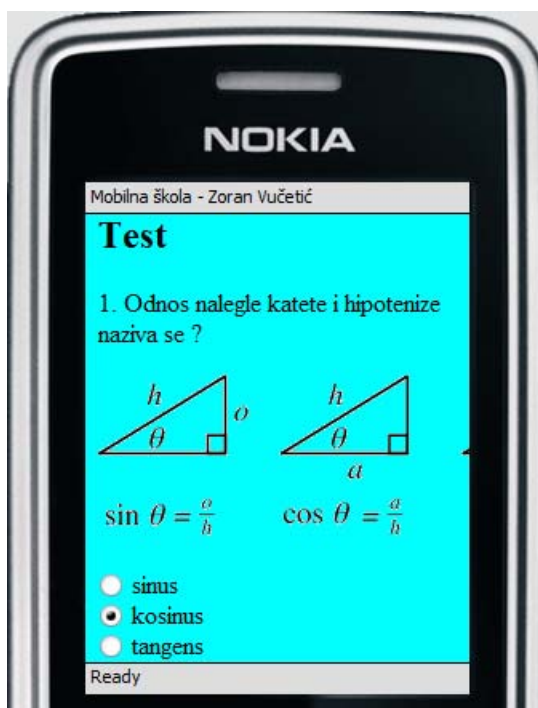
Slika 1: Ulazni ekran

Svaki korisnik odabere lekciju koju će da uči posle čega dobija ekran kao na slici 2.



Slika 2: Izgled ekrana sa lekcijom

Ovde se pruža mogućnost provere naučenog preko testa koji se sastoji od velikog broja pitanja (Slika 3).



Slika 3: Test znanja

Tok rada je sledeći: Svaki korisnik unose svoje podatke a zatim bira test koji će da rešava. Ovde smo ostavili varijantu i bez unosa ličnih podataka.

U pogledu vremenskog ograničenja za rad testovi mogu biti vremenski ograničeni i vremenski ne ograničeni za rad. U pogledu načina odgovaranja testovi su uglavnom kombinovani gde korisnik bira jednu ili više ponuđenih opcija za odgovor ili je potrebno da unese jednu ili više reči

kao odgovor. Takođe postoje pitanja na koje je potrebno odgovoriti sa tačno ili netačno.

Kada korisnik završi svoj rad dobija izveštaj o tome koliko je procenata dobio na testu, kao i kompletan test sa tačnim i netačnim odgovorima.

4. PREDNOSTI UČENJA NA OVAKAV NAČIN

Mobilno učenje ima neke specifičnosti i kao i ostali vidovi učenja na daljinu u odnosu na klasični „tradicionalni” pristup učenju pokazuje prednosti:

- Omogućuje stalno učenje, profesionalno usavršavanje,
- Korisnici uče nezavisno, svojim tempom (prolaze kroz materijal za učenje onom brzinom i onoliko puta koliko žele), na mestu i u vremenu koje sami odaberu,
- Mesto učenja može da se odabere – uči se na poslu, kod kuće, kafiću, autobusu...,
- Izbor svog načina učenja – aktivno ili pasivno učenje, različiti nivoi interakcije: klasični pisani materijal uz vođenje svojih beleški, interaktivne simulacije, diskusija sa ostalim učenicima (e-mail, telekonferencije, chat, forumi...), više multimedije - grafike, animacije, zvuka...,
- Praktičan rad sa različitim tehnologijama – stiču se ne samo informacije o onome što se uči, nego i dodatna znanja i veštine o korišćenju određene tehnologije,
- Prevazilaženju nemogućnosti da posećuje predavanja usled nekog od svojih trajnih ili privremenih fizičkih problema, oštećenja ili bolesti,
- Samoorganizovanju vremena za učenje (visoka motivacija, planiranje vremena i sposobnost za analizu i sintezu sadržaja koji se uči) i dr. [1]

5. ZAKLJUČAK

Jedna od prednosti korišćenja www za učenje posredstvom mobilnih uređaja je istovremena obuka većeg broja polaznika sa manjim troškovima. Način učenja i složenost gradiva prilagođen je svakom od polaznika kursa putem prilagođavanja potreba, želja i sposobnosti. U odnosu na tradicionalnu nastavu interaktivni mobilni servisi nude veći broj mogućnosti posmatranja i ponavljanja eksperimenata i praktičnih vežbi. Dopisno obrazovanje predstavlja olakšicu za sve učenike a naročito one koji su fizički udaljeni od svojih obrazovnih ustanova ili im je putovanje do obrazovne ustanove komplikovano u bilo kom smislu.

LITERATURA

- [1] Z. Vučetić, Z. Jevremović, A. Peulić, „Učenje na daljinu na primeru obuke vozača“, *Obrazovanje i informacione tehnologije za Evropu*, Tara, 2009.
- [2] Z. Vucetic, B. Odadzic, „Mobile School Service“, *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, Vol 4, str 29-33, No 2, 2010.

- [3] Z. Vučetić, B. Odadžić, A. Vučetić, „Dizajniranje aplikacije za mobilno učenje u praksi“, *Zbornik radova, Tehnika i informatika u obrazovanju*, Čačak, 2011.
- [4] Z. Vučetić, D. Vidaković, D. Parezanović, „Mobilni servis za praćenje uspeha učenika“, *Zbornik radova, 12. festival informatičkih dostignuća INFOFEST*, Budva, 2005.
- [5] Z. Vučetić, „Mogućnosti primene mobilnih telefona u obrazovanju“, *Zbornik radova, Tehnika i informatika u obrazovanju*, Čačak, 2008.
- [6] D. Stefanović, D. Parezanović, A. Kaplarević, „In Internet Environment Business and Educational Activities of Universities“, Beograd: *Management - časopis za teoriju i praksu menadžmenta*, vol. 5, br. 17-18, str. 44-51., 2000.
- [7] D. Parezanović, „Internet tehnologije poslovnog informacionog sistema u intranet okruženju obrazovnih institucija“, Beograd: *InfoM, Journal of Information technology and multimedia systems*, broj 14, str. 28-32., 2005.
- [8] D. Parezanović, Lj. Diković, „Model obrazovanja na daljinu kao strategija modernog obrazovanja“, *11. Međunarodni kongres Jedinstvenog Informatičkog Saveza Srbije i Crne Gore – JISA*, Beograd, Srbija, 2006.
- [9] D. Parezanović, Lj. Diković, M. Pikula, K. Špijunović, „Elektronsko obrazovanje u metodici matematike“, Beograd: *InfoM, Journal of Information technology and multimedia systems*, vol. 9, br. 36, str. 32-36., 2010.
- [10] B. Radenković, M. Ivković, „Internet i savremeno poslovanje“, *Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin*, 1998.

PLANIRANJE I PRIPREMANJE POČETNE NASTAVE MATEMATIKE PRIMJENOM INFORMACIONE TEHNOLOGIJE

PLANNING AND PREPARATION OF TEACHING BASIC MATHEMATICS APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY

Veselin Mićanović, *Filozofski fakultet - Nikšić*
Milica Marijanović, OŠ „Vladislav - Rajko Korać“ - Štitari

Sadržaj: *Informacione tehnologije, posebno u obliku personalnih računara, obrazovnih računarskih softvera i interneta, postaju centar pažnje obrazovne politike i reforme. U radu se navode specifičnosti primjene informacione tehnologije u planiranju i pripremanju početne nastave matematike, koja postaje neizostavan dio organizacije nastavnog procesa, učenja i podučavanja. Korišćenje informacione tehnologije u nastavi matematike omogućava lakše, brže i jednostavnije savladavanje nepoznatog gradiva, prilagođavanje individualnim sposobnostima pojedinca i pristup najaktuelnijim informacijama putem interneta. Tradicionalna nastava i frontalni oblik rada su pokazali da interakcija između nastavnika i učenika nije dovoljno izražena. Takav vid nastave ne ostavlja dovoljno vremena za samostalne aktivnosti učenika u funkciji kvalitetnog ovladavanja nastavnim sadržajem.*

Ključne riječi: *inovacije /informacione tehnologije / učenici / nastavnik / početna nastava matematike*

Abstract: *Information technology, particularly in the form of personal computers, educational software and the Internet, have become the center of attention of educational policy and reform. The paper cites the specific application of information technology in the planning and preparation of teaching basic mathematics, which has become an indispensable part of the organization of teaching and learning in schools. The use of information technology in teaching mathematics makes it easier, faster and better acquiring knowledge, adapt to individual abilities and access to the most current information on the Internet. Traditional teaching and frontal study showed that the interaction between teachers and students is not sufficiently expressed. This type of teaching does not leave enough time for independent activities of students in mastering the educational function of good quality content.*

Keywords: *innovation /information technology / computer / students / teacher / initial mathematics teaching*

1. UVOD

Savremena organizacija početne nastave matematike zahtijeva primjenu informacione tehnologije u svim njenim segmentima. Planiranje i pripremanje nastave je izuzetno važno za samu organizaciju nastavnog procesa. Za razliku od klasičnog planiranja gdje nastavnik koristi “hrpu” papira prije nego što napravi konačnu verziju plana rada (godišnjeg, mjesečnog, sedmičnog ili dnevnog) uz pomoć informacione tehnologije taj postupak se uprošćuje, a konačna verzija plana postaje brzo dostupna svim korisnicima u svakom momentu. Izrada godišnjeg plana rada početne nastave matematike uz primjenu IT treba da predvidi upotrebu nje same u realizaciji pojedinih matematičkih tema ili pojedinih nastavnih jedinica. Zato nastavnik treba da sačini plan kako bi na vrijeme i lakše razmotrio i osmislio mogućnosti upotrebe IT u realizaciji datih matematičkih sadržaja.

2. INFORMACIONA TEHNOLOGIJA U POČETNOJ NASTAVI MATEMATIKE

Primjena multimedijalnog obrazovnog računarskog softvera u nastavi i učenju obezbjeđuje prerastanje tradicionalne nastave u demokratski obrazovni proces, koji razvija istraživački duh i učenje iz zadovoljstva. [1] Pripremanje nastavnika za kvalitetno izvođenje nastave

matematike je nezamislivo bez primjene računara, kao jednog od najsavremenijih nastavnih sredstava.

„Adekvatna primjena didaktičko-informatičkih inovacija u nastavi pretpostavlja dobru informisanost o mogućnostima koje pružaju i osposobljenost nastavnika za njihovu primjenu.” [2] Pripremanje nastavnog materijala za učenike, pripremanje grafofolija, kreiranje i izrada elektronskih prezentacija ne može se izvesti bez primjene IT. Računar u ovom slučaju omogućava pristup obuhvatnijoj bazi podataka, pojmova, primjera, crteža itd. Prirodno je da u XXI vijeku nastava matematike prati razvoj tehnologije, da u obrazovni proces uvodi savremenu informacionu tehnologiju kako bi se učenici motivisali za rad, podstakli na razmišljanje, otkrivanje i usvajanje matematičkih pojmova, pojava i zakonitosti. Pogrešno je zamišljati da će računari automatizovati nastavu i da će se u budućnosti nastava odvijati samo uz „klik“ miša.

Bez primjene savremene informacione tehnologije nastavnik ne bi mogao na zadovoljavajući način da prilagodi svoj stil poučavanja kognitivnim stilovima i stilovima učenja učenika, teško bi mogao da zadovolji njihove raznovrsne potrebe i radoznalost, kao što ne bi mogao omogućiti nadarenim učenicima da brže napreduju u procesu učenja i slabijim da u učenju ostvare ono što dozvoljavaju njihove sposobnosti. [4] „Ne smije se zaboraviti pedagoška vrijednost upotrebe računara, on ne samo da omogućava uspješnije i cjelishodnije sticanje znanja učenika, već i

omogućava davanje konkretnog oblika apstraktnim pojmovima.” [5] Kreativnost nastavnika koji realizuje nastavu matematike primjenom IT se ne ogleda u samom izvođenju nastave, već i u njenom planiranju i pripremanju. Planiranje i pripremanje matematičkih sadržaja koji se realizuju uz podršku IT zahtijeva ne samo dobru volju nastavnika već i njegovu stručnu osposobljenost i iscrpno vođenje dokumentacije o svakom učeniku, praćenje njegovog napredovanja i interesovanja za takvu nastavu. [6]

Prilikom izrade godišnjeg plana rada iz početne nastave matematike koja obuhvata i planiranje realizacije matematičkih sadržaja primjenom savremene informacione tehnologije treba se pridržavati određenih zahtjeva:

- koje sadržaje planirati i realizovati;
- kada, tj. u koje vrijeme ih realizovati;
- koliko vremena predvidjeti za primjenu IT u realizaciji datih matematičkih sadržaja;
- kojim redoslijedom izvršiti prezentaciju matematičkih sadržaja.

Kada se napravi dobar godišnji plan rada onda se na osnovu njega pravi mjesečni plan rada i pristupa pripremanju realizacije matematičkih sadržaja uz primjenu IT. Zato se nastavnik prilikom planiranja i pripremanja izvođenja nastave matematike primjenom IT mora suočiti s nekoliko pitanja:

- šta želi postići (cilj i zadaci);
- kojim sadržajem (izbor sadržaja);
- na koji način (izbor strategije učenja);
- kako dobiti povratnu informaciju (evaluaciju rada).

IT omogućava nastavniku brže povezivanje programskih cjelina i njihovo integrisanje u godišnji plan rada. Primjenom IT u planiranju i pripremanju početne nastave matematike korisnik na jedan savremen i efikasan način “programira” svoju godišnju, mjesečnu, sedmičnu i dnevnu aktivnost. Priprema i prilagođavanje matematičkih sadržaja za njihovu realizaciju primjenom IT prolazi kroz dvije etape:

- metodičku pripremu nastavne jedinice (izdvajanje i međusobno povezivanje sadržinskih sekvenci);
- tehničku pripremu nastavne jedinice na računaru (oblikovanje sadržinskih sekvenci na računaru).

Priprema nastavne jedinice na računaru (oblikovanje sadržinskih sekvenci na računaru) podrazumijeva prilagođavanje sadržinskih sekvenci nastavne jedinice informacionom modelu prezentacije. Neophodno je izraditi kvalitetne prezentacije koje će animirati pažnju učenika i motivisati ih na usvajanje ponuđenog sadržaja.

2.1. MODELI PRIMJENE I KORIŠĆENJA INFORMACIONE TEHNOLOGIJE OD STRANE NASTAVNIKA I UČENIKA U POČETNOJ NASTAVI MATEMATIKE

Model posredne primjene IT u početnoj nastavi matematike se koristi sa ciljem individualizacije i diferencijacije nastave matematike, a izvodi se u slučajevima kada nastava nije dovoljno tehnički opremljena.

Uslov je da nastavnik solidno poznaje rad na računaru i da umije da kreira dati sadržaj prilagodljiv individualnim sposobnostima učenika. Za izvođenje ovakvog modela nastave potrebno je da nastavnik posjeduje IT za pripremanje

nastavnog materijala. Kod ovakvog modela izvođenja nastave, nastavnik može da izvrši uspješnu diferencijaciju nastavnih sadržaja na tri, četiri ili pet nivoa težine, zavisno od varijante za koju se opredijeli.

Nastavnik u modelu posredne primjene IT u nastavi matematike najčešće „koristi računar za pripremanje didaktičkog materijala koji će direktno koristiti u procesu izučavanja matematičkih sadržaja. Ovaj model nastave bi se mogao posmatrati kao prelazni model u transformaciji tradicionalne u savremeno organizovanu nastavu, zasnovanu na neposrednoj primjeni računara u njoj.” [7]

U modelu neposredne primjene IT u početnoj nastavi matematike ona je u potpunosti zastupljena u nastavnom procesu, bilo da je riječ o sticanju novih znanja, utvrđivanju ili provjeravanju stečenih znanja. Nema potrebe za dijeljenjem učenika u grupe, jer ovaj model rada podrazumijeva u velikoj mjeri individualizovanu aktivnost učenika, što se u tradicionalnoj nastavi ne može postići. Uz osiguran individualiziran rad, ovaj model nastave zadovoljava spoznajne interese i bogati iskustvo svih učenika na opšte njihovo zadovoljstvo.

Model neposredne primjene IT u početnoj nastavi matematike ne ograničava učenike u procesu učenja. Nadareni ili talentovani matematičari mogu brže i uspješnije da napreduju, s druge strane učenici manjih mogućnosti su u prilici da proces učenja prilagođavaju svojim sposobnostima tražeći dodatne informacije, pojašnjenja i druge vidove pomoći kako bi u potpunosti shvatili dati matematički pojam, odnosno sadržaj. Učenik sam bira svoj individualni put unutar elastičnih programsko-sadržajnih okvira obrazovnog softvera.

Ovaj model rada zahtijeva od nastavnika svestraniju i iscrpniju pripremu i dobru organizaciju rada. Frontalni rad se ovdje svodi na minimum, samo toliko koliko je potrebno da nastavnik informiše učenike o bitnim djelovima izučavanog sadržaja, odnosno teme, a ostali dio časa se prepušta individualnom radu učenika.

Može se reći da model neposredne primjene IT u početnoj nastavi matematike ne koči razvoj matematičkih sposobnosti nijednog učenika, naprotiv, on pospješuje individualnu aktivnost i afirmaciju ličnosti svakog pojedinca.

Savremena nastava matematike podrazumijeva uključivanje nove informacione tehnologije u njenu realizaciju. Zato je potrebno da se institucije u sistemu obrazovanja opreme hardverski i softverski, a da nastavnici dobiju potrebno usavršavanje za efikasnu primjenu nove informacione tehnologije u matematičkom obrazovanju. To znači:

- opremljenost nastavnih učionica, tj. kabineta matematike posebnim informacionim alatima za realizaciju nastave matematike;
- usavršavanje nastavnika matematike iz oblasti modela učenja i metodologije uvođenja inovacija u matematičko obrazovanje;
- izmjenu pozicija u nastavi matematike, tako da centralno mjesto treba da zauzme učenik, a ne nastavnik;
- za ostvarivanje bolje komunikacije na relaciji nastavnik-učenik, treba da se koriste programski

proizvodi koji će interpretirati proceduralne i statičke greške i omogućiti gradnju modela. [8]

Istina, postoji veliki broj nastavnika koji nemaju prethodnog iskustva u korišćenju IT u početnoj nastavi matematike. Da bi nastavnik u vaspitno-obrazovnoj praksi mogao optimalno da koristi sve pogodnosti koje mu nudi savremena informaciona tehnologija, on prije svega, mora biti adekvatno obrazovan, a zatim kontinuirano uključivan u kvalitetno organizovane i programski savremeno koncipirane oblike stručnog usavršavanja. [9] Shodno tome, usavršavanje nastavnika koji nijesu u toku svog obrazovanja savladali program informatičkog obrazovanja, trebalo bi da obuhvati sledeće:

- svaki nastavnik bi trebalo da prođe makar kroz minimalnu obuku o korišćenju IT za nastavu i učenje matematike;
- uvodni korisnički kursevi treba da obuhvate (svjesnost, aplikacije i stvaranje modela);
- matematički sadržaji i teme za obje vrste kurseva treba da budu usaglašeni sa zahtjevima nastavnog programa odgovarajućeg nivoa obrazovanja;
- nastavnici moraju upoznati nove oblike organizacije rada u učionici i nove nastavne metode u korišćenju IT u matematičkom obrazovanju.

Posjedovanje IT, tj. umijeće rukovanja ovom tehnologijom doprinosi nastavnicima da stalno budu u kontaktu sa novijim dešavanjima u svijetu na polju razvoja vaspitno-obrazovne djelatnosti i da čitaju noviju literaturu. Primjena IT u pripremanju nastavnika za dizajniranje i pripremanje nastave matematike temelji se na savremenoj tehnologiji. Organizacija pripremanja nastavnika primjenom IT omogućava pripremanje nastavnika za upravljanje i vođenje poučavanja razrednim računarskim mrežama. „Savremeni nastavnik ili bolje rečeno nastavnik koji primjenjuje savremenu tehnologiju u pripremanju nastave po novim modelima učenja treba da posjeduje smisao za planiranje i pripremanje po novim metodama i tehnikama efikasnog učenja.“ [10]

Osnovne pretpostavke za uspješnu primjenu IT u početnoj nastavi matematike, a koje direktno zavise od nastavnika su:

- odgovarajući stepen osposobljenosti nastavnika, koji mu omogućava da planira i praktično izvodi početnu nastavu matematike primjenom IT i korišćenje tzv. inovativnih vidova i sistema nastavnog rada u individualizaciji nastave matematike;
- visok nivo matematičkog obrazovanja, tj. poznavanja matematičkih sadržaja, radi njihove što kvalitetnije didaktičko-metodičke transformacije i prilagođavanja novom načinu prezentacije i individualnim karakteristikama učenika;
- posjedovanje osnovnih osobina ličnosti dobrog nastavnika koje se ogledaju u maštovitosti i sposobnosti kreativnog, podsticajnog i inovativnog djelovanja u odjeljenju i prenošenja radne atmosfere na učenike,
- sposobnost uspostavljanja poželjnih interakcijsko-komunikacijskih veza i odnosa u nastavi i

- sposobnost permanentnog praćenja napredovanja učenika i dobro poznavanje različitih tehnika upoznavanja ličnosti učenika.

IT u procesu njenog korišćenja od strane nastavnika treba smatrati kao tehničko sredstvo koje mu pomaže za preciznije, jasnije i očiglednije prezentovanje određenog nastavnog sadržaja, zadatka ili pitanja. Ona se ne koristi da bi zamijenila nastavnika, već da bi mu pomogla da unaprijedi kvalitet svog rada u nastavnom procesu. Zato je treba prihvatiti kao korisnu podršku koja može zamijeniti više različitih nastavnih sredstava i preuzeti na sebe različite funkcije stavljajući svoj tehnički (hardvareski) i programski (softverski) dio na raspolaganje korisniku (nastavniku i učeniku), a sve u cilju obezbjeđivanja što boljih uslova za kvalitetniji rad, učenje i personalni razvoj svake individue. Dakle, mogućnosti korišćenja IT od strane nastavnika su neograničene, a kreću se od nastave, procesa sticanja znanja, preko pravljenja rasporeda časova, evidenciji ocjena, saradnje sa roditeljima, opšte organizacije časa, upravljanje nastavnim procesom, sve do sređivanja školske dokumentacije.

Korišćenje IT od strane učenika razvojno utiče na niz psihomotornih i kognitivnih sposobnosti: sposobnost rješavanja problema, razvoj apstraktnog mišljenja, razvoj logičkog mišljenja, povećanje intuitivnog saznanja i iskustva, olakšava snalaženje u svijetu simbola i objekata, utiče na razvoj koordinacije pokreta, vještine čitanja i pisanja, kreativnost, komunikativnost i motivaciju. Kao i nastavnik, i učenik može koristiti IT u nastavnom procesu i u slobodnom vremenu, tj. u vannastavnim aktivnostima. Rad učenika, recimo, na računaru se svodi na rješavanje postavljenih zadataka i usvajanje matematičkih sadržaja korišćenjem obrazovnog softvera istog za sve učenike, s tom razlikom, što se matematički sadržaji diferenciraju prema individualnim matematičkim sposobnostima.

Treba imati na umu činjenicu da korišćenje IT od strane učenika u početnoj nastavi matematike ne bude samo sebi svrha, već sredstvo namijenjeno kvalitetnoj izgradnji matematičkih pojmova i efikasnijem uvođenju učenika u svijet matematike. Naime, korišćenje IT od strane učenika se smatra sredstvom a ne ciljem učenja.

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U POČETNOJ NASTAVI MATEMATIKE

Bez obzira na vrijednost tehničkih dostignuća njihova primjena se mora valjano ispitati da bi se ozbiljno sagledale sve prednosti i manjkavosti u radu sa mladim generacijama. Kada je riječ o infotmacionoj tehnologiji koja je našla primjenu ne samo u procesu matematičkog obrazovanja, već i u svim djelatnostima ljudskog rada, svakako treba provjeriti njene dobre i loše strane u tom procesu od ogromnog značaja za razvoj ličnosti učenika. **Prednosti** primjene IT u nastavi matematike nad tradicionalnom nastavom su:

- Animacija pobuđuje ueničku pažnju i povećava trajnost usvojenog znanja, naime, čas na kome se koristi IT je učenicima mnogo interesantniji u odnosu na klasičan čas.

- Potpuna mogućnost individualizovanog rada. Učenje matematičkih sadržaja je u potpunosti individualizovano.
- Nastavni materijal je kvalitetnije oblikovan, jer ih timovi stručnjaka koji učestvuju u izradi obrazovnih softvera za ovaj predmet oblikuju i didaktičko-metodički prilagođavaju individualnim sposobnostima učenika.
- Kvalitet animacija, slika u boji i neograničen broj prezentacija adekvatnih primjera kod učenika istovremeno animira gotovo sva čula čija je aktivnost neophodna u procesu učenja i misaone obrade podataka.
- Blagovremena i brza povratna informacija u ovom modelu nastave za razliku od tradicionalnog modela ne daje mogućnost da se prave greške i skrene s pravog „koloseka“ u procesu sticanja matematičkih znanja.
- Primjena IT u procesu evaluacije učeničkih znanja eliminiše čitav niz subjektivnih faktora što se ne može izbjeći u tradicionalnoj nastavi.
- IT se efikasno može koristiti ne samo u procesu neposrednog izvođenja nastave, već i u obavljanju pripremnih djelatnosti nastavnika (izradi godišnjih, mjesečnih, sedmičnih i dnevnih planova rada; administrativnim poslovima i sl.).
- Upotreba računara omogućava stvaranje trajne i precizne vizuelne predstave koju učenici treba da imaju o pojmu koji se obrađuje.

Nedostaci primjene IT u početnoj nastavi matematike su:

- Mogućnost programiranja pojedinih matematičkih sadržaja je otežana.
- Nijesu svi matematički sadržaji prilagodljivi za učenje primjenom IT.
- Samo opremanje nastavnog prostora iziskuje određena materijalna sredstva.
- Primjena IT u nastavi matematike potencira obrazovnu, a zapostavlja vaspitnu dimenziju nastave.
- Nedostatak žive riječi u nastavnom procesu; zanemaruje se komunikacija na relaciji nastavnik-učenik ili učenik-učenik, čime se osujećuje retorički razvoj matematičkog rječnika učenika.
- Navikavanje učenika na jedan isti logički slijed operacija.
- Nastavnikovu zapostavljenost u nastavnom procesu. Bez obzira što primjena IT u nastavi matematike insistira na većoj aktivnosti nastavnika u pripremanju i kreiranju samog procesa praktičnog izvođenja nastave mnogi nastavnici to ne prihvataju, već šablonski uzimaju gotove programe, a svoju aktivnost svode na minimum.
- Značajno trošenje vremena u pripremanju učenika za proces učenja primjenom računara. Potrebno je dosta napora, volje i aktivnosti učenika da bi usvojili elementarna znanja rada na računaru.
- Nerazumijevanje učeničkih potreba. IT, istina, brzo i efikasno pruža povratnu informaciju učeniku, da li je nešto tačno uradio ili nije. On mu pruža i pomoć u radu, ali tehnika nema sposobnost da „prodre“ u psihu

ličnosti učenika i objasni mu ono što on stvarno ne razumije. Dakle, u ovom modelu nastave smanjena je mogućnost razumijevanja emocionalne sfere života učenika.

4. ZAKLJUČAK

IT u procesu planiranja i pripremanja neposredne realizacije početne nastave matematike ima niz prednosti, u odnosu na klasičnu nastavu, koje je s pravom favorizuju u savremenom nastavnom sistemu. Međutim, nesporno je da IT kao i svi drugi modeli pripremanja i realizacije nastave ima svojih nedostataka, tj. određene slabosti i ograničenja. Zato se u procesu izbora modela učenja treba odlučiti se za onaj model koji najviše utiče na afirmaciju učenikove ličnosti.

To znači da cilj savremeno organizovane početne nastave matematike nije da uvede IT po svaku cijenu u nastavni proces, već je stvarni cilj da se primjenom IT obezbijedi neophodna individualizacija početne nastave matematike i stvori osnova za savremeniji razvoj matematičkog mišljenja čiji su konačni produkti misaoni proizvodi (apstrakcija, indukcija, dedukcija, kreativnost i sl.).

LITERATURA

- [1] Milošević, M. (3-4/2007): *Primena novih informacionih tehnologija u procesu obrazovanja*, Pedagoška stvarnost, „Vojvodanska banka“, Novi Sad, str. 249.
- [2] Mandić, D., Ristić, M. (2006): *Web portali i obrazovanje na daljinu u funkciji podizanja kvaliteta nastave*, „Mediagraf“, Beograd, str. 79.
- [3] Mićanović, V. (5/2008): *Korišćenje računara u planiranju početne nastave matematike*, Metodički aspekti nastave matematike, „Pedagoški fakultet u Jagodini“, Jagodina, str. 139.
- [4] Mandić, D. (2003): *Didaktičko-informatičke inovacije u obrazovanju*, „Mediagraf“, Beograd, str. 18.
- [5] Obradović, M. (1998): *Opća metodika nastave matematike*, „Prosvjeta“, Zagreb, str. 142.
- [6] Mićanović, V. (3/2008): *Mjesto i uloga računara u početnoj nastavi matematike*, Inovacije u nastavi; „Filozofski fakultet“, Nikšić, str. 107.
- [7] Mićanović, V. (9-10/2007): *Modeli primjene računara u početnoj nastavi matematike*, Pedagoška stvarnost, „Časopis za školska i kulturno-prosvjetna pitanja“, Novi Sad, str. 931.
- [8] Pinter, J., Petrović, N., Sotirović, V., Lipovac, D. (1996): *Opšta metodika nastave matematike*, „Učiteljski fakultet Sombor“, Sombor, str. 154.
- [9] Mijanović, N. (4/2000): *Obrazovanje i stručno usavršavanje nastavnika kao pretpostavka uvođenja savremene obrazovne tehnologije*, Vaspitanje i obrazovanje, „Zavod za udžbenike i nastavna sredstva“, Podgorica, str. 131.
- [10] Mićanović, V. (5/2008): *Korišćenje računara u planiranju početne nastave matematike*, Metodički aspekti nastave matematike, „Pedagoški fakultet u Jagodini“, Jagodina, str. 144-145.

PRIMJER SIMBIOZE GEOMETRIJE I RAČUNARSKIH NAUKA THE EXEMPLE OF THE SYMBIOSIS BETWEEN GEOMETRY AND COMPUTER SCIENCE

Nikola Damjanović, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj: U ovom radu predstavljen je primjer veze između geometrije i kompjuterskih nauka. Na konkretnim primjerima ta je veza ilustrovana i idejno objašnjena. U prvom dijelu objašnjeno je kako geometrija daje ideje aplikativnim naukama, a u drugom dijelu predstavljen je značaj i uticaj kompjuterske grafike u matematičkim istraživanjima.

Abstract : In this paper, I tried to present strong connection between the geometry and computer science. This relationship is conceptually represented on the concrete examples. In the first part I explain how geometry helps the applied science and in the second part I present the significance and impact of computer science in the mathematical research.

1. UVOD

Algebarska geometrija i geometrijsko modeliranje, su dva različita domena istraživanja. Na jednoj strani je algebarska geometrija koja razvija teoriju u cilju razumijevanja geometrijskih objekata, dok sa druge strane geometrijsko modeliranje se koristi u rešavanju praktičnih problema vezanih za virtualne oblike algebarskih modela. Algebarska geometrija i geometrijsko modeliranje koriste polinome u svojoj osnovi, prva istražuje algebarska i geometrijska svojstva polinoma dok geometrijsko modeliranje koristi polinome da uz pomoć kompjuterske tehnologije izgradi modele za industrijski dizajn i proizvodnju. Pitanje je da li ova dva naučna polja mogu da koriste jedan drugome? Drugim riječima, da li ideje algebarske geometrije koriste geometrijskom modeliranju, odnosno da li kompjuterska vizuelizacija doprinosi rešavanju problema iz geometrije.

2. ALGEBARSKA GEOMETRIJA I GEOMETRIJSKO MODELIRANJE

Razmotrimo prvo poziciju algebarske geometrije u domenu njene aplikativnosti:

Trenutni trendovi u algebarskoj geometriji naglašavaju efektivno izračunavanje. Ova trenutna moda u algebarskoj geometriji, uglavnom, dolazi od spoljnih uticaja i to od sveprisutnosti i korisnosti modernih digitalnih kompjuterskih sistema koji zadovoljavaju afinitete agencija koje finansiraju istraživanja.

Finansirajuće agencije naglašavaju potrebu za konkretnim rezultatima koji imaju širok spektar aplikacija. Postoje mnogi razlozi za opravdanje ove tvrdnje. Da bi opravdali i omogućili svoje postojanje unutar savremene kapitalističke ekonomije, finansirajuće agencije žele da pokažu konkretne rezultate projekata koje su finansirali. Javni i privatni donori koji daju novac za istraživanja takođe zahtijevaju konkretne rezultate. Finansijeri preferiraju kratkoročne sigurne termine spram dugih riskantnih vremenskih perioda za svoje investicije. Prema tome, finansirajuća društva su sklonija ubjedenju da sa kompjuterima na raspolaganju matematičari bi trebalo da se koncentrišu na razvijanje korisnih alata za

brže proračune u rešavanju inženjerskih zadataka nego li na razvijanju dugih teških teorijskih problema.

U ovom radu ja ću pokušati da pokažem da trend efektivnog izračunavanja u algebarskoj geometriji nije jedino što ona nudi geometrijskom modeliranju, već da mu ona pruža široki spektar teorijskih ideja koje su čvrsto utkane u bazu ove visoko aplikativne nauke. Ovu činjenicu pokazaću na jednom konkretnom primjeru:

Rešavanje sistema polinomijalnih jednačina.

Mnogi problemi efektivnog izračunavanja u geometrijskom modeliranju mogu biti svedeni na rešavanje sistema polinomijalnih jednačina. Na primjer, u geometrijskom modeliranju krive i površi su prezentovane polinomijalnim jednačinama; takođe, algoritmi za presjek krivih i površi svode se na rešavanje sistema jednačina. Stoga traženje zajedničkih rešenja polinomijalnih jednačina je jedan od osnovnih problema u geometrijskom modeliranju. To je takođe jedan od osnovnih problema i u drugim branšama kao što su kompjuterske nauke, inženjerstvo, modeliranje bioloških sistema, teorija kodova.

Koji je najbolji način da se pronade rešenje sistema polinomijalnih jednačina?

Postoje mnoge varijante algoritma za rešenje ovog problema, u zavisnosti kakvo rešenje sistema tražimo. Na primjer možemo biti zainteresovani za traženje svih kompleksnih rešenja, ili svih realnih rešenja, ili svih realnih rešenja na nekom intervalu, ili specifično određenog rešenja na nekom intervalu.

U geometrijskom modeliranju smo najčešće zainteresovani za traženje realnih rešenja unutar nekog ograničenog intervala. Pitamo se kako algebarska geometrija doprinosi rešavanju ovog problema.

Glavni doprinos ove nauke je Bernštajnova teorema:

Posmatrajmo kolekciju polinomijalnih jednačina $F_1(x_1, \dots, x_n)=0, F_2(x_1, \dots, x_n)=0, \dots, F_n(x_1, \dots, x_n)=0$. Ako je broj rešenja konačan onda je broj kompleksnih rešenja: $n! \times$ (Zapremina Njutnovog poligona) (*).

Ako je broj rešenja beskonačan onda desna strana izraza (*) obezbeđuje konačan broj povezanih komponenti koje sačinjavaju rešenje jednačine.

Kao posledica Bernštajnovne teoreme ([1]), čak i kad su broj polinomijalnih jednačina i promenljivih kao i stepen tih polinoma optimalne veličine, recimo reda 10, broj kompleksnih rešenja je jako velik, reda 10^8 , a mogu se javiti i povezane komponente rešenja. Stoga algebarska geometrija omogućava da se uoči koliko je pronalaženje rešenja kompleksan problem. Ona nudi nekoliko tehnika za rešavanje sistema polinomijalnih jednačina kao što su Grebnerove baze, metod rezultanti, homotopska neprekidnost. Da bi ocijenili efikasnost ovih tehnika potrebno je da ih uporedimo sa numeričkim metodama koje se izvode na računaru, kao što su binarno pretraživanje, Bezierova podjela ili Njutnova iteracija.

Primjer: Trenutno stanje na polju rešavanja ovih jednačina je, prema Žangovoj metodi, takvo da računar može za manje od 10 minuta riješiti sistem od 9 jednačina sa 9 promenljivih stepena ne većeg od 2. Ovaj proces se može simulirati na standardnom PC-ju koristeći Bezierovu podjelu ([2]). Problem se javlja već pri rešavanju 15 jednačina sa 15 promenljivih stepena najviše 2. A sistemi sa stotinu jednačina i stotinu promenljivih nisu rijetkost u naučnim istraživanjima, posebno u kreiranju bioloških modela koji se tiču proteinskih lanaca.

U sadašnjosti ne postoje numeričke metode koje mogu riješiti ovakve probleme u kratkim vremenskim intervalima. Simulirane na kompjuteru stare metode zahtijevaju mnogo memorije i odvijaju se jako sporo, često i bez rezultata. Ali zato tehnike Grebnerove baze, metodi rezultanti i homotopske neprekidnosti zajedno sa Bernštajnovom teoremom daju ideje i uvid u broj i prirodu rešenja ovakvih sistema, a samim tim i mogućnost da se kreiraju novi algoritmi koji bi simulirani na modernim kompjuterima davali tačne i brže rezultate.

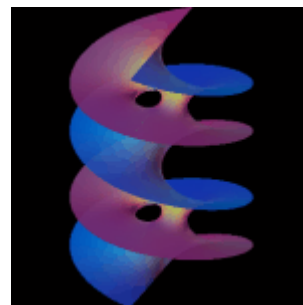
Stoga možemo reći da dostignuća algebarske geometrije u svijetu primjene se opisuju kao ideje koje potpomažu kreiranje konkretnih metoda za rešavanje problema iz različitih oblasti istraživanja.

3. MATEMATIČKA VIZUELIZACIJA

Sada razmotrimo drugu stranu priče, tj. kako matematička vizuelizacija doprinosi matematičkim istraživanjima.

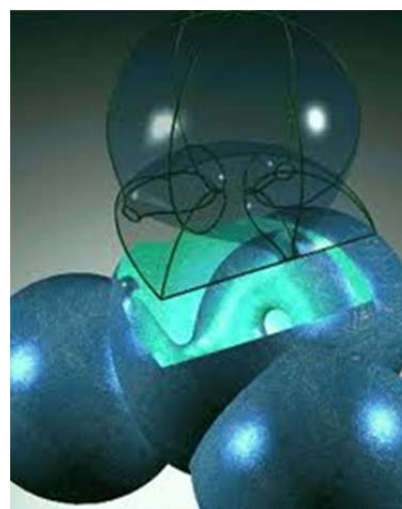
Godinama matematička vizuelizacija uz pomoć kompjuterske grafike predstavlja uspješan metod za rešavanje matematičkih problema koji izgledaju nepristupačno već postojećim teorijskim tehnikama. Sama matematička vizuelizacija nije novina u matematičkom istraživanju. Još 1865 Herman Amandus Švarc je otkrio novu minimalnu površ koja je riješila pitanje eliptične ograničenosti u geometriji i matematičkoj analizi ([3]). Iako je njegov rad bio čisto teorijske prirode on je uložio veliku energiju da uključi u svoju publikaciju i vizuelnu predstavu te površi, što njegovom radu daje ogromnu vrijednost znajući koliko manje vremena i truda je potrebno danas koristeći kompjutersku grafiku da se takvi problemi riješe.

Jedan od prvih dokaza da je kompjuterska vizuelizacija matematičkih objekata ogroman korak u istraživanju jeste dokaz o trećem uronjenju minimalne površi genusa jedan (slika 1). David Hofman i Vilijam Meks su razvili kompjuterski program MESH kojim su vizuelno prikazali ovu površ i uvidjeli njene fizičke odlike, a kasnije tako izgrađenu geometrijsku intuiciju nadogradili matematičkom formalnom teorijom.



Slika 1: Hofman-Meks minimalna površ

Kompjuterska vizuelizacija je efikasan alat za rešavanje i analiziranje složenih matematičkih fenomena i ona daje precizne smjernice u teorijskim istraživanjima. Ali vizuelizacija nije jedini alat za rešavanje problema vezanih za kompleksne matematičke objekta, već ona u kombinaciji sa modernim numeričkim metodama omogućava izvođenje matematičkih eksperimenata i simulacija u vještačkoj okolini. Jedan od značajnijih primjera ove simbioze jeste i otkriće kompaktne površi niskog genusa strane Grosa Brankmena i Politiera koji su kompjuterskom simulacijom opisali unutrašnju strukturu ove površi (slika 2). Simulacija je omogućila da se struktura čvorova koji sačinjavaju ovu površ bolje izuči i da se na taj način omogući pristup teorijskim tehnikama, kao što su računanje fundamentalnih, homoloških i kohomoloških grupa ([3]). Još jedan alat koji se pokazao efikasnim u istraživanjima je i matematički video, tj video zapis koji prikazuje kraći film o nekom matematičkom problemu. Nove tendencije su uklapanje matematičkog video zapisa u *on-line* publikacije. Šta više 1998 godine, u Berlinu, održan je prvi festival matematičkog filma. Teme ovog festivala bile su iz oblasti topologije i geometrije, i tretirani su stari i novi problemi koristeći se video zapisima i modernim numeričkim metodama za razne druge simulacije.



Slika 2: Brankmen-Politierova površ

Jedan od glavnih alata za kompjutersku vizuelizaciju matematičkih modela je Java View. To je 3D geometrijski *viewer* i geometrijska biblioteka koja objavljuje interaktivnu geometriju u bilo kom HTML dokumentu i izvodi interaktivne numeričke eksperimente na internetu.

Java View se može pokrenuti u Unix-u ili Dos-u, i može biti dodata kao 3D *viewer* ostalim programima . Ona se fokusira na probleme iz geometrije. Slike i dokumenta mogu lako biti uključene u *Text* publikacije kao i u *on-line* dokumenta.

4. ZAKLJUČAK

Internet mijenja kalsičan način komunikacije i istraživanja u matematici. Interaktivne komponente matematike koje su u prošlosti bile van matematičkih publikacija sada se polako uvode, a samim tim čine ih zanimljivijim i predstavljaju veliki pomak u samom tumačenju teorijske sadržine koju prate.

Zaključak ,koji oslikavaju primjeri ovdje opisani, je da kontinuirano ulaganje u istraživanja fundamentalnih nauka može osigurati razvoj na polju tehnologije i mogućnost novih otkrića u cijeloj nauci uopšte, ali da isto tako fundamentalne nauke moraju pratiti razvoj tehnologije. One ne mogu stajati izolovane i biti retrogradne jer samo u simbiozi sa tehnologijom današnjice one mogu dati još veće i bolje rezultate.

LITERATURA:

- [1] Cox, Little, O Shea (2003) Using Algebraic Geometry, Springer, New York
- [2] Chionah, E. Zhang, Goldman (2002) Fast computation of the Bezout and Dixon Resultant matrices, Journal of Symbolic Computation, Vol.33
- [3] G. Ficher Mathematical Models (1986) Vieweg, Braunschweig

DISPLEJI BAZIRANI NA PRINCIPU POSTOJANOSTI VIDA PERSISTENCE OF VISION BASED DISPLAYS

Nikola Bulatović, Zoran Mijanović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica*

Sadržaj: U ovom radu opisana je jedna od realizacija sistema baziranih na principu postojanosti vida (*Persistence of Vision - POV*). Sistemi bazirani na principu postojanosti vida svoju primjenu nalaze u displejima za prikazivanje dvodimenzionalne i trodimenzionalne slike u boji, korišćenjem rotirajućih dioda (*Light Emitting Diode - LED*), kao izvora svjetlosti uz prikazivanje odgovarajuće prostorne LED kompozicije u veoma kratkom vremenskom intervalu. Rad obuhvata sve sastavne elemente sistema, njihovo cjelovito i funkcionalno povezivanje kao i njihovu realizaciju.

Abstract: This paper describes realisation of the persistence of view based system (*POV*). *POV* systems are mostly implemented in creating 2D and 3D color images, using rotating light emitting diodes as a light source, displaying one spatial portion of LEDs in rapid succession. The project involves all components of the system, their functional interface and their realisation as a final goal of this paper.

1. UVOD

Postojanost vida (*Persistence Of Vision - POV*) je fenomen koji se može objasniti kao zadržavanje slike u retini ljudskog oka tokom vremenskog perioda od dvadeset petog dijela sekunde. Pojednostavljeno se može objasniti kao sposobnost čovjekovog sistema za vid da sublimira nekoliko slika ili djelova slike i poveže ih u jednu cjelinu, koja se manifestuje kao kontinualna slika. To znači da je sve što trenutno opažamo sastavljeno od dijela slike koju vidimo u trenutku posmatranja i dijela slike koju smo posmatrali ranije. Vremenska razlika između pomenuta dva trenutka varira ali bi trebala da iznosi najviše 0.04 sekunde. Dakle, *POV* uređaji se oslanjaju na osobinu ljudskog sistema za vid da nastavlja percipirati opaženu sliku u kratkom vremenskom intervalu nakon njene promjene.

U filmskoj industriji ovaj se fenomen manifestuje tako što ljudsko oko opaža sekvencu uzastopnih frejmova (engl. frame) kao kontinualnu pokretnu sliku. Naučno je dokazano da pri brzini manjoj od 16 frejmova u sekundi ljudsko oko opaža pokretnu sliku ali sa pojavom bljeska. Pokretna slika se može detektovati i pri manjem broju frejmova u sekundi (npr. 10) ali pri toj brzini javljaju se veće smetnje koje se mogu opisati kao šum ili treperenje slike. Moderna filmska dostignuća prikazuju se pri brzini od 24 frejma u sekundi.

Ovaj je fenomen iskorišćen i u kompjuterskoj tehnici za prikazivanje slike na kompjuterskim ekranima. Pojava treperenja slike se može pojaviti u nekim situacijama, posebno pri posmatranju na kraćoj distanci. Kada slika postane dio posmatračevog perifernog vida izraženiji je efekat treperenja, prvenstveno zbog toga što je osjetljivost perifernog vida na treperenje znatno povećana. Generalno, nivo osvježavanja slike od 85 Hz je dovoljan za uklanjanje pojave treperenja kod CRT (*Cathode Ray Tube*) ekrana. Svi noviji kompjuterski ekrani imaju pomenuti ili viši stepen osvježavanja slike. LCD (*Liquid Crystal Display*) ekrani su drugačiji jer se kod njih ova pojava ne manifestuje, zbog

sposobnosti LCD piksela da propuštaju kontinualni zrak svjetlosti sve dok ne dobiju signal za stvaranje tamnije slike. Zbog toga je kod ovog tipa ekrana dovoljan i nivo prikazivanja od 60 Hz ili niži.

Klasa ekrana koja se isključivo oslanja na *POV* princip formira sliku tako što se prikazuje jedan prostorni raspored piksela u periodu od nekoliko milisekundi. Dvodimenzionalni *POV* displej se može opisati kao pokretanje jednog reda LED (*Light Emitting Diode*) piksela po linearnom ili kružnom pravcu. Ako je brzina kretanja zadovoljena, posmatrač će vidjeti kontinualnu sliku. U tom procesu se stvara utisak da slika lebdi u vazduhu. Trodimenzionalni *POV* displej se može dobiti kombinovanjem dvodimenzionalnog reda LED dioda koji rotira po određenom obimu.

2. OPIS REALIZOVANOG SISTEMA

Pridržavajući se principa zasnovanih na *POV* tehnologiji realizovan je LED displej u obliku rotirajućeg globusa. Displej se sastoji od 80 dioda koje emituju zelenu svjetlost i 10 dioda koje emituju crvenu. Prilikom rotacije diode kreiraju sliku rezolucije 80 piksela po visini. Broj piksela po širini slike se može mijenjati u zavisnosti od brzine rotacije globusa i podešavanja u programabilnom kodu mikrokontrolera.

Brzina rotirajućih komponenti globusa iznosi 10 obrtaja u sekundi (10 Hz). Podešavanjem napona DC motora omogućeno je kontrolisanje brzine rotacije. Frekvencija obrtanja od 10Hz ispostavila se zadovoljavajućom za pravilno funkcionisanje sistema. Proces postojanosti vida u takvim uslovima dolazi do izražaja i omogućava prikazivanje kontinualne i postojane slike.

U skladu sa stepenom složenosti sistema, realizacija zahtijeva povezivanje i usklađivanje značajnog broja

komponenti. U narednom dijelu rada biće opisani sastavni dijelovi sistema.

U radu su iskorišćene sledeće komponente:

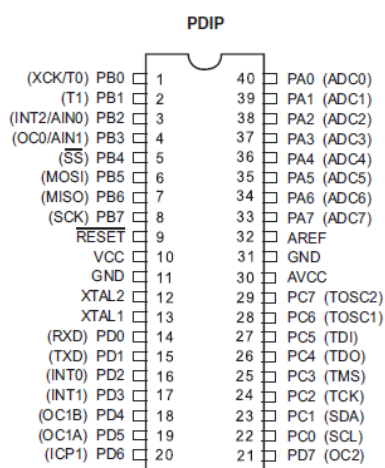
- Mikrokontroler ATmega16L
- 12 pomjeračkih (shift) registara oznake 74HC595
- Prekidački konvertor napona oznake TS2596 (Buck DC-DC)
- 80 zelenih i 10 crvenih dioda (LED)
- Otpornici od 220 oma uz svaku diodu
- Senzor brzine obrtanja korišćenjem fotodiode

Kontrolu funkcionisanja cijelog sistema i kontrolu paljenja i gašenja dioda u tačno određenim trenucima vremena vrši mikrokontroler Atmega16L. Mikrokontroler predstavlja centar sistema i zadužen je za povezivanje i usklađen rad perifernih elemenata. ATmega16L je CMOS baziran osmobitni mikrokontroler zasnovan na AVR obogaćenju RISC (Reduced Instruction Set Computing) arhitekturi. ATmega16L mikrokontroler je izabran zbog karakteristika povoljnih za realizaciju rada, prvenstveno zbog zadovoljavajuće brzine rada, memorijskog prostora za smeštanje podataka o slici, širokog opsega radnog napona napajanja kao i dovoljnog broja ulaznih ili izlaznih pinova preko kojih se može upravljati radom perifernih komponenti (diodama).

Osnovne karakteristike Atmega16L mikrokontrolera koje su od značaja za projekat:

- AVR osmobitni mikrokontroler
- 16 kB flash memorije
- 32 programabilne linije (ulazi/izlazi)
- Operativan u opsegu napona napajanja 2.7V-5.5V
- Frekvencija rada 0-8 MHz

Konfiguracija pinova ATmega16L mikrokontrolera, smeštenog u DIP kućištu (Dual In-Line Package), prikazana je na slici 1.



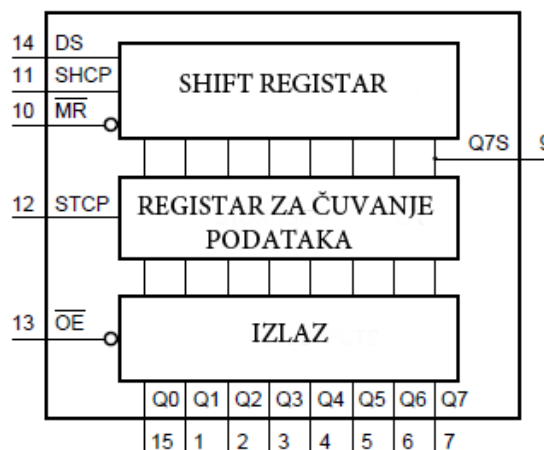
Slika 1. Konfiguracija pinova ATmega16L mikrokontrolera

Jedan od problema pri realizaciji rada bio je kako kontrolisati tako velik broj dioda (80 zelenih i 10 crvenih) preko 4 osmopinska porta ATmega16L mikrokontrolera. Problem je riješen upotrebom pomjeračkih registara oznake 74HC595. To su osmobitni serijski pomjerački registri koji

sadrže registar za pomjeranje ulaznih podataka (shift registar), registar za čuvanje podataka i izlazni registar sa mogućim stanjima izlaza: nizak logički nivo ("0") i visok logički nivo ("1"). Stanje visoke impedanse ("Z") se može postaviti samo za sve izlaze, preko kontrolnog signala koji kontroliše ispis podataka na izlazu. Taktni signali pomjeračkog registra (SHCP) i registra za čuvanje podataka (STCP) nezavisni su jedan od drugog. Podaci se ubacuju na uzlaznu ivicu taktnog signala registra za pomjeranje podataka. Nakon toga, podaci se smještaju u registar za skladištenje podataka. Podaci se vode na izlaz nakon uzlazne ivice taktnog signala registra za čuvanje podataka. Pomjerački registar omogućava serijski ulaz podataka kao i serijski izlaz koji se najčešće koristi pri kaskadnom vezivanju. Takođe, omogućen je i asinhrono resetovanje pomjeračkih registra (aktivno stanje je nizak logički nivo). Postoji 8 paralelnih izlaza. Frekvencija ispisa podataka na izlazu iznosi 100MHz. Korišćenjem ovih registara omogućena je konverzija ulaznih serijskih podataka u paralelni osmobitni ispis na izlazu. Struktura opisanog pomjeračkog registra prikazana je na slici 2.

Karakteristike pomjeračkog registra od značaja za projekat:

- Osmobitni serijski ulaz
- Osmobitni serijski ili paralelni izlaz
- Registar za čuvanje podataka
- 100 MHz frekvencija ispisa podataka na izlazu
- Serijsko-paralelna konverzija podataka

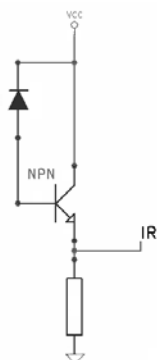


Slika 2. Struktura pomjeračkog registra

Komponenta zadužena za mjerenje brzine rotacije POV sistema realizovana je pomoću dvije diode, predajne LED i prijemne fotodiode. Predajna dioda se nalazi na statičnom dijelu konstrukcije u takvom položaju da može nesmetano da šalje signal ka prijemnoj fotiododi. Ona šalje signal neprestano tokom rotacije. Prijemna fotiodioda zadužena je za prijem poslatog signala od strane predajne diode. Prijemna fotiodioda nalazi se na rotirajućem dijelu sa ostalim diodama (LED). Kada se napravi jedan obrtaj, prijemna fotiodioda se nađe u položaju iznad predajne diode (LED), prima signal i prosljeđuje ga na ulazni pin mikrokontrolera. Pomenuti pin se u tom trenutku postavlja na visok logički naponski nivo.

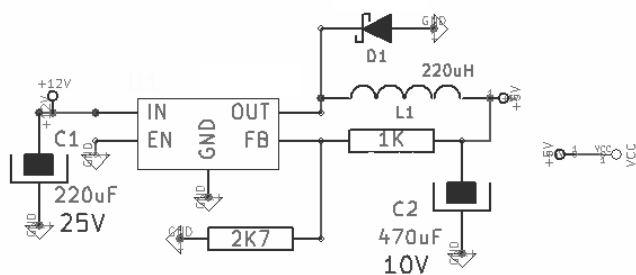
Očitavanjem ulaznog pina mikrokontrolera vezanog za prijemnu fotodiodu i mjerenjem vremena do sljedećeg očitavanja visokog logičkog naponskog nivoa može se utvrditi frekvencija obrtanja rotirajućeg dijela globusa. Na osnovu te brzine može se pravilno uticati na postavljanje slike POV displeja.

Realizacija kola sa prijemnom fotodiodom može se vidjeti na slici 3. IR pin vodi se na ulaz mikrokontrolera. Kada dioda provede, omogući se provođenje NPN bipolarnog tranzistora i IR pin se postavlja na visok logički naponski nivo. U ostalim slučajevima je na niskom logičkom naponskom nivou.



Slika 3. Šematski dio kola sa prijemnom fotodiodom

Za normalan rad mikrokontrolera i cijelog sistema potrebno je obezbijediti potreban napon napajanja. Mikrokontroler ATmega16L operativan je u širem opsegu napona napajanja 2.7V – 5.5V. Potreban napon napajanja omogućen je korišćenjem prekidačkog (Buck DC-DC) konvertora za spuštanje napona. On spušta napon sa ulaznih 12V na 5V. Širok opseg radne operativnosti ATmega16L mikrokontrolera omogućava nesmetan rad pri tom naponu.



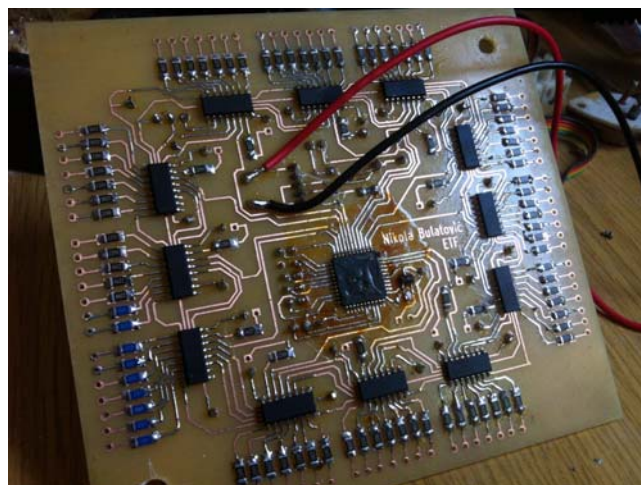
Slika 4. Šematski prikaz komponente za napajanje kola

Realizacija sistema i povezivanje navedenih komponenti u skladnu cjelinu obavljena je korišćenjem razvojnog alata KiCad.

Razvoj u KiCad-u sastoji se iz tri dijela:

- Razvoj električne šeme
- Generisanje potrebnih komponenti za realizaciju projektovanog kola
- Razvoj PCB (Printed Circuit Board) dizajna

Posljednji korak razvoja u KiCad-u čini projektovanje PCB dizajna. Kolo za kontrolisanje rada dioda realizovano je na jednoslojnoj štampanoj ploči prikazanoj na slici 5.



Slika 5. Finalni izgled ploče (PCB)

Programski kod vezan za mikrokontroler ATmega16L realizovan je da uključuje i isključuje diode frekvencijom od 100 puta po jednom obrtaju, pri brzini rotacije sistema od 10Hz. Tako se može ispitati moguća rezolucija slike. U ovoj realizaciji omogućeno je prikazivanje rotirajuće slike skraćenog naziva Elektrotehničkog fakulteta ("ETF") pomoću 10 crvenih dioda uz uključene sve zelene diode.

Podaci o slici kreirani su kao niz osmootvornih zapisa koji nose informacije o tome koje diode će biti aktivirane. Da bi se željeni podaci o slici doveli na izlaz pomjeračkih registara iskorišćene su dvije funkcije, shift_pulse i latch_pulse. Funkcija shift_pulse predstavlja jedan kratki (375ns) impuls visokog logičkog naponskog nivoa ("1") kojim se omogućava unos jednog bita u registar za čuvanje podataka (oponašanje taktog signala SHCP). Potrebno je osam iteracija pomenute funkcije kako bi se smjestilo svih osam bita vezanih za jedan pomjerački registar. Promjenljiva shift_clk se odnosi na pin 0 porta C mikrokontrolera koji je povezan sa SHCP pinom pomjeračkog registra.

```
void shift_pulse() {
    PORTC |= (1 << shift_clk); //postavljanje "1"
    _delay_loop_1(1); //375ns
    PORTC &= ~(1 << shift_clk); //postavljanje "0"
    _delay_loop_1(1); //375ns
}
```

Funkcija latch_pulse omogućava pomjeranje podatka iz registra za čuvanje na izlaz kompletnog pomjeračkog registra. Jedina razlika u realizaciji u odnosu na shift_pulse funkciju jeste korišćenje promjenljive latch_clk koja se odnosi na pin 1 porta C mikrokontrolera koji je povezan sa STCP pinom registra za čuvanje podataka. Potrebno je aktivirati samo jedan impuls funkcije latch_pulse kako bi se osam bita iz registra za čuvanje dovelo na izlaz.

3. ZAKLJUČAK

U radu je opisana realizacija sistema baziranog na principu postojanosti vida (POV). Istraživanja u oblasti postojanosti vida tek u posljednje vrijeme dobijaju na popularnosti. Budući projekti vezani za ovu oblast imaju za cilj da omoguće široku primjenu POV displeja za prikazivanje 3D slike kao efikasnu zamjenu za uređaje koji se danas koriste u istu svrhu. Ta primjena može se ispoljiti u prikazivanju 3D slike bez upotrebe 3D naočara i prateće opreme. Tako se otvara širok spektar mogućih realizacija i primjena ovog sistema u različitim oblastima tehnike.

Ovaj rad se može shvatiti kao doprinos razvoju u oblasti POV displeja. Rad obuhvata sve sastavne i funkcionalne elemente POV sistema. Izložena realizacija može poslužiti kao tema za dalju optimizaciju karakteristika.

Postojeća realizacija služi za prikazivanje korisnički zadate dvobojne slike. Jedna od potencijalnih dopuna može biti realizacija POV sistema uključujući diode koje emituju višebojnu svjetlost.



Slika 6. Finalni izgled POV sistema

LITERATURA

- [1] Zoran Mijanović, "Računarski interfejsi i periferije", Univerzitet Crne Gore
- [2] Zoran Mijanović, Neđeljko Lekić, "Projektovanje mikrokontrolerskih sistema", Univerzitet Crne Gore

TEHNOLOGIJE HENDOVERA KOD DIGITALNOG VIDEO STANDARDA DVB-H HANDOVER TECHNOLOGIES FOR DIGITAL VIDEO STANDARD DVB-H

Andreja Samčović, Saobraćajni fakultet u Beogradu

Sadržaj: U ovom radu su objašnjene osnovne tehnološke karakteristike procesa hendovera kod digitalnog video standarda za ručne uređaje DVB-H. Naveden je postupak mekog hendovera kao i faze koje moraju tom prilikom da budu sprovedene. Opisane su detaljno vrste hendovera koje se koriste kod DVB-H sistema. Posebno su razmotreni hendoveri predloženi od strane DVB projekta, kao i hendover u konvergentnim mrežama, imajući u vidu njihov značaj i mogućnost integrisanja DVB-H servisa u postojećim mobilnim mrežama.

Abstract: This paper illustrates the main technological characteristics of handover process for digital video broadcasting standard for handheld devices DVB-H. The approach of soft handover and steps which should be carried out are mentioned. The different ways of handover used in DVB-H are described in details. The handover proposed by DVB-H project as well as handover in convergent networks are considered, having in mind their importance and possible integration of DVB-H services in existing mobile networks.

1. UVOD

DVB-H (*Digital Video Broadcasting – Handheld*) je tehnički projekat koga je razvila organizacija DVB Project (DVB 200 701) i koji je standardizovan od strane DVB i ETSI (*European Telecommunications Standardization Institute*) pod brojem EN 302 304 u novembru 2004. godine [1]. Projekat se odnosi na ručne (*handheld*) uređaje koji se napajaju baterijom, kao što su mobilni telefoni, PDA (*Personal Digital Assistant*) uređaji, tablet računari i slično. DVB-H je razvijen da zadovolji potrebe za pouzdanim, brzim prijemom, i da omogući sistem koji može da obezbedi velike brzine prenosa podataka, a sve sa ciljem da se obezbede neophodni uslovi za mnoge mobilne aplikacije, uključujući video u realnom vremenu [2]. DVB-H budi značajno interesovanje u difuznim telekomunikacijama i telekomunikacijama uopšte [3].

DVB-H se bazira na DVB-T (*Terrestrial*) standardu za digitalnu televiziju koji se odnosi na zemaljske TV signale. Kada je prvi put predstavljen 1997. godine, DVB-T nije bio dizajniran za mobilne prijemnike, iako su DVB-T mobilni servisi bili pušteni u mnogim zemljama. Dolaskom prijemnika sa diversiti antenama, servisi koji su bili predviđeni za fiksni prijem sada se mogu isto tako dobro primati na mobilnim stanicama.

Osnovni problem bilo kog ručnog uređaja je trajanje baterije. Trenutna i projektovana potrošnja je suviše visoka za ručne prijemnike, s obzirom na to da se očekuje da autonomija rada takvog uređaja bude nekoliko dana sa jednim punjenjem. Drugi bitan zahtev, kada je DVB-H u pitanju, je sposobnost realizacije brzine prijema od 15 Mb/s u kanalu širine propusnog opsega od 5 MHz i mogućnost rada u brzim jednofrekvencijskim SNF mrežama (*Single Frequency Network*). Ovi zahtevi su usaglašeni posle mnogo debata i sa posebnim akcentom ka rastućoj konvergenciji uređaja koji dopremaju video servise i ostale difuzne servise prenosa podataka ka uređajima 2G, 2,5G i 3G generacije. Dalje, sve to mora biti omogućeno tako da se održi

maksimalna kompatibilnost sa postojećim DVB-T sistemom i mrežom.

U nameri da se postignu ovi uslovi, najnovija DVB-H specifikacija obuhvata sledeće tehnike: *time slicing*, 4K režim (*4K mode*), kao i MPE-FEC (*Multiprotocol Encapsulation – Forward Error Correction*). Tehnologija DVB-H je projektovana tako da za prenos multimedijalnih servisa do mobilnih korisnika koristi infrastrukturu digitalne zemaljske TV difuzije. DVB-H koristi isti deo spektra koji koristi digitalna TV.

U nastavku ovog rada su predstavljene osnovne tehnološke karakteristike hendovera kod video standarda DVB-H. Zatim su opisani detaljno postupci hendovera koji se primenjuju kod DVB-H, imajući u vidu njihova tehnička svojstva.

2. HENDOVER KOD DVB-H STANDARDA

Hendover je uvek bio važna stvar u telekomunikacionim mrežama. Hendover je potreban tamo gde mobilni terminal prelazi iz jedne servisne ćelije u drugu kod DVB-H MFN (*Multy Frequency Network*), ili kada mobilni terminal prelazi iz jedne DVB-H SFN u drugu DVB-H SFN. Zbog mobilnosti DVB-H terminala, hendoveri u jednosmernim DVB-H mrežama postaju izuzetno važni [4].

Postoje razlike između hendovera kod DVB-H i hendovera u telekomunikacionim mrežama, kao što je recimo UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Ako se za primer uzme UMTS, bazna stanica komunicira sa mobilnom stanicom u toku hendover procedure i mogućnost interakcije između mreže i terminala je izuzetno važna za uspešnu realizaciju hendovera. Međutim, DVB-H mreže nemaju informaciju ko u datom trenutku koristi njihove radio resurse i gde će terminal uraditi potencijalni hendover, dakle nema te interakcije na relaciji mreža – terminal. DVB-H predajnici ne mogu dobiti informacije od DVB-H terminala, tako da će DVB-H terminali sami sebi izvršiti hendover na bazi svoje odluke. Hendover jedino može biti inicijalizovan i realizovan od strane samog terminala i bez interakcije sa

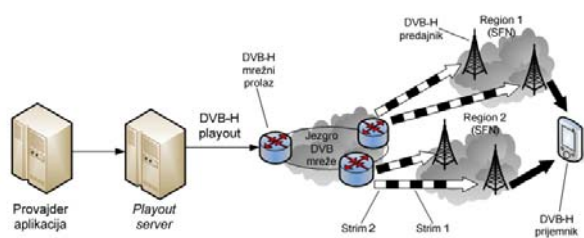
predajnicima odnosno samom mrežom, i to predstavlja glavni izazov za hendovere u DVB-H mreži.

Kao rešenje nameće se mogućnost da DVB-H terminali hendover merenja vrše u vremenskim periodima kada nema brsta (*off burst time*) i tako omogućuje izvršenje hendovera bez prekidanja servisa. *Off burst time* je vremenski interval u *time slicing* modu kada je terminal u neaktivnom režimu. Meki hendover (*soft handover*) znači da servis nije prekinut sa stanovišta korisnika, tako da je hendover u DVB-H mrežama meki hendover.

2.1. Meki hendover kod DVB-H

Meki hendover ne postoji kod DVB-T terminala (sa jednom antenom) zato što nema praznog vremenskog perioda koji bi se iskoristio za izvršenje mekog hendovera u DVB-T transmisiji, jer je transmisija kod DVB-T kontinualna u vremenu. DVB-H standard donosi mogućnost mekog hendovera za terminale sa jednom antenom. Postoje dva važna alata koji omogućavaju meki hendover u DVB-H sistemu, prvi je *time slicing*, a drugi je obavezni ćelijski identifikator (*cell_id*). *Time slicing* omogućava da se periodi koji se ne koriste za prenos upotrebljavaju za monitoring susednih ćelija i to bez prekidanja servisa. Obavezni ćelijski identifikatori asistiraju u procesu donošenja hendover odluka i smanjuju verovatnoću nastajanja greške u tom procesu.

Na Slici 1 prikazan je u osnovi jedan slučaj mekog hendovera u DVB-H mrežama. Slika takođe prikazuje osnovu DVB-H mrežne strukture. Provajder aplikacija je zadužen za usluge kreiranja aplikacija. *Playout* server je zadužen za upravljanje servisima. Jezgro DVB-H mreže je distributivna mreža koja dostavlja servise radio pristupnim mrežama. IP (*Internet Protocol*) mreža je najbolji kandidat za prenosnu mrežu [5]. Na Slici 1 prikazani su i Region 1 i 2, i oni su dve različite DVB-H mreže sa jednom frekvencijom SFN koje su formirane od DVB-H predajnika i prijemnika. Frekvencije od ove dve SFN mreže su različite, pa će tako DVB-H prijemnik izvršiti hendover kada bude prelazio iz jedne SFN mreže u drugu. Na slici se takođe prikazuju dva različita servisna strima. Sa slike se lako može uočiti to da kada DVB-H prijemnik prelazi između Regiona 1 (SFN) i Regiona 2 (SFN), DVB-H prijemnik prima isti servisni strim u toku hendovera.



Slika 1. Ilustracija hendovera

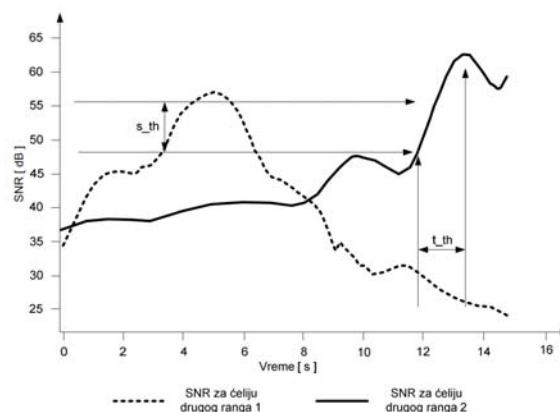
2.2. Hendover faze

Hendover u DVB-H se sastoji iz tri koraka: merenja, donošenja odluke na bazi hendover kriterijuma, i izvršenja hendovera.

Merenje je prvi korak u hendover proceduri. Kod DVB-H, merenje se dešava u *off time* periodu *time slicing* režima.

Terminal će isključiti tjuner i demodulator u tom periodu, ali će pristupni (*front-end*) prijemnik nastaviti sa merenjem jačine signala od susednih predajnika kako bi nadgledao fluktuaciju jačine signala. Ako je jačina prijemnog signala dostigla minimalnu graničnu vrednost, aktivira se proces donošenja odluke o izvršenju hendovera.

U drugom koraku procesa, DVB-H terminal će odlučivati na bazi predefinisano kriterijuma da li je potrebno izvršiti hendover. Najčešće korišćeni hendover kriterijumi su RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) i odnos signal-šum SNR (*Signal-Noise-Ratio*). Kada su RSSI i SNR u prvom koraku merenjem identifikovani kao degradirani do nekog stepena, tada nastupa proces donošenja odluke o hendoveru. Uzimajući za primer SNR kriterijum, jednom kada se dostigne SNR margina praga s_{th} za određeno trajanje vremenskog praga t_{th} , tada prijemnik menja tekuću frekvenciju na frekvenciju sa najjačom SNR vrednošću i nastavlja prijem signala na toj novoj frekvenciji. Parametri s_{th} i t_{th} su prikazani na Slici 2. Na istoj slici DVB-H terminal na početku prima signal od ćelije drugog ranga (*subcell*) 1. U dvanaestoj sekundi terminal počinje da meri signal od ćelije drugog ranga 2. Nakon trajanja vremenskog praga t_{th} , terminal izvršava hendover ka ćeliji drugog ranga 2 za oko 13,5 sekunde.



Slika 2. SNR i vremenski prag prilikom donošenja odluke o izvršavanju hendovera

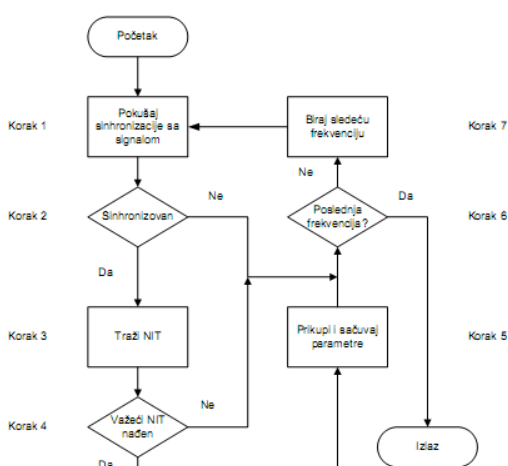
Izvršenje hendovera je poslednji korak u procesu hendovera. Nakon što je terminal doneo odluku o izvršenju hendovera, on će obaviti izvršenje hendovera. U ovoj fazi, terminal pokušava da se sinhronizuje ka ciljanom servisu i da nastavi sa prijemom tekućeg servisa bez prekida. Faza izvršenja hendovera je u stvari faza u kojoj se vrši frekvencijska i transportna sinhronizacija. Sastoji se od frekvencijske sinhronizacije korišćenjem TPS (*Transmission Parameter Signaling*) bita i PSI/SI (*Program Specific Information/Service Information*) tabela i transportne sinhronizacije koristeći PSI/SI tabele. Nakon što je terminal podešen na ispravnu frekvenciju i ispravan transportni strim, terminal treba takođe i da izabere tačan servis, kako bi nastavio da koristi tekući servis. Saglasno dobijenim informacijama unutar prijemnog *time slice*, terminal će izabrati ispravni servis iz transportnog strima.

3. VRSTE HENDOVERA

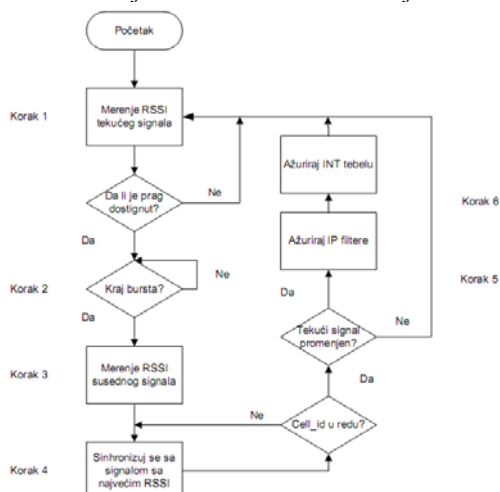
3.1. Trenutni RSSI handover

Trenutni RSSI handover je prvi model DVB-H handovera koji je publikovan u literaturi. Ova šema koristi *off burst time* za merenje RSSI vrednosti. Nakon poređenja tekuće vrednosti RSSI sa istom iz susednih ćelija, ona vrši handover ka ćeliji koja ima najjaču RSSI vrednost. Faze za ovaj handover algoritam su prikazane na Slikama 3 i 4.

Na Slici 3 je prikazana fundamentalna faza koja se izvršava uvek kada se uključi terminal. U ovoj fazi, terminal skenira signale unutar frekventijskog opsega koji je dodeljen DVB-H sistemu. Ukoliko se terminal sinhronizovao na jednu frekvenciju, on će tražiti NIT (*Network Information Table*) tabelu kako bi pronašao servis koji je na toj sinhronizovanoj frekvenciji. Tada počinje da čuva u memoriju informacije o servisu i frekvenciji. Ova procedura se ponavlja za sve dostupne frekvencije iz frekventijskog opsega.



Slika 3. Faza koja se izvršava kada se uključi terminal



Slika 4. Donošenje odluka i izvršavanje handovera

Slika 4 pokazuje donošenje odluka i izvršenje handovera. Terminal prvo meri tekući signal u *off burst time*. Kada se dostigne predefinisani RSSI prag, on počinje da meri dostupne signale iz susednih ćelija. Tada se on sinhronizuje sa najjačim signalom sa najvećom RSSI vrednošću. Nakon

sinhronizacije ka novom signalu, on dva puta proveriti da li je handover ispravan tako što proveriti *cell_id* informaciju koju je sačuvao u memoriji. Kada je handover ka ciljnoj ćeliji proveren, sve relevantne informacije u NIT tabeli se ažuriraju, i terminal ponavlja isti proces.

3.2. SNR handover

U šemi SNR handovera, SNR je izračunat iz RSSI i karakteristike šuma pružaju precizniju procenu primljenog signala nego RSSI. Glavna ideja postprocesiranja SNR vrednosti je da se izračuna CDF (*Cumulative Distribution Functions*) svih SNR vrednosti. CDF opisuju statističku raspodelu i prilikom prijema svakog signala daju verovatnoću prijema signala sa prethodnom vrednošću SNR ili prijem signala sa manjim SNR. Zato što CDF daje verovatnu vrednost, njegova vrednost ne zavisi samo od tekuće SNR vrednosti, nego i od prethodnih SNR vrednosti signala. Ovo ne eliminiše samo fenomen učestalog handovera koji je prisutan u trenutnom RSSI handoveru, nego se izbegava fenomen lažnog signala koji nastaje usled frekventijske konfuzije.

3.3. CDT handover

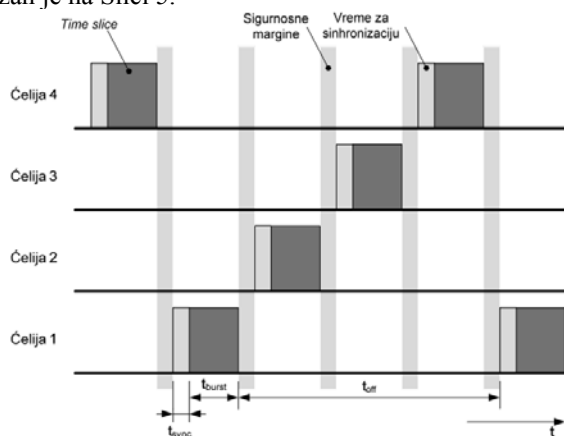
Vare, Hamara i Kallio predložili su novi metod za signalizaciju ćelijskih područja pomoću bitmap podataka da bi usavršili performanse handovera kod DVB-H [6]. Nova tabela se naziva CDT (*Cell Description Table*) i predložena je za PSI/SI tabele u transportnim strimovima. Korišćenjem CDT tabele sa 256 različitih nivoa signala unutar zone pokrivanja ćelije, prijemniku se signaliziraju informacije o pokrivanju ćelije. Ova vrsta CDT tabele govori prijemniku gde je lociran unutar ćelije pomoću različitih nivoa signala u različitim lokacijama unutar zone pokrivanja predajnika. Terminal može odraditi bolju odluku o handoveru iz informacije o pokrivanju ćelije i time smanjiti ping-pong efekat i lažne signale. Međutim, u ovoj predloženoj handover šemi, potreban je širi propusni opseg, kao i veća upotreba memorije prijemnika kako bi se podržao CDT proces.

3.4. Handover pomoću ripitera

U šemi handovera pomoću ripitera (*Repeater Aided Handover*) koriste se inteligentni ripiteri locirani na ivicama zone pokrivanja ćelija. Ovi ripiteri ne samo da poboljšavaju kvalitet signala na rubovima ćelijske pokrivenosti, nego i pružaju posebnu signalnu informaciju ripiterima. Osnovna ideja je ta da će terminali primiti jedinstvenu signalizacionu informaciju od ripitera kada terminali dosegnu rubove zona pokrivanja. U tom slučaju, terminal zna gde je lociran u zavisnosti od različitih signalnih informacija koje dobija od ripitera. Korišćenjem tih posebnih signalnih informacija, terminal može aktivirati handover proces. Uz to, terminali ne treba da vrše merenja signala (zbog handovera) kada su daleko od rubova zone pokrivanja ćelija, i na taj način čuvaju bateriju.

3.5. Handover sa faznim pomerajem

Ova tehnologija handovera vrši sinhronizaciju signala susednih ćelija u IP *datacast* u nameri da osigura da neće biti gubitka paketa u handoveru zbog toga što kašnjenja i džiteri mogu varirati u različitim ćelijama. Kada terminal prelazi iz jedne u drugu ćeliju, sinhronizacione tehnike se moraju koristiti da bi se osiguralo da nema gubitaka paketa koji nastaju usled preklapanja brstova. Postoje tri slučaja. Prvi slučaj je kada nema sinhronizacije i tada naravno dolazi do gubljenja paketa. Drugi je slučaj kada postoji fazna sinhronizacija gde svi transportni strimovi iz različitih ćelija moraju biti prenošeni u perfektnoj međusobnoj sinhronizaciji po referentnom univerzalnom vremenu. Treći slučaj je kada postoji fazno pomerena sinhronizacija, gde postoji vremenska pomeranost između susednih ćelija da bi se osiguralo dovoljno vremena između susednih vremenskih odsečaka kako bi se izbegao mogući gubitak paketa koji može nastati preklapanjem tih vremenskih odsečaka. Princip faznog pomeranja za handover između bilo koje dve ćelije prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Fazni pomeraj

Na slici je pokazano da ne postoji preklapanje između vremenskih odsečaka susednih ćelija, odnosno da ne postoji isti fazni pomeraj u susednim ćelijama.

3.6. Handover predložen od strane DVB Projecta

DVB *Project* je predložio jednostavan handover algoritam za DVB-H koji se bazira na handover algoritmu koji se koristi kod DVB-T. Postoji nekoliko metoda koje smanjuju rizik prebacivanja na nepostojeći ili lažni signal. Prva je predložena u metodi nazvanoj *local SI insertion* koja omogućuje da svaka ćelija predstavlja posebnu mrežu tako što joj se ubace pojedinačne servisne informacije (SI). U tom slučaju, postojala bi samo jedna frekvencija po mreži jer bi se svakoj mreži davala posebna frekvencija označena u SI tabeli. Drugi metod koristi ćelijski identifikator tako da terminal može da zna u koju ćeliju je ušao. U ovom slučaju, terminal može da odredi i proveri ID ćelije signala iz TPS bita, i ako je ona u njegovoj ćelijskoj ID listi od interesa, smanjiće neuspešno prebacivanje na frekvenciju. Treći metod koristi lokacijske podatke iz GPS (*Global Positioning System*), prijemnika kako bi potpomogao handoveru, pa tako

terminal može da odredi određenu ćeliju smanjivanjem neuspešnog prebacivanja na frekvenciju.

3.7. Handover u konvergentnim mrežama

Kako konvergentne mreže postaju sve značajnije, tako i handover u ovim mrežama postaje veoma bitan proces. S jedne strane, operatori žele da integrišu nove DVB-H servise u već postojeću 3G mrežu, kako bi uštedeli troškove i pružili veću interaktivnost krajnjim korisnicima. S druge strane, korisnike ne zanima koja se tehnologija koristi za obezbeđivanje servisa, već mnogo više brinu o kvalitetu servisa koji se pruža.

Tipičan problem u konvergentnim mrežama jeste handover između DVB-H i UMTS. Ovaj tip handovera je tip kod koga se vrši zauzimanje radio resursa. Takozvani intersistemski meki handover može izvršiti realokaciju radio resursa između DVB-H i UMTS mreže, imajući u vidu odnos između cene i kvaliteta servisa u mreži. UMTS je znatno skuplji u pružanju istog servisa velikom broju različitih korisnika s obzirom na unicast režim rada. UMTS multicast režim rada MBMS (*Multimedia Broadcast Multicast Service*) koristi se samo u slučaju malog multimedijalnog saobraćaja, s obzirom na mali protok u poređenju sa DVB-H. S druge strane, UMTS pruža korisnicima interaktivnost kakvu DVB-H mreže ne mogu da im pruže. Zato UMTS mreže obezbeđuju bolji kvalitet po pitanju interaktivnosti. Može se reći da postoji kompromis između operativnih troškova i kvaliteta servisa u konvergentnim mrežama između UMTS i DVB-H.

4. ZAKLJUČAK

Tehnologija handovera je neophodna prilikom prelaska mobilnog terminala iz jedne u drugu ćeliju ili iz jedne u drugu mrežu. Handover kod digitalnog video standarda DVB-H se sastoji iz procesa merenja, donošenja odluke na bazi postavljenih kriterijuma i izvršenja handovera. Poznavanje karakteristika šuma može da pomogne prilikom izbegavanja fenomena učestalog handovera i pojave lažnih signala. Prilikom izbora metoda handovera treba voditi računa o energetskej potrošnji.

LITERATURA

- [1] A.Kumar, *Mobile TV: DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications*, Focal Press, 2007.
- [2] D.Just, P.Gyger, *DVB-H – Digital Video Broadcast*, <http://www.dvb-h.org/>, avgust 2009.
- [3] H.Benoit, *Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the Framework*, Focal Press, 2006.
- [4] X.Yang, *Handover in DVB-H: Investigations and Analysis*, Springer, 2008.
- [5] D.Minoli, *IP multicast with applications to IPTV and mobile DVB-H*, Wiley Interscience, 2008.
- [6] J.Vare, A.Hamara, J.Kallio, *Approach for Improving Receiver Performance in Loss-free Handovers in DVB-H Networks*, Globecom, 2004.

REKONSTRUKCIJA ODBIRAKA SIGNALA KORIŠĆENJEM SPARSE SIGNAL ANALIZE SIGNAL RECONSTRUCTION BASED ON THE SPARSE SIGNAL ANALYSIS

Miloš Daković, Stefan Vujović, Ljubiša Stanković, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj: U radu je analiziran uticaj oštećenih odbiraka signala, na sparse domen istog. Takođe je prikazana mogućnost rekonstrukcije oštećenih odbiraka signala koji imaju sparse prezentaciju u nekom od transformacionih domena. Rekonstrukcija je vršena algoritmom koji se zasniva na metodi najbržeg spustanja, pri čemu je su poznate pozicije oštećenih odbiraka.

Abstract: This paper demonstrates influence of damaged signal samples to sparse domain of the same signal. Also, it demonstrates the possibility of reconstruction of damaged signal's samples, when signal has sparse presentation in one of transformation domains. Reconstruction was performed by algorithm which uses method of gradient descent when we know position of damaged samples.

1. UVOD

Sparse signal processing je danas aktualna tema u oblasti digitalne obrade signala. Prve radove na temu *sparse signal processing*-a dali su Donoho i Johnstone, davne 1990. god. [1,2].

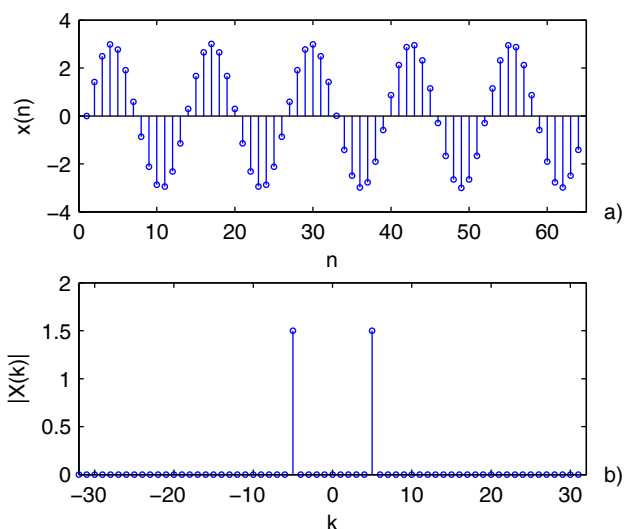
Za diskretni signal $x(n)$, sačinjen od N odbiraka, kažemo da je K -sparse u domenu T , ako je u tom domenu sačinjen od K nenultih elemenata, pri čemu je $K \ll N$. Operator T vrši transformaciju iz jednog domena (*dense*) u drugi, transformacioni domen (*sparse*)

$$X(k) = T[x(n)]. \quad (1)$$

Drugim riječima, za signal kažemo da je *sparse* u nekom domenu, ako je u tom domenu predstavljen sa mnogo manjim brojem nenultih koeficijenata nego što je bio slučaj sa originalnim domenom (vremenski domen za audio ili prostorni domen za video signale).

Jedan od izazova u obradi *sparse* signala predstavlja pronalaženje domena u kojem je dati signal *sparse* ili približno *sparse*. Kada kažemo približno *sparse*, podrazumijevamo da se odbirci signala u transformacionom domenu mogu podijeliti u dvije grupe u skladu sa njihovim amplitudama. Prva grupa predstavlja odbirke od interesa sa amplitudama većim od 0, dok odbirci iz druge grupe uzimaju male vrijednosti koje u analizi možemo zanemariti. Sa tim u vezi, razvijene su metode kojima možemo utvrditi da li je analizirani signal *sparse* u posmatranom domenu T . Jednostavnim ispitivanjem amplituda $X(k)$, možemo zaključiti da li se radi o *sparse* prezentaciji signala. Ukoliko je broj nenultih koeficijenata znatno manji od ukupnog broja koeficijenata, možemo zaključiti da se radi o *sparse* prezentaciji signala. Povratak iz *sparse* domena u izvorni (*dense*) domen se može izvršiti korišćenjem inverznog operatora:

$$x(n) = T^{-1}[X(k)]. \quad (2)$$



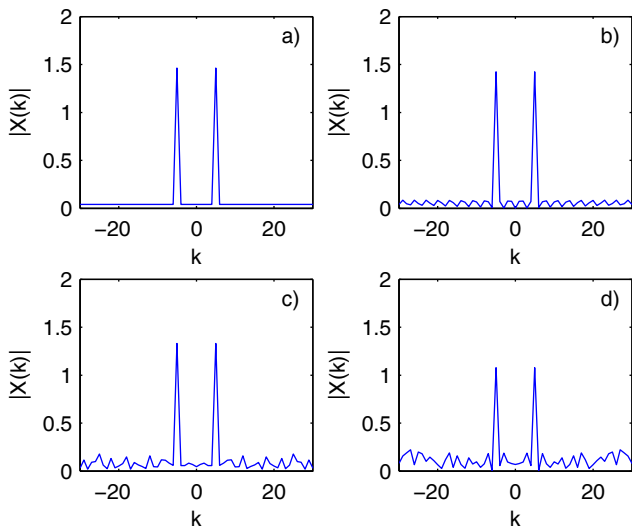
Slika 1. Sinusoida: a) Vremenski domen - veliki broj koeficijenata; b) DFT domen - *sparse* domen

2. UTICAJ OŠTEĆENIH ODBIRAKA NA SPARSE DOMEN

U oblasti digitalne obrade signala čest je slučaj da su pojedini odbirci signala oštećeni ili da nedostaju. Do oštećenja odbiraka signala može doći, između ostalog, zbog šuma, greške u mjerenju ili nekog trećeg razloga. Takođe, može se desiti da vrijednosti amplituda nekih odbiraka kojima znamo pozicije nijesu dostupne iz nekog razloga (npr. greška instrumenta koji detektuje signal, oštećenje memorije u kojoj je signal skladišten...). Situacija u kojoj imamo oštećene i/ili nedostajuće odbirke predstavlja problem u oblasti digitalne obrade signala, jer se dalja analiza i obrada vrši sa pogrešnim ili nepotpunim informacijama.

U ovom dijelu rada ispitaćemo uticaj oštećenih i nedostajućih odbiraka signala na *sparse* (transformacioni) domen. U daljem radu pod pojmom oštećeni ćemo podrazumijevati i nedostajuće odbirke. Radi jednostavnosti, a ne gubeći opštost, posmatrajmo sinusoidalni signal, pri čemu operator T predstavlja diskretnu Furijeovu transformaciju (*DFT*).

Na slici 1 je prikazan signal u vremenskom i transformacionom domenu. U vremenskom domenu signal je sačinjen od velikog broja nenultih odbiraka, dok je taj isti signal u DFT domenu izrazito *sparse* signal, sačinjen od svega dva (zbog negativnih frekvencija) nenulta koeficijenta. Posmatrajmo šta se dešava kada signalu koji je *sparse* u DFT domenu, oštetimo jedan, dva, sedam i na kraju 15 odbiraka u vremenskom domenu. Rezultati su prikazani na slici 2. Već nakon jednog oštećenog odbirka u DFT domenu nema nultih članova. Kako broj oštećenih odbiraka raste, sve je veća vrijednost koju uzimaju DFT koeficijenti, koji su za slučaj sinusoide (bez oštećenja) imali vrijednost nula. Ovaj porast vrijednosti koeficijenata možemo uočiti na slici 2. Tu činjenicu ćemo iskoristiti u rekonstrukciji oštećenih odbiraka.



Slika 2. Spektar sinusoide sa oštećenim odbircima u vremenskom domenu: a) 1 oštećeni odbirak; b) 2 oštećena odbiraka; c) 7 oštećenih odbiraka; d) 15 oštećenih odbiraka

3. METOD REKONSTRUKCIJE

Ispitujući promjene u *sparse* domenu signala, nastale kao posljedica oštećenja pojedinih odbiraka u izvornom (*dense*) domenu, došli smo do zaključka da se rekonstrukcija signala kojem znamo pozicije oštećenih odbiraka, može vršiti analizirajući *sparse* domen. Rekonstrukciju ćemo vršiti tako što iz skupa svih mogućih vrijednosti amplitude oštećenog odbirka izaberemo onu za koju će signal u transformacionom domenu biti "najviše" *sparse*, odnosno imati najbolju koncentraciju. Uvedimo mjeru koncentracije korišćenu u [8],

$$\mu[x] = \frac{1}{N} \left(\sum_n |T[x(n)]|^{1/p} \right)^p, \quad (3)$$

pri čemu je $p < 2$. Napomenimo da za $p = 1$ navedena mjera predstavlja l_1 normu, i jednaka je sumi apsolutnih vrijednosti koeficijenata signala u *sparse* domenu. Član $1/N$ predstavlja skaliranje mjere, pri čemu je N broj odbiraka signala.

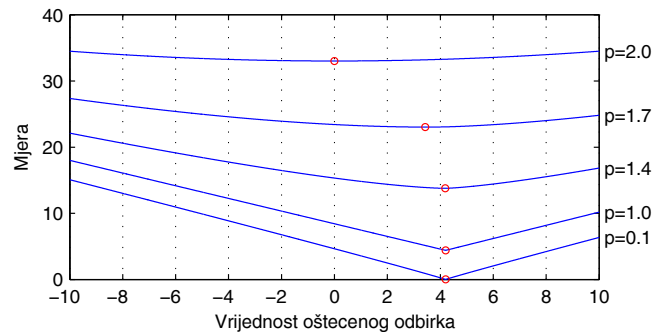
Ispitajmo ponašanje usvojene mjere za slučaj jednog oštećenog odbirka signala koji se sastoji od tri sinusoidalne komponente različitih amplituda i frekvencija:

$$x(n) = 2.5 \sin(2\pi f_1 n \Delta t) + 1.5 \cos(2\pi f_2 n \Delta t) + 0.4 \sin(2\pi f_3 n \Delta t), \quad (4)$$

pri čemu je $f_1 = 7$, $f_2 = 24$ i $f_3 = 45$, $\Delta t = 1/N$. Broj odbiraka signala je $N = 256$. Ispitali smo vrijednost mjere za slučaj varijacije vrijednosti amplitude oštećenog odbirka u opsegu $[-10 \ 10]$ sa korakom 0.01. Tačna vrijednost oštećenog odbirka je 4.2008, a odbirak se nalazi na poziciji $n = 83$. Kao što se vidi na slici 3, za vrijednost parametra $p = 1$, $p = 0.1$ i $p = 1.4$ mjera je imala najmanju vrijednost u slučaju kada je oštećeni odbirak uzeo vrijednost 4.20. Minimum mjere je na slici označen kružićem. Obzirom na usvojeni stepen tačnosti, ta vrijednost je najbliža tačnoj vrijednosti.

Korišćenja mjera za $p = 2$ predstavlja l_2 normu. U tom slučaju se minimum mjere dobija kada je vrijednost rekonstruisanog odbirka jednaka 0. To se objašnjava činjenicom da l_2 norma predstavlja energiju signala. Kao što znamo energija signala je manja što je vrijednost odbirka bliža 0.

U nastavku rada korišćena je mjera sa $p = 1$.



Slika 3. Ponašanje mjere za pretpostavljene vrijednosti odbirka, u slučaju jednog oštećenog odbirka, za različite vrijednosti parametra p .

4. ALGORITAM REKONSTRUKCIJE METODOM NAJBRŽEG SPUŠTANJA

U ovom dijelu rada ćemo objasniti algoritam koji ima za cilj da rekonstruiše nedostajuće odbirke signala. Pretpostavićemo da imamo više oštećenih odbiraka čije pozicije znamo, kao i da je poznat domen u kojem je dati signal *sparse*.

Posmatrajmo signal definisan sa (4). Ovaj signal ima *sparse* prezentaciju u DFT domenu ($T \rightarrow DFT$). Formirajmo sada signal $y^{(0)}(n)$ koji na mjestima oštećenih odbiraka ima vrijednost 0, a na ostalim mjestima je jednak originalnom signalu (4). Pretpostavimo da je odbirak u trenutku n_i oštećen, $x(n_i) \neq y^{(0)}(n_i)$. Dalje, sprovićemo

analizu oštećenih odbiraka signala $y^{(k)}(n)$, gdje k predstavlja broj iteracije. Za svaki oštećeni odbirak, u iteraciji k ($k = 0, 1, 2, \dots$), formiramo dva signala:

$$y_1^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) + \Delta & \text{za } n = n_i \\ y^{(k)}(n) & \text{za } n \neq n_i \end{cases}, \quad (5)$$

$$y_2^{(k)}(n) = \begin{cases} y^{(k)}(n) - \Delta & \text{za } n = n_i \\ y^{(k)}(n) & \text{za } n \neq n_i \end{cases}, \quad (6)$$

gdje je Δ konstanta kojom želimo ispitati da li oštećeni odbirak signala $y^{(k)}(n)$ na poziciji n_i treba povećati ili smanjiti. Zatim procijenimo izvod mjere za poziciju n_i po formuli:

$$g = \frac{\mu[y_1^{(k)}] - \mu[y_2^{(k)}]}{2\Delta}, \quad (7)$$

pri čemu je mjera μ definisana sa (3), za vrijednost $p = 1$. Izvod mjere nam govori koliko je odbirak na poziciji n_i oštećen. Što je vrijednost tog odbirka više oštećena to je vrijednost izvoda u toj tački veća.

Identična procedura se provodi za svaki oštećeni odbirak. Na taj način formiramo vektor G dužine N (gradijent). Na mjestima oštećenih odbiraka ovaj vektor ima vrijednost izračunatu po formuli (7), dok na ostalima mjestima vrijednost postavimo na 0.

Imjući u vidu oblik krive sa slike 3, za slučaj kada je $p = 1$, zaključujemo da promjenu vrijednosti odbiraka treba vršiti u smjeru suprotnom od smjera izvoda izračunatog sa (7). Stoga se korekcija vrijednosti oštećenih odbiraka vrši formulom:

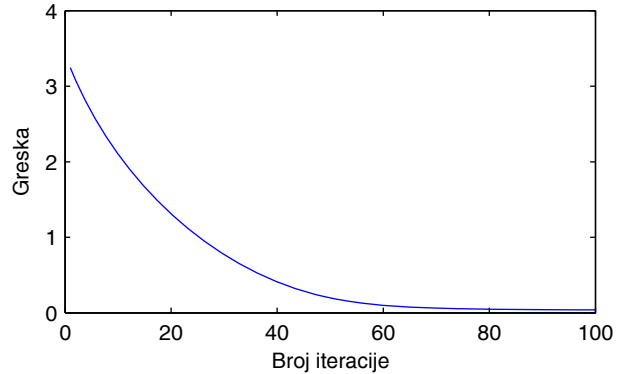
$$y^{(k+1)} = y^{(k)} - \alpha * G, \quad (8)$$

pri čemu je α konstanta od koje zavise performanse algoritma (brzina konvergencije i greška). Ponavljajući ovaj postupak iterativno ($k = 1, 2, \dots$) oštećeni odbirci će konvergirati ka tačnim vrijednostima. Ponašanje srednje kvadratne greške rekonstruisanog signala prikazano je na slici 4. Promjenama konstanti α i Δ , kao što je već rečeno, možemo uticati na grešku, a samim tim i na performanse samog algoritma.

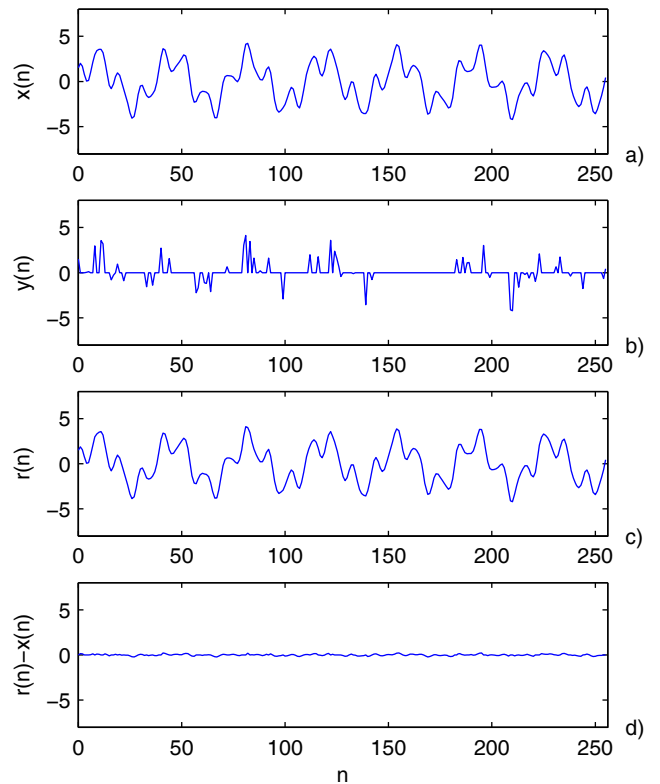
5. SIMULACIJE

Na slici 5 je predstavljen rezultat rekonstrukcije signala datog sa (4), pri čemu su pojedini odbirci istog bili oštećeni. Na slici pod a) prikazan je originalni signal. Pod b) se nalazi oštećeni signal, pri čemu su oštećene (nepoznate) vrijednosti postavljene na 0. Oštećeno je 200 odbiraka signala dužine 256. Primjenivši ranije opisani algoritam došli smo do rekonstruisanog signala prikazanog na slici pod c), dok je na slici pod d) prikazana greška rekonstruisanog signala. Kao što

se i vidi sa slike greška je zanemarljivo mala. Prilikom realizacije algoritma, korišćene su vrijednosti konstanti $\nabla = 2$ i $\alpha = 3$.



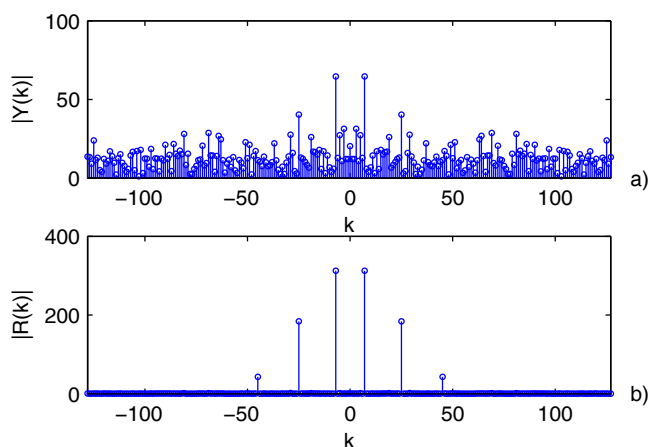
Slika 4. MSE rekonstruisanog signala



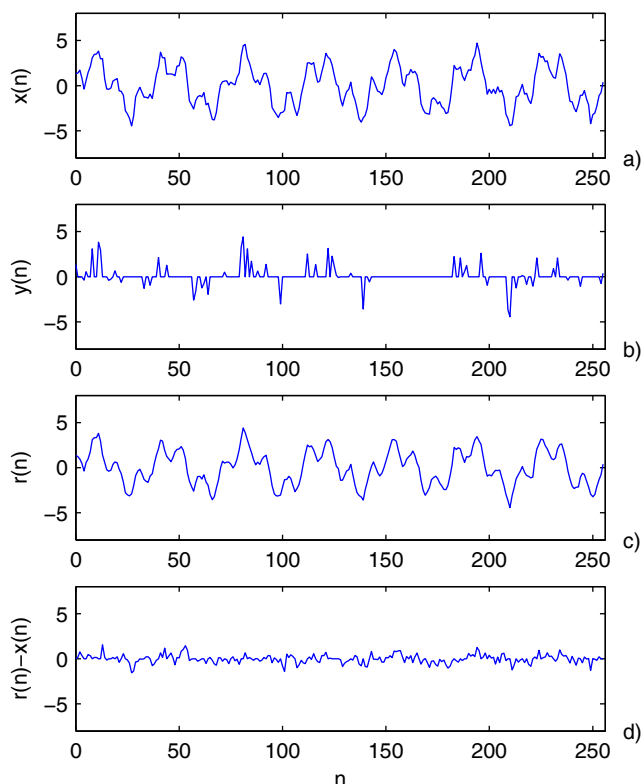
Slika 5. Simulacija rekonstrukcije: a) Originalni signal; b) Oštećeni signal; c) Rekonstruisani signal d) Greška

Na slici 6 su prikazani *sparse* domeni (DFT) signala prije i poslije primjene algoritma rekonstrukcije. Kao što se vidi na slici pod a), za slučaj oštećenog signala se ne mogu jasno uočiti svi koeficijenti koji pripadaju originalnom signalu. Nakon rekonstrukcije, kao što se vidi na slici pod b), *sparse* koeficijenti se lako uočavaju.

Performanse algoritma su testirane i u uslovima bijelog šuma, pri čemu je SNR=15dB. Rezultati su prikazani na slici 7. Možemo primijetiti da je rekonstrukcija uspješno izvršena i u ovom slučaju. Greška rekonstrukcije je očekivano veća nego u slučaju bez šuma.



Slika 6. *Sparse* domeni: a) Oštećeni signal; b) Rekonstruisani signal



Slika 7. Simulacija rekonstrukcije u prisustvu šuma (SNR=15dB): a) Originalni signal; b) Oštećeni signal; c) Rekonstruisani signal d) Greška

6. ZAKLJUČAK

U radu smo analizirali uticaj oštećenih odbiraka na *sparse* domen signala. Pokazano je da se mjere koncentracije mogu koristiti pri rekonstrukcije oštećenih odbiraka signala.

Predstavljen je iterativni algoritam, zasnovan na metodu najbržeg spuštanja, koji vrši rekonstrukciju oštećenih odbiraka, pod uslovom da znamo domen u kojem je dati signal *sparse*, kao i pozicije oštećenih odbiraka. Performanse algoritma ispitane su na primjeru signala kod kojeg je približno 80% odbiraka bilo oštećeno.

Kao jedan od narednih koraka u unapređenju pomenutog algoritma, moglo bi se ispitati ponašanje algoritma (brzina konvergencije i greška) za različite vrijednosti parametara α i Δ , koje su u ovom radu određene empirijski. Korišćenje neke druge mjere koncentracije signala u *sparse* domenu bi takođe u nekim slučajevima moglo dovesti do boljih rezultata.

LITERATURA

- [1] D. Donoho, "Denoising by soft thresholding", IEEE Trans, on Inform. Theory, vol. 41, pp. 613-627, Maj 1995.
- [2] D. Donoho i J. Johnstone, "Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage", Biometrika, vol. 81, pp. 425-455, Septembar 1994.
- [3] Z. Uskoković, Lj. Stanković, I. Đurović, *Matlab for Windows*, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 1998.
- [4] Lj. Stanković, M. Daković, T. Thayaparan, *Time-Frequency Signal Analysis with Applications*, Artech House, 2013
- [5] Lj. Stanković, *Digitalna obrada signala*, Naučna knjiga, Beograd 1990.
- [6] S. Stanković, I. Orović, E. Sejdić: *Multimedia Signals and Systems*, Springer, 2012.
- [7] M. F. Duarte, *Compressive Sensing for Signal Ensembles*, unpublished thesis (Phd), Rice university, Houston Texas, Jul 2009.
- [8] Lj. Stanković, "A measure of some time--frequency distributions concentration", Signal Processing, vol. 81, pp. 621-631, 2001

КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ИНДУСТРИЈСКИХ ПРОЦЕСА У ЗАТВОРЕНОЈ СПРЕЗИ ПРИМЈЕНОМ МОДИФИКОВАНОГ РЕЛЕЈНОГ ЕКСПЕРИМЕНТА И ФАЗНО ЗАКЉУЧАНЕ ПЕТЉЕ CHARACTERISATION OF INDUSTRIAL PROCESSES IN CLOSED LOOP USING MODIFIED RELAY EXPERIMENT AND PLL METHOD

Петар М. Радуловић, *Институт Михајло Пупин*
Матија М. Тадић, *SIEMENS Београд*

Садржај: У овом раду ће бити анализирани методе које се користе за ефикасну идентификацију широке класе индустријских процеса. Поређења на моделима процеса су извршена примјеном фазно закључане петље (PLL) и модификованог релејног експеримента (MR). Извршена је процјена критичног појачања, критичне учестаности и угла тангенте на Никвистову криву у критичној тачки. У раду су дате теоретске основе наведених метода, као и резултати нумеричких симулација.

Abstract: In this paper two methods that are used in characterisation of wide range of industrial processes are compared. They are based on modified relay experiment and phase locked loop (PLL) and were tested on models of common industrial processes. Ultimate gain, ultimate frequency, the angle of tangent line of Nyquist curve at ultimate frequency and gain A_0 were estimated. In addition to theoretical basis, this paper contains simulation results of the described techniques.

1. УВОД

Перформансе регулационог система у највећој мјери зависе од познавања одговарајућег модела процеса и примјењеног регулатора. Традиционалне методе идентификације се заснивају на перзистентној екситацији система и примјени различитих (параметарских или непараметарских) техника описивања процеса. Модерне методе се заснивају на претпоставци да се за велики број индустријских процеса задовољавајући резултати могу постићи и без познавања комплетне динамике система, те да је довољно процијенити одређен број параметара као што су критична учестаност ω_u , критично појачање k_u , угао тангенте φ на Никвистову криву у критичној тачки и амплитуда основног хармоника устаљених осцилација A_0 .

Поуздане процјене критичне учестаности ω_u и критичног појачања k_u система $G_p(s)$ представљају важне информације у циљу динамичке карактеризације процеса и подешавања параметара регулатора. Ово су први уочили Зиглер и Николс (Ziegler-Nichols) 1942. Године [1], а унапрјеђење њихове методе дали су Острем и Хеглунд (Åström и Hägglund) 1984. године [2]. Ова модификација је позната као конвенционални релејни експеримент (КР), тј. метод генерисања стабилних осцилација. Фактори који утичу на тачност процјене ω_u и k_u применом КР су: недовољно исфилтрирани виши хармоници од стране процеса, присуство поремећаја оптерећења d и мерног шума n . Утицај неисфилтрираних виших хармоника на тачност ω_u и k_u је отклоњен у [3] примјеном модификованог релеја (МР). Сви наведени недостатци који утичу на тачност процјене ω_u и k_u су отклоњени примјеном адаптивног филтра АФ типа пропусника опсега [4],[5]. Модификације осим ових

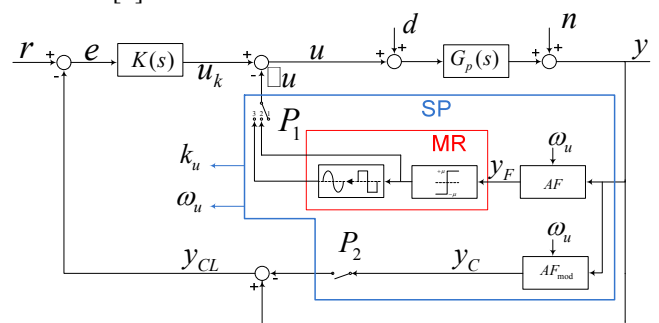
побољшања омогућавају и процјену амплитудске и фазне карактеристике у било којој тачки Никвистове криве.

Један од основних захтјева данашње индустријске аутоматике у процесу идентификације неког система је да се том приликом не прекидају основне функције погона, као и да се минимизирају неопходна одступања излазног сигнала од номиналног режима рада. То је главни разлог за додатну модификацију релејног експеримента како би он могао да се примјењује док је систем у затвореној спрези са контролером.

У овом раду су анализирани модификовани релејни експеримент са АФ и метод фазно закључане петље (PLL) са АФ. Оба система за идентификацију су реализована у затвореној спрези.

2. АНАЛИЗА

На слици 1. је приказана измијењена шема модификованог релејног експеримента у затвореној петљи из [6]:



Слика 1. Основна шема модификованог релејног експеримента

Процедура примјене овог система је следећа:

- 1) Процес се контролером $K(s)$ се налази у радном режиму. Прекидач P_1 је у првој позицији, а прекидач P_2 је искључен.
- 2) Прекидач P_1 прелази у другу позицију. На номинално управљање се додаје поворка правоугаоних импулса на коју систем реагује сложено-периодичним осцилацијама. Контролер на свом улазу види периодичну грешку у праћењу референце. Врши се прва груба процјена критичне учестаности. Након конвергирања процијењених параметара прелази се на трећи корак.
- 3) Прекидач P_2 се укључује и од излазног сигнала се одузима садржај његовог спектра на процијењеној критичној учестаности. При издвајању овог дијела сигнала користе се адаптивни филтри објашњени у [4],[5]. Резултат одузимања тако добијеног сигнала од излаза система је сигнал y_{CL} који скоро у потпуности елиминира грешку коју види контролер, спречавајући тиме уношење додатног поремећаја у осцилације управљања, као што је објашњено у [6]. Овим се добија боља процјена критичне учестаности и након њене задовољавајуће конвергенције прелазимо на следећи корак.
- 4) Прекидач P_1 прелази у стање 3, поворка правоугаоних импулса се пропушта кроз блок који из ње издваја само први хармоник Фуријеовог реда и на излазу даје простопериодичан сигнал исте учестаности. Овако добијени сигнал додаје се на номинално управљање. Као резултат добијамо прецизну процјену ω_u . У том режиму сигнали у шеми имају облик:

$$e(t) \approx r(t) - y_{nom} \quad (1)$$

$$y_F \approx y_C = -\sin(\omega_u t) \quad (2)$$

$$y_{CL} \approx y_{nom} \quad (3)$$

$$u(t) = u_{nom} + \sin(\omega_u t) \quad (4)$$

$$y(t) = y_{nom} - \sin(\omega_u t) \quad (5)$$

- 5) За тако заосциловани систем рачунамо количник амплитуда улазне и излазне осцилације, тј. амплитуда сигнала Δu и y_F добијамо:

$$k_u = \frac{1}{|G_p(i\omega_u)|} \quad (6)$$

- 6) Поступак понављамо са управљачким сигналом помјереним за $\phi = \pm\pi/36$, тј.

$$u(t) = u_{nom} - \sin(\omega_u t \pm \phi) \quad (7)$$

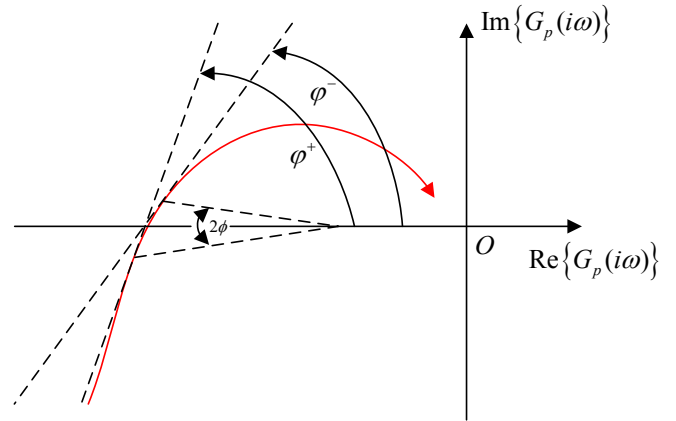
$$y(t) = y_{nom} - \sin(\omega_u t - \pi \pm \phi) \quad (8)$$

као што је предложено у [4] и добијамо процјене вриједности за ω_u^\pm и k_u^\pm на основу којих рачунамо угао ϕ тангенте Никвистове криве у критичној учестаности и појачање A_0 :

$$\phi^\pm = \arctan\left(\frac{\rho^\pm \sin(\pm\phi)}{\rho^\pm \cos(\pm\phi) - 1}\right), \phi = \frac{\phi^+ + \phi^-}{2} \quad (9)$$

$$A_0^\pm = \frac{2|\omega_u - \omega_u^\pm|}{\sqrt{1 - 2\rho^\pm \cos(\pm\phi) + (\rho^\pm)^2}}, A_0 = \frac{A_0^+ + A_0^-}{2} \quad (10)$$

$$0 < \phi^\pm < 2\pi, \rho^\pm = \frac{k_u}{k_u^\pm} \quad (11)$$



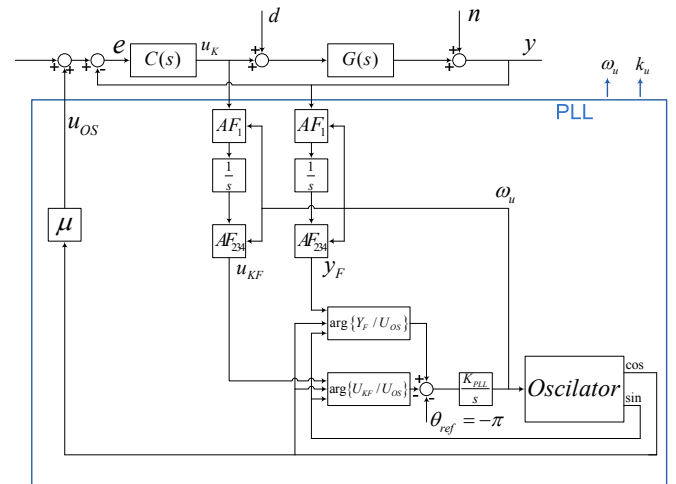
Слика 2. Процјена параметра ϕ на основу двије тангенте на Никвистову криву

Тачне вриједности параметара A_0 и ϕ за познато $G_p(i\omega)$ се могу добити из [7] и [8]:

$$A_0 = \frac{2}{k_u} \left| \frac{\partial G_p(i\omega)}{\partial \omega} \right|_{\omega=\omega_u}^{-1} \quad (12)$$

$$\phi = \arg \left\{ \frac{\partial \operatorname{Re}\{G_p(i\omega)\}}{\partial \omega} + i \frac{\partial \operatorname{Im}\{G_p(i\omega)\}}{\partial \omega} \right\}_{\omega=\omega_u} \quad (13)$$

На слици 3. приказана је шема на основу које је извршена карактеризација процеса коришћењем фазно закључане петље (PLL) у затвореној регулационој контури.



Слика 3. Основна шема модификованог PLL експеримента

Реализација PLL методе ослања се на решење предложено у [8]. Оно је значајно једноставније од решења датог у [9],[10] које за елиминацију утицаја мјерног шума користи Калманов филтар, а за елиминацију утицаја поремећаја управљачког сигнала користи посебну технику усредњавања. Сходно томе, PLL метода коришћена у овом раду садржи унапређење у виду АФ филтра са редно везаним интегратором, што омогућава значајно више потискивање и мјерног шума и поремећаја на улазу у систем, а осим тога, повећана је и робусност идентификације процеса и проширена практична примјена PLL концепта.

Релације на којима је заснован PLL концепт карактеризације у затвореној спрези са укљученим филтром дате су изразима (14) и (15).

$$\arg \left\{ \frac{Y_F(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\} - \arg \left\{ \frac{U_{KF}(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\} = \arg \{G(i\omega)\} \quad (14)$$

$$\left| \frac{Y_F(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right| \div \left| \frac{U_{KF}(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right| = |G(i\omega)| \quad (15)$$

Критично појачање k_u на основу (15) се директно добија из односа основних хармоника Фуријеовог развоја излазних сигнала u_{KF} и u_F .

$$k_u = \frac{A_{KF}}{A_{1F}} \quad (16)$$

PLL концепт идентификације базиран је на довођењу система у осцилаторно стање, тако што се систему који ради у затвореној спрези као референца просљеђује вриједност на коју је суперпониран простопериодични сигнал "мале" амплитуде чија је учестаност једнака критичној учестаности система. Управљачки сигнал се доводи на улаз адаптивног филтра, па потом интегрални. Такав сигнал доводи се на каскадну везу адаптивних филтара која представља ускопојасни пропусник опсега у циљу потискивања свих хармоника осим основног $\omega = \omega_u$. Такође, на овај начин извршено је потискивање високофреквентног шума и поремећаја. Аналогно управљачком сигналу, иста процедура врши се и са сигналом на излазу из система. Потом се уз помоћ сигнала из осцилатора одређују $\arg \left\{ \frac{Y_F(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\}$ и $\arg \left\{ \frac{U_{KF}(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\}$, те израчунава $\arg \{G(i\omega)\}$ сходно изразу (14). Од тако одређеног $\arg \{G(i\omega)\}$ одузима се задата вриједност $\theta_{ref} = -\pi$ и доводи се на улаз регулатора k_{PLL}/s у циљу одређивања ω_u . Параметар k_{PLL} зависи од тестираног процеса $G_p(s)$ и утиче на брзину конвергенције.

Да би се уз помоћ PLL концепта израчунали угао тангенте φ на Никвистову криву у критичној учестаности и појачање A_0 , потребно је поставити $\theta_{ref} = -\pi \pm \pi/36$.

На тај начин могуће је одредити ω_u^\pm и k_u^\pm на основу којих се према изразима (9) - (11) рачунају φ и A_0 .

3. СИМУЛАЦИОНИ РЕЗУЛТАТИ

У сврху тестирања и поређења описаних метода пројектовани су оригинални алгоритми за симулацију релејног и PLL експеримента. У табели 1. су приказани резултати добијени симулацијом на седам репрезентата типичних динамичких карактеристика индустријских процеса са функцијама преноса:

$$G_{p1}(s) = \frac{10}{(s+1)(0.7s+1)(0.2s+1)}$$

$$G_{p2}(s) = \frac{1}{(s+1)^4}, G_{p3}(s) = \frac{e^{-5s}}{(s+1)^3}$$

$$G_{p4}(s) = \frac{1-0.8s}{(s+1)^3}, G_{p5}(s) = \frac{(s+0.2)e^{-0.5s}}{s^2+s+1}$$

$$G_{p6}(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}, G_{p7}(s) = \frac{4e^{-2s}}{4s-1}$$

Посматрањем добијених резултата можемо закључити да се примјеном модификованог релејног експеримента добијају процијене вриједности параметара од интереса приближно једнаке оним добијеним коришћењем модификоване PLL методе. Обје методе дају практично тачне вриједности жељених параметара.

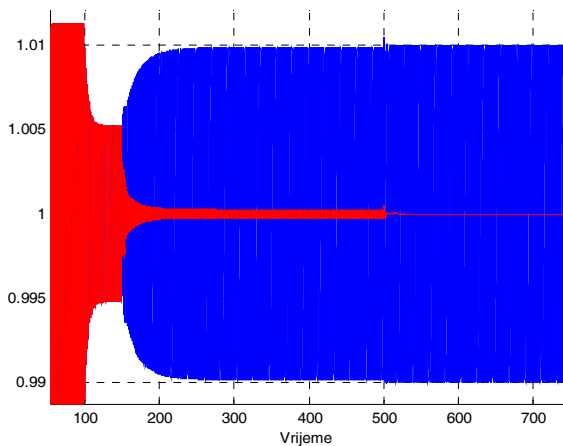
На слици 4. приказани су ефекти примјене адаптивних филтара. Плавом бојом представљен је временски облик излаза система (сигнал y) док је црвеном означен сигнал u_{CL} који се просљеђује контролеру. На слици се могу видјети промјене сигнала u_{CL} када се у $t_1=200s$ од излаза почну одузимати садржаји његовог спектра на процијеној критичној учестаности. У $t_2=500s$ је уочљиво побољшање које уноси квалитетнија процјена ω_u модификованог релејног експеримента. На слици 5. се могу видјети тренутне процјене параметра ω_u модификованим релејним и PLL експериментом у присуству мјерог шума варијансе $\sigma_n^2=10^{-5}$.

ПРОЦЕСИ	ω_u			k_u			φ			A_0		
	Тачно	PLL	MP	Тачно	PLL	MP	Тачно	PLL	MP	Тачно	PLL	MP
$G_{p1}(s)$	3.6840	3.6839	3.6839	1.3110	1.3114	1.3114	0.4603	0.4616	0.4616	3.0680	3.0954	3.0954
$G_{p2}(s)$	1.0000	1.0000	1.0000	4.0000	4.0000	4.0000	0.7855	0.7860	0.7860	0.7070	0.7090	0.7090
$G_{p3}(s)$	0.4000	0.4000	0.4000	1.2490	1.2500	1.2494	1.4350	1.4352	1.4353	0.2614	0.2613	0.2613
$G_{p4}(s)$	1.0570	1.0572	1.0572	2.3530	2.3529	2.3529	1.0410	1.0411	1.0411	0.9162	0.9182	0.9182
$G_{p5}(s)$	3.6130	3.6136	3.6134	3.4780	3.4917	3.4783	1.0940	1.0940	1.0932	3.0960	3.1028	3.0971
$G_{p6}(s)$	0.5770	0.5774	0.5774	0.8890	0.8889	0.8889	0.6380	0.6391	0.6411	0.5292	0.5312	0.5282
$G_{p7}(s)$	0.5830	0.5827	0.5828	0.6340	0.6345	0.6342	0.7600	0.7562	0.7528	1.0010	0.9973	0.9855

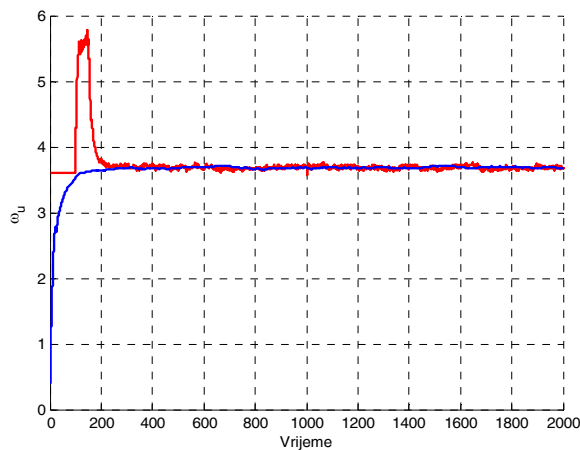
Табела 1. Резултати симулације модификованог релејног и PLL метода без присуства мјерог шума

ПРОЦЕСИ	ω_u			k_u		
	Тачно	PLL	MP	Тачно	PLL	MP
$G_{p1}(s)$	3.6840	3.6942	3.6827	1.3110	1.3185	1.3092
$G_{p2}(s)$	1.0000	1.0010	0.9998	4.0000	3.9862	3.9821
$G_{p3}(s)$	0.4000	0.4005	0.4002	1.2490	1.2389	1.2478
$G_{p4}(s)$	1.0570	1.0607	1.0567	2.3530	2.3885	2.3477
$G_{p5}(s)$	3.6130	3.6227	3.6176	3.4780	3.4608	3.4765
$G_{p6}(s)$	0.5770	0.5745	0.5777	0.8890	0.8817	0.8912
$G_{p7}(s)$	0.5830	0.5819	0.5827	0.6340	0.6322	0.6360

Табела 2. Резултати симулације модификованог релејног и PLL експеримента уз присуство мјерног шума варијансе $\sigma_n^2=10^{-5}$



Слика 4. Илустрација примјене адаптивних филтара



Слика 5. Процјена параметра ω_u модификованим релејним (црвена боја) и PLL (плава боја) методом

4. ЗАКЉУЧАК

Предложена реализација модификованог релејног експеримента у затвореној спрузи показала се изузетно ефикасном у карактеризацији широке класе индустријских процеса. Упоредном анализом овог метода и модификованог PLL експеримента може се

закључити да обје методе дају резултате приближно једнаке стварним вриједностима параметара посматраних процеса. Такође се може примјетити да модификовани релејни експеримент има предност у потискивању мјерног шума и карактеризацији процеса са нелинеарним регулатором [6], док PLL концепт ефикасније савладава поремећај управљачког сигнала. У случају извршавања симулација без присуства поремећаја и шума мјерења, обје методе имају занемарљиву грешку процјене параметара, чиме се потврђују теоријски принципи од којих се пошло у реализацију система за карактеризацију.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутори желе да се захвале свом професору и ментору др Томиславу Шекари на помоћи приликом израде овог рада.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. G. Ziegler, N. B. Nichols, *Optimum settings for automatic controllers*, Trans. ASME, vol. 64, pp. 759-765, 1942.
- [2] K. J. Aström, T. Hägglund, *Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins*, Automatica, vol. 20, pp. 645-651, 1984.
- [3] T. H. Lee, Q. G. Wang, K. K. Tan, *A Modified Relay-Based Technique for Improved Critical Point Estimation in Process Control*, IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 3, no. 3, pp 330-337, September 1995.
- [4] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, *Uпоредна analiza релејног експеримента и fazно zaključane petlje za određivanje kritične učestanosti i kritičnog pojačanja procesa*, Infoteh-Jahorina, vol. 9, ref. A-2, pp. 13-16, March 2010.
- [5] T.B. Šekara, M.R. Mataušek, *Comparative analysis of the relay and phase-locked loop experiment used to determine ultimate frequency and ultimate gain*, Electronics, vol. 14, no. 2, December 2010.
- [6] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, *Relay-based critical point estimation of a process with the PID controller in the loop*, Automatica 47, pp. 1084–1088, 2011.
- [7] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, *Revisiting the Ziegler-Nichols process dynamics characterization*, Journal of Process Control 20, pp. 360-363, 2010.
- [8] T. B. Šekara, M. R. Mataušek, *Robusna identifikacija procesa primjenom fazno zaključane petlje*, Infoteh-Jahorina, vol. 10, ref. A-4, pp. 18-21, March 2011.
- [9] J. Crowe, M. A. Johnson, *Process identifier and its application to industrial control*, IEE Proc. Control Theory Appl., vol. 147, pp. 196-204, 2000.
- [10] D. W. Clarke, J. W. Park, *Phase-locked loops for plant tuning and monitoring*, IEE Proc. Control Theory Appl., vol. 150, pp. 155-169, 2003.

RAZVOJ ALUMINIJSKIH STUBOVA DALEKOVODA OD IDEJE DO MONTAŽE POMOĆU BIM SOFTVERSKIH RIJEŠENJA DEVELOPING OF ALUMINIUM TOWERS FOR OVERHEAD ELECTRICAL LINES FROM IDEA TO FINAL ERECTION WITH A HELP OF BIM SOFTWARE SOLUTION

Milovan Radulović, Jadranka Radović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*
Đorđe Đuričić, *Visoka poslovno-tehnička škola strukovnih studija u Užicu*
Biljana Šćepanović, Goran Pavlović, Duško Lučić, *Građevinski fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj: *Aluminijski stubovi elektroenergetskih vodova su vrlo aktuelni zbog niza prednosti koje aluminijum kao konstruktivni materijal ima u odnosu na čelik. Na Univerzitetu Crne Gore je u toku projekat, u kome se razvija novi tip stuba dalekovoda. Konstrukcija stuba se analizira sa više aspekata i primjenjuju se najsavremenija saznanja iz oblasti metalurgije, elektrotehnike, građevinarstva i mašinstva. Ciljevi projekta su široko postavljeni, od inovacije racionalne konstrukcije stuba do implementacije propisa vezanih za projektovanje elektroenergetskih vodova i usaglašavanja sa evropskim standardima iz ove oblasti.*

U ovom radu daje se prikaz postupka projektovanja jednog aluminijskog stuba 110 kV dalekovoda. Softverski sistemi zasnovani na Building Information Modelling (BIM) rješenju su moćno oružje koje pokriva cio proces od ideje, preko projektovanja konstrukcije, izrade radioničkih crteža, proizvodnje konstrukcije, pa do montaže samoga stuba. Na ovaj način produktivnost i efikasnost svake od faza je znatno unaprijeđena.

Abstract: *Aluminium towers for overhead electrical lines are state-of-the-art in modern structural design due to many advantages of aluminium as structural material in comparison with steel. Research project in developing a new type of aluminium tower has been launched at the University of Montenegro. The tower structure is analysed concerning many fields such as: metallurgy, electrical, structural and mechanical engineering. Aims of the project are quite wide from innovation of rational tower structure to implementation of European codes of practice for overhead electrical lines.*

In this paper the designing procedure of an aluminium tower for 110 kV overhead electrical line is presented. Powerful software systems based on Building Information Modelling (BIM) solution cover the entire structural design process from conceptual design to detailing, fabrication and construction. In this way productivity and efficiency of each project phase is improved.

1. UVOD

Aluminijski stubovi elektroenergetskih vodova su vrlo aktuelni zbog niza prednosti koje aluminijum kao konstruktivni materijal ima u odnosu na čelik. U ovom radu daje se prikaz postupka projektovanja aluminijskog stuba 110 kV dalekovoda. Da bi se došlo do racionalne konstrukcije stuba, konkurentne na tržištu, potrebno je uraditi više analiza i razviti ideju od faze koncepta do proizvodnje stuba. Osnovni zadatak je nadomjestiti najznačajnije mane aluminijuma u odnosu na čelik, a to su znatno veća cijena materijala i oko tri puta manji moduo elastičnosti. Radi postizanja ovog cilja potrebno je vrlo pažljivo odabrati leguru aluminijuma, odabrati prave poprečne presjeka elemenata stuba, racionalno riješiti geometriju stuba, zatim racionalno riješiti veze između elemenata stuba međusobno, kao i vezu stuba sa temeljnom konstrukcijom. Na kraju treba predložiti efikasan sistem montaže. Opterećenja koja djeluju na stub su vezana za propise koji su u našoj zemlji vrlo anahroni u odnosu na savremene evropske propise. Iz tog razloga će u ovom radu težište biti dato na analizi opterećenja.

Stubovi dalekovoda su dio nadzemnih elektroenergetskih vodova. Nadzemni elektroenergetski vod je skup svih dijelova koji služe za nadzemno vođenje provodnika koji prenose i razvode električnu energiju, kojim su obuhvaćeni pored stubova i provodnici, zatezna užad, izolatori i uzemljenje. U okviru EES CG najrazvijenija je 110 kV mreža, sa značajnim razvojnim opredeljenjima u smislu rekonstrukcija postojećih i izgradnje novih 110 kV dalekovoda. Mreže ovog naponskog nivoa veoma su razvijene i u okviru EES susjednih zemalja i mnogih zemalja Evrope. Upravo ovo je bio odlučujući faktor za izbor ovog stuba u daljoj razradi u projektu.

2. ELEMENTI STUBA

Stub je konstrukcija koja nosi izolatore, provodnike i zaštitnu užad. Stubovi osiguravaju provodnicima odgovarajuću visinu nad tlom, uz obezbjeđen sigurnosni razmak između faznih provodnika međusobno i između faznih provodnika i zaštitnog užeta. Opterećeni su mehanički. Dvije su osnovne vrste stubova: zatezni stub i noseći (nosni) stub. Zatezni stub je stub koji služi za zatezanje i pričvršćivanje

provodnika. Kod zateznih stubova naprezanje provodnika, odnosno zaštitne užadi, ne mora biti jednako u oba raspona. Noseći (nosni) stub je stub koji nosi provodnike (Slika 1). Provodnici na nosećim stubovima su ovješeni. Noseći stubovi se, po pravilu, postavljaju samo u pravolinijskim dijelima trase.



Slika 1. Noseći stub

U okviru jednog dalekovoda, uobičajeno dominira broj nosećih stubova. S obzirom na funkciju i sile koje na njih djeluju, oni su konstruktivno jednostavniji, sa manjim utroškom materijala i manjom cijenom u odnosu na značajno robusnije zatezne stubove. U daljoj analizi tretiraće se noseći stubovi.

Na svakom stubu, uočavaju se tri dijela: glava stuba, tijelo stuba i temelji. Glava stuba ima konzole (najmanje tri za svaki fazni provodnik po jedna) na koje se vezuju izolatorski lanci koji nose (zatežu) provodnike. Konstruktivnoj izvedbi glave stuba posvećuje se posebna pažnja, jer se njome osiguravaju potrebne udaljenosti između provodnika pojedinih faza, između provodnika i zaštitnog (ih) užeta (adi), kao i između provodnika i tijela stuba, a takođe i obezbjeđuje zaštitna zona za sve fazne provodnike. Tijelo stuba je osnovna noseća konstrukcija, kojom između ostalog treba da se obezbijedi i potrebna visina provodnika iznad tla, odnosno iznad objekata na tlu. Temelji osiguravaju statičku stabilnost cijelog objekta i prenose sile sa stuba u tlo, a izvedbe mogu biti veoma različite.

3. PRORAČUN STUBOVA

Za proračun sila na stubu, neophodno je poznavati karakteristike elemenata (provodnika, zaštitnog užeta i izolatora), geometriju stuba, klimatske uslove kao i položaj stuba duž trase, odnosno vrijednosti srednjeg i gravitacionog raspona za koje se stub izvodi. U našim uslovima, osnovni dokument za proračun je Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV [1], [2]. Međutim u ovom projektu analizira se i savremena evropska regulativa [3], [4], [5] i sa aspekta upoređivanja rezultata primjene oba

standarda i sa aspekta preuzimanja evropskih propisa u našu praksu. Pored propisa vezanih za elektroenergetske vodove, treba respektovati i sve propise vezane za projektovanje i građenje građevinskih konstrukcija, EUROCODES standarde [6], [7], [8], [9].

Osnovni klimatski parametri za proračun opterećena stubova dalekovoda su: dodatni teret i vjetar.

Dodatni teret je opterećenje provodnika injem, ledom ili snijegom, koje djeluje vertikalno naniže isto kao i opterećenja provodnika, zaštitnog užeta, izolatora i ovjesne opreme.

Prema Pravilniku [1], dodatni teret se pojavljuje pri temperaturi ambijenta -5°C , a njegova vrijednost po jedinici dužine provodnika ili zaštitnog užeta se računa preko izraza (1):

$$g_{\Delta} [daN/m] = k_z 0,18 \sqrt{d} \quad (1),$$

gdje su:

- k_z - koeficijent zaleđenja, sa vrijednostima: 1, 1.6, 2.5 i 4, zavisno od klimatske zone kojom vod prolazi;
- $d [mm]$ - prečnik provodnika (faznih užadi) ili prečnik zaštitnog užeta.

Provodnici, zaštitna užad, izolatorska oprema, kao i stubovi nadzemnih elektroenergetskih vodova su izloženi djelovanju vjetra. Opterećenje od vjetra povećava naprezanje elemenata i sile koje djeluju na stub. Opterećenje (sila) od vjetra na provodnike računa se po obrascu:

$$F_v [daN] = A q_v c \sin \alpha \quad (2),$$

gdje su:

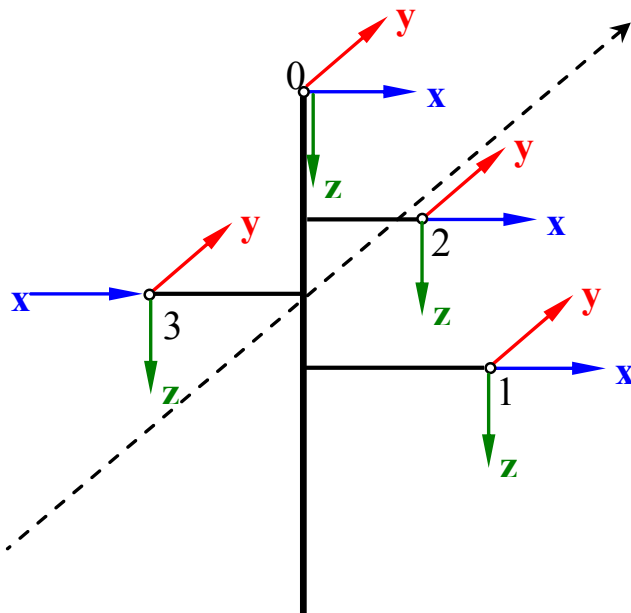
- $A [m^2]$ - površina objekta na koju vjetar djeluje,
- $q_v [daN/m^2]$ - pritisak vjetra,
- c - koeficijent dejstva vjetra, za provodnike,
- α - napadni ugao sile vjetra na površinu dejstva.

Dejstvo vjetra u izuzetnim slučajevima, kao npr. na zaleđene provodnike, može imati veliki uticaj na opterećenje, kako provodnika tako i stubova dalekovoda. Prema važećim propisima, provodnici i stubovi se ne proračunavaju na slučaj istovremenog djelovanja vjetra i dodatnog tereta. Međutim, podaci sa terena pokazuju da su uravo ti klimatski uslovi najčešći uzrok oštećenja stubova i da su ujedno ta oštećenja najveća. Istovremeno, uočava se i u našim uslovima sve češća pojava upravo takvih vremenskih neprilika pri kojima imamo istovremeno pojavu dodatnog tereta, odnosno zaleđenja provodnika i djelovanje vjetra. Pravilno rješenje problema uvažavanja jednovremenog opterećenja od vjetra i dodatnog tereta traži mnogo iskustva u ovoj oblasti, adekvatne klimatske podatke, kao i kompletnu optimizacionu proceduru opravdanosti rješenja s obzirom na malu vjerovatnoću jednovremenosti same pojave i intenziteta klimatskih parametara u tim uslovima. Procedure za ovu vrstu opterećenja su jasno definisane u evropskoj regulativi.

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Na stubove dalekovoda djeluju sljedeće sile (Slika 2):

- **Vertikalne sile (OSA Z):** težina provodnika, težina izolatora (ima slučajeva kada ova sila djeluje prema gore - kod stubova u velikim udolinama, kad su susjedni stubovi na znatno višem nivou), težina pribora, težina zaštitne užadi, težina dodatnog tereta (uslijed taloženja snijega, leda iinja) i težina stuba,
- **Horizontalne sile (OSA Y):** U smjeru trase voda djeluju sile horizontalnog zatezanja provodnika. Kod nosećih stubova te sile se poništavaju u cjelosti. U poremećenom stanju (npr. pucanje jednog ili više provodnika) nastupaju horizontalna dodatna naprezanja u smjeru trase.
- **Horizontalne sile (OSA X):** Normalno na smjer trase voda djeluju sila vjetra na provodnike, zaštitnu užad i izolatore, kao i parcijalne sile dejstva vjetra na stub u smjeru X.



Slika 2. Smjerovi sile koje djeluju na stub

U tačkama 1, 2 i 3 djeluju sile od faznih provodnika sa izolatorskom opremom, a u tački 0 sile od zaštitnog užeta sa ovjesnom opremom.

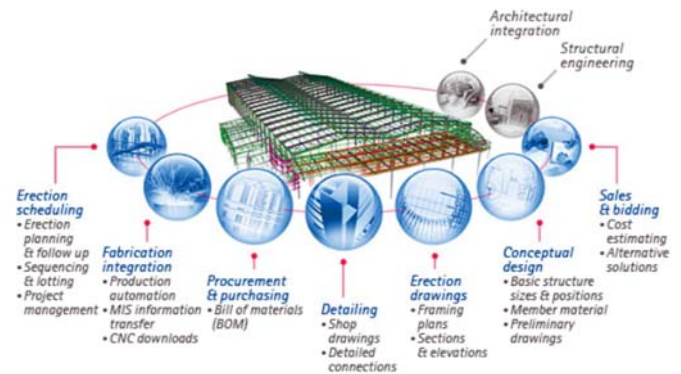
Stubovi moraju biti dimenzionisani tako da naprezanje materijala ne prekorači granicu dozvoljenog naprezanja ni u jednom slučaju opterećenja. Za proračun pojedinih dijelova stuba treba odabrati onaj slučaj opterećenja, koji prouzrokuje u raznim elementima stuba najveću silu u njemu, s tim što se pri tom ne uzima da normalna i vanredna opterećenja djeluju istovremeno.

Opterećenja stubova su podijeljena u dvije osnovne grupe: normalna i vanredna opterećenja. U normalna spadaju sva ona opterećenja, kojima su stubovi izloženi u normalnom pogonu, kad nema havarija na vodu. Vanredna opterećenja

mogu se pojaviti kad nastupi prekid jednog provodnika ili zaštitnog užeta ili kad dođe do prekida izolatorskog lanca.

5. PROJEKTOVANJE POMOĆU SAVREMENIH SOFTVERSKIH PAKETA

Savremeni softverski sistemi zasnovani na Building Information Modeling (BIM) rješenju (kao što je recimo Tekla Structures koji se često koristi u praksi) predstavljaju moćan alat koje pokriva cio proces od ideje, preko projektovanja konstrukcije, izrade radioničkih crteža, proizvodnje konstrukcije, pa do montaže samoga stuba. Na ovaj način produktivnost i efikasnost svake od faza je znatno unaprijeđena (Slika 3).

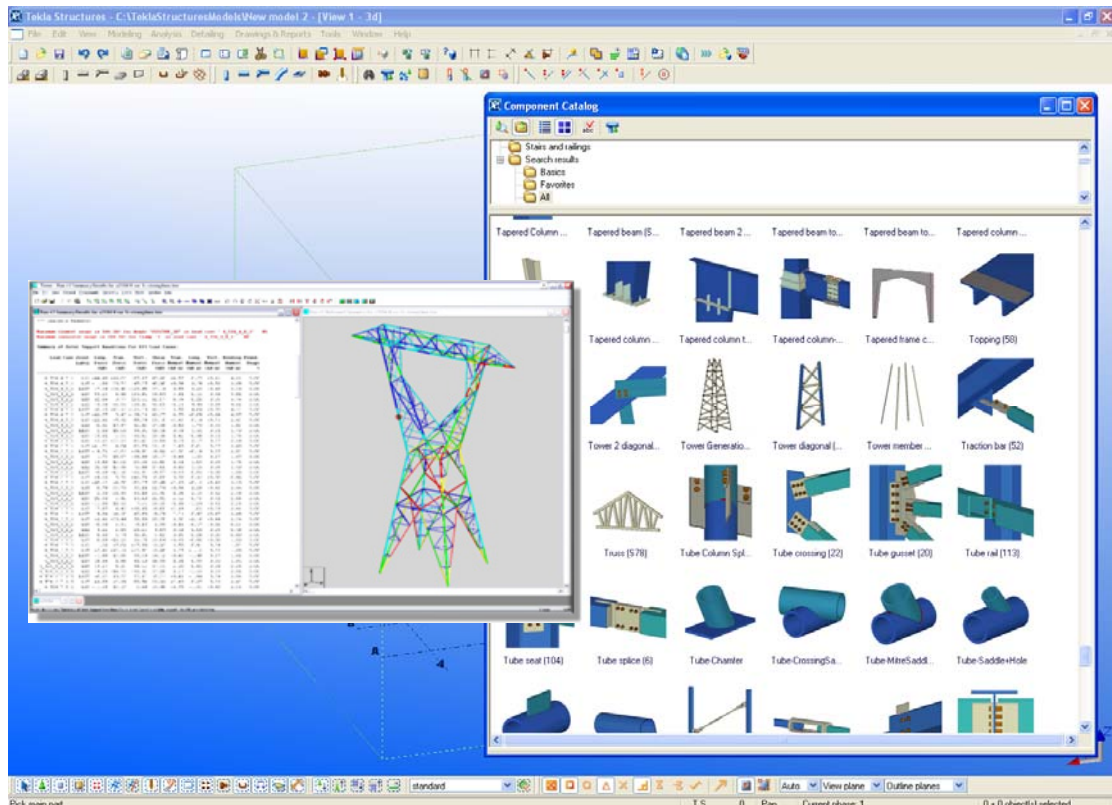


Slika 3. Proces razvoja projekta od koncepta do finalne montaže u cijelosti podržan Tekla Structures softverom



Slika 4. Proizvodnja konstruktivnih elemenata na CNC mašinama

Softverski sistemi za projektovanje (Slika 5) se integrišu u Management Information Systems (MIS) softvere koji se koriste u proizvodnji aluminijskih konstrukcija. Takođe, moguće je uraditi procjenu koštanja proizvoda, planirati proizvodnju, procijeniti potrebnu radnu snagu. Ovi sistemi se zatim integrišu sa Computer Numeric Controlled (CNC) mašinama za proizvodnju elemenata konstrukcije stuba (Slika 4).



Slika 5. U potpunosti automatizovano projektovanje

6. ZAKLJUČCI

Na Univerzitetu Crne Gore je u toku projekat, djelom pomognut od Ministarstva Nauke i domaće operative, u kome se razvija novi tip stuba dalekovoda. Konstrukcija stuba se analizira sa više aspekata i primjenjuju se najsavremenija saznanja iz oblasti metalurgije, elektrotehnike, građevinarstva i mašinstva. Ciljevi projekta su široko postavljani, od inovacije racionalne konstrukcije stuba do implementacije propisa vezanih za projektovanje elektroenergetskih vodova i usaglašavanja sa evropskim standardima iz ove oblasti. U postupku proračuna aluminijskog dalekovodnog stuba vrlo pažljivo treba odabrati sve elemente stuba i geometriju stuba, analizirati sva moguća opterećenja i kroz postupak dimenzionisanja doći do racionalne konstrukcije konkurentne uobičajenim čeličnim pocinkovanim stubovima. Zahvaljujući najsavremenijim softverskim sistemima zasnovanim na Building Information Modeling (BIM) rješenjima, omogućeno je da se kreira i prati cjelokupni proces stvaranja aluminijskog dalekovodnog stuba od početne ideje pa sve do finalne montaže na gradilištu.

LITERATURA

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV, "Sl. listu SFRJ", br. 65/88 i 18/92
- [2] Komentar pravilnika o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV, Standardi i tehnički normative, Beograd, 1980.
- [3] BS EN 50341-1:2001: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 1: General requirements - Common specifications.
- [4] BS EN 50341-1:2001: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 2: Index of National Normative Aspects.
- [5] BS EN 50341-1:2001: Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV - Part 3: Set of National Normative Aspects.
- [6] EN 1990: 2010-12: Eurocode: Basis of structural design.
- [7] EN 1991-1-1: 2010-12: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions.
- [8] EN 1991-1-4: 2010-12: Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4: General actions - Wind actions.
- [9] EN 1999-1-1: 2010-05: Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules.

RAZMATRANJE NUMERIČKE IMPLEMENTACIJE NEKIH VREMENSKO-FREKVENCIJSKIH REPREZENTACIJA I NJIHOVIH ROBUSTNIH FORMI ON NUMERICAL IMPLEMENTATION OF SOME TIME-FREQUENCY REPRESENTATIONS AND THEIR ROBUST FORMS

Miloš Brajović, Aleksandar Drašković, Miloš Daković, Ljubiša Stanković, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj: U radu su analizirane tehnike numeričke implementacije Wigner-ove distribucije, Polinomijalne Wigner-ove distribucije i polinomijalne reprezentacije višeg reda primjenom interpolacionih tehnika. Za numeričku implementaciju Polinomijalne Wigner-ove distribucije predložena je tehnika linearne interpolacije u cilju dobijanja nepostojećih vrijednosti odbiraka u vremenskom domenu neophodnih za njeno izračunavanje. Izvršena je i realizacija robustnih formi ovih reprezentacija i kroz primjere pokazana njihova numerička ispravnost.

Abstract: Techniques for numerical implementation of Wigner distribution, Polynomial Wigner distribution and higher order polynomial distribution are analyzed. For numerical implementation of Polynomial Wigner distribution, in order to obtain signal values needed for its calculation, a linear interpolation approach is proposed. Robust forms of these representations have been realized and illustrated through numerical examples.

1. UVOD

Fourier-ova transformacija, iako pogodna za analizu stacionarnih signala, pokazuje brojne nedostatke u analizi i obradi nestacionarnih signala. Stoga su razvijene brojne tehnike i alati vremensko-frekvencijske (TF) analize, koji omogućavaju analizu i obradu takvih signala [1, 2]. U poznate vremensko-frekvencijske reprezentacije (TFR) spadaju: Short-time Fourier-ova transformacija, spektrogram, Wigner-ova distribucija, S-metod, brojne TFR višeg reda [1, 2] i druge.

Dok su Wigner-ova distribucija (WD) i polinomijalna reprezentacija višeg reda (PD) [1, 9] relativno jednostavne za numeričku implementaciju, Polinomijalna Wigner-ova distribucija (PWD) iziskuje posebnu primjenu interpolacionih tehnika, budući da su usljed necjelobrojnih vrijednosti vremenskog kašnjenja potrebne vrijednosti signala koje se teško mogu dobiti čak i izuzetno visokim stepenom preodabiranja.

Teorijski i praktično interesantan scenario jeste kada su dostupni samo diskretni odbirci signala (zašumljeni, ili nezašumljeni), ali ne i njegova analogna forma, odnosno, nije moguće podešavati periodu odabiranja u cilju dobijanja neophodnog broja odbiraka (poznat je samo izlaz iz A/D konvertora). Tada je nedostajuće vrijednosti signala jedino moguće dobiti interpolacionim tehnikama na osnovu dostupnih odbiraka. Ovakav scenario biće analiziran za slučaj WD, PWD i PD.

U zašumljenim uslovima analiza i obrada signala pomoću TFR je otežana, pa se stoga primjenjuju različite tehnike čiji je cilj smanjenje negativnog uticaja šuma koji zahvata analizirane signale. Spomenuti šumovi predstavljaju slučajne procese različitih statističkih karakteristika. Veoma često teorijski analizirani i u praksi zastupljeni šumovi su Gauss-ov

šum, impulsni šum i njihove kombinacije. Efikasnost tehnika koje su razvijene u cilju smanjenja negativnog uticaja šuma zavisi upravo od njegovih statističkih karakteristika. Ovakve tehnike opisane su u [1-2, 4-7]. U prethodno navedenom slučaju, dostupni su samo zašumljeni odbirci signala. Kada se vrši njihova interpolacija, vrši se i interpolacija vrijednosti šuma, tako da se u interpoliranom signalu mora javiti obojeni šum [1, 2, 9]. Posebna pažnja biće posvećena robustnim formama primijenjenim nad implementiranim reprezentacijama. Teorijska razmatranja u radu potkrijepljena su numeričkim rezultatima.

2. DEFINICIJA REPREZENTACIJA I ROBUSTNE ANALIZE

Wigner-ova distribucija [1, 2] definiše se kao:

$$WD(t, \Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w\left(\frac{\tau}{2}\right)w^*\left(-\frac{\tau}{2}\right)x\left(t + \frac{\tau}{2}\right)x^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right)e^{-j\Omega\tau} d\tau. \quad (1)$$

WD idealno koncentriše linearno frekvencijski modulirane signale, dok se u slučaju nelinearno frekvencijski moduliranih signala [1, 2, 3] koncentracija signala pogoršava, uz dodatnu pojavu poznatu pod nazivom *inner interferences* [1, 2, 8]. Stoga postoji motivacija za razvoj novih TFR kod kojih su ovi nedostaci manje izraženi. Za razliku od linearnih TFR, kod WD i TFR višeg reda postoji negativna pojava kros komponenti u slučaju multikomponentnih signala [1, 2, 8].

Pokazuje se da se diskretna Wigner-ova distribucija može napisati u sljedećem obliku:

$$WD(n, k) = \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} w(m)w(-m)x(n+m)x^*(n-m)e^{-j4\pi mk/N}, \quad (2)$$

gdje $w(m)$ predstavlja funkciju prozora. Ovakva implementacija Wigner-ove distribucije iziskuje

preodabiranje signala u vremenu sa faktorom 2, odnosno korišćenje dva puta manje periode odabiranja od maksimalne teorijske vrijednosti [1]. Međutim, biće pokazano da nije uvijek moguće koristiti željenu veličinu periode odabiranja.

U cilju poboljšanja koncentracije signala razvijena je TFR višeg reda, koja idealno koncentriše signale čija je faza polinom reda manjeg od pet [1, 8]. Ova TFR definisana je kao:

$$PD(t, \Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w\left(\frac{\tau}{12}\right)x\left(t - \frac{\tau}{6}\right)x^{*8}\left(t - \frac{\tau}{12}\right)x^8\left(t + \frac{\tau}{12}\right)x^{*}\left(t + \frac{\tau}{6}\right)e^{-j\Omega\tau} d\tau, \quad (3)$$

dok je njega diskretna forma data sljedećom relacijom:

$$PD(n, k) = 12 \sum_{m=-6N}^{6N-1} w(m)x(n-2m) \times x^{*8}(n-m)x^8(n+m)x^{*}(n+2m)\exp(-j2\pi mk/N) \quad (4)$$

Ovakva implementacija podrazumijeva preodabiranje signala u vremenu sa faktorom 12, odnosno, korišćenje 12 puta manje periode odabiranja od maksimalne teorijske vrijednosti. I pored pogodnosti koje pruža u pogledu koncentracije signala, veliki nedostatak ove reprezentacije jeste numerička složenost u praktičnim implementacijama, i izražena pojava kros komponenti.

Sličan je razlog za uvođenje Polinomijalne Wigner-ove distribucije [1, 3], definisane kao:

$$PWD(t, \Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t + 0.675\tau)x^{*2}(t - 0.675\tau) \times x^{*}(t + 0.85\tau)x(t - 0.85\tau)e^{-j\Omega\tau} d\tau. \quad (5)$$

Njenu diskretnu formu, zbog koeficijenata uz kašnjenja τ nije moguće odrediti na jednostavan način (neophodna je upotreba teorijski i praktično neupotrebljivog stepena preodabiranja). Stoga se otvara pitanje načina interpolacije nedostajućih vrijednosti. Naglasimo da i ova reprezentacija, pored pogodnosti koje pruža u pogledu koncentracije signala u TF ravni, pokazuje nedostatke distribucija višeg reda (složenost, kros komponente).

Za analizu nestacionarnih signala zašumljenih impulsnim šumom razvijena je tzv. robustna TF analiza, zasnovana na robustnoj Fourier-ovoj transformaciji korišćenjem tzv. median pristupa i L-statistike [1, 5-8]. Ovdje ćemo razmatrati robustnu formu sa median pristupom na primjeru Wigner-ove distribucije. Pokazuje se da se robustna forma WD, kod koje je smanjen negativan uticaj impulsnog šuma u odnosu na klasičnu WD, može predstaviti sljedećom relacijom:

$$WD(n, k) = \text{median}_{n \in [-\frac{N}{2}, \frac{N}{2}-1]} \{ \text{Re} \{ x(n+m)x^{*}(n-m)e^{-j4\pi nk/N} \} \}, \quad (6)$$

dok se sama WD može tumačiti kao kao estimacija srednje vrijednosti (čime je sama po sebi robustna na Gauss-ov šum). Drugim riječima, teorijski, klasična WD (definisana kao srednja vrijednost) predstavlja ML (maximum likelihood) estimator za Gauss-ov šum, dok median Wigner-ova

distribucija predstavlja ML estimator za impulsni šum [1, 4-7].

Signali često nijesu oštećeni samo čistim Gauss-ovim ili čistim impulsnim šumom, već i njihovim kombinacijama. Kod Wigner-ove distribucije njena kvadratna forma uzrokuje da i kada je šum polaznog signala Gauss-ov, rezultujući šum je kombinacija Gauss-ovog i Laplace-ovog (impulsnog) šuma [1, 3-7]. Kod preostale dvije opisane reprezentacije, zbog visokog reda signala, ova situacija je još složenija. Jasno je da se i u slučaju Gauss-ovog šuma koji zahvata signal u ovim reprezentacijama moraju pojaviti komponente šuma impulsne prirode. Ova činjenica opravdava značaj robustne analize ovih reprezentacija.

3. NUMERIČKA IMPLEMENTACIJA

Pretpostavimo da je dat diskretni signal $x(n)$. Pretpostavimo da nije moguće vršiti preodabiranje signala uzimanjem vrijednosti analognog signala korišćenjem manje periode odabiranja. Tada je pristup implementaciji ranije spomenutih reprezentacija bitno drugačiji.

A) *Implementacija Wigner-ove distribucije i reprezentacije višeg reda (PD)*. Pri definisanju diskretne forme WD naglašeno je da je neophodno preodabrati signal sa dva puta manjom periodom odabiranja. Pod navedenom pretpostavkom ovo nije moguće uraditi, pa se stoga pristupa interpolaciji nedostajućih vrijednosti signala. Poznato je da se dodavanjem nula u frekvencijskom domenu može izvršiti interpolacija vrijednosti signala u vremenskom domenu [1, 2, 10]. Ovo znači da je u slučaju WD nepohodno dodati N nula na odgovarajućim pozicijama u frekvencijskom domenu, gdje je N dužina prozora u Wigner-ovoj distribuciji. Dodavanje nula biće izvršeno korišćenjem funkcije ZEROPAD(\mathbf{x}, M), definisane za slučaj prozora sa neparnim brojem odbiraka na sljedeći način:

$$\text{ZEROPAD}(\mathbf{x}, M) = \begin{cases} x(k), & |k| \leq (N-1)/2 \\ 0, & \text{ostalo } k \end{cases}, \quad (7)$$

gdje niz \mathbf{x} predstavlja niz vrijednosti signala $x(n)$ obuhvaćenih funkcijom prozora koja je centrirana oko posmatranog trenutka n , a $M > N$ predstavlja broj željenih tačaka interpoliranog signala. I za slučaj WD i za slučaj PD očekivano je da je M paran broj. Frekvencijski indeksi uzimaju vrijednosti $k = 0, \pm 1, \dots, \pm M/2 - 1$. U slučaju prozora sa parnim brojem odbiraka, dodavanje nula se može izvršiti nešto drugačije:

$$\text{ZEROPAD}(\mathbf{x}, M) = \begin{cases} x(k), & |k| \leq N/2 - 1 \\ x(-N/2), & k = \pm N/2, \\ 0, & \text{ostalo } k \end{cases}, \quad (8)$$

Računanje Wigner-ove distribucije (1) i distribucije (3) za jedan diskretni trenutak n može se objediniti sljedećim algoritmom:

Korak 1: računa se DFT svih neophodnih signala;
Korak 2: vrši se dodavanje nula do potrebnog broja odbiraka ($2N$ za Wigner-ovu distribuciju i $12N$ za distribuciju (2), gdje

je N dužina prozora), primjenom opisane funkcije ZEROPAD;

Korak 3: Inverznom DFT dobijaju se interpolirani signali u diskretnom vremenskom domenu;

Korak 4: računa se DFT po formuli (1), odnosno (3) za odgovarajuću reprezentaciju.

B) U slučaju polinomijalne Wigner-ove distribucije problem numeričke implementacije je značajno složeniji. Razlog za to stoji u činjenici da se kašnjenja τ množe sa realnim koeficijentima 0.675 i 0.85. Budući da je dat diskretni signal $x(n)$ za koji ne postoje vrijednosti odbiraka na potrebnim pozicijama, a koeficijenti koji množe kašnjenje su realni brojevi koji nemaju malu vrijednost najmanjeg zajedničkog sadržaoca, direktno preodabiranje u domenu diskretne Fourier-ove transformacije takođe ne može dati tačne vrijednosti čak ni za izuzetno veliki broj tačaka [3]. Ovakav način preodabiranja je numerički i praktično neefikasan. Stoga su razmatrane varijante sa preodabiranjem u manjem broju tačaka [3].

Pristup koji se predlaže u ovom radu jeste linearna interpolacija vrijednosti signala u vremenskom domenu. Kao što će biti ilustrovano primjerom, ovaj numerički jednostavniji koncept daje zadovoljavajuće rezultate. Budući da su sve pozicije originalnog signala cjelobrojne, linearna interpolacija može biti obavljena po formuli:

$$x(i) + (x(i+1) - x(i))\alpha \quad (9)$$

gdje i predstavlja vrijednost i -tog odbirka signala, a koeficijent α predstavlja rastojanje vrijednosti koju je potrebno interpolirati, od i -tog odbirka signala.

Računanje Polinomijalne Wigner-ove distribucije za jedan diskretni trenutak n može se ukratko opisati sljedećim algoritmom:

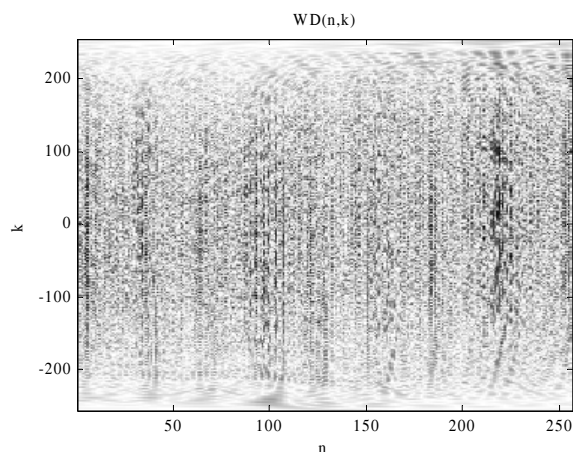
Korak 1: Za sve neophodne signale vrši se, linearna interpolacija na osnovu jednačine (10) u cilju dobijanja vrijednosti signala za necjelobrojne indekse, po ranije opisanom postupku;

Korak 2: Računa se DFT odgovarajuće kombinacije njihovih proizvoda, po formuli (5).

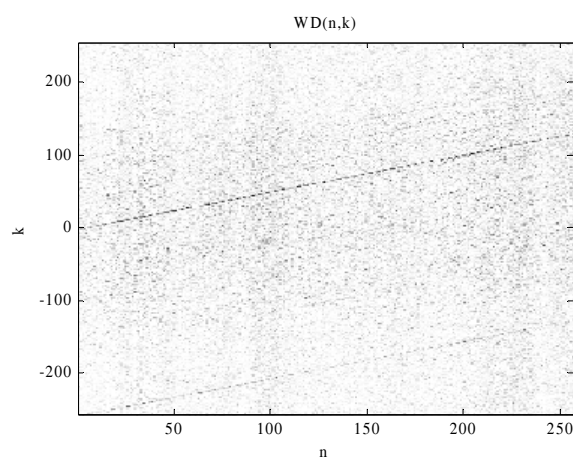
Ovdje je potrebno istaći da se u slučaju zašumljenih odbiraka analiziranog signala $x(n)$ nakon primjene svih navedenih interpolacionih tehnika vrši i interpolacija vrijednosti šuma, koje u ovim slučajevima postaju korelisane, pa stoga i interesantne za robustnu analizu (obojeni šum).

4. NUMERIČKI REZULTATI

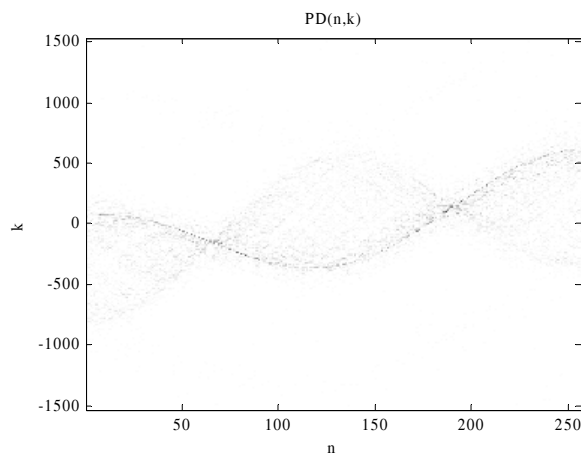
U primjerima koji slijede korišćene su reprezentacije relazovane prethodno opisanim interpolacionim tehnikama. Dostupne su samo vrijednosti diskretnog signala, i nije moguće promijeniti periodu odabiranja.



Slika 1. WD zašumljenog signala iz primjera 1.



Slika 2. WD zašumljenog signala iz primjera 1 implementirana primjenom median tehnike

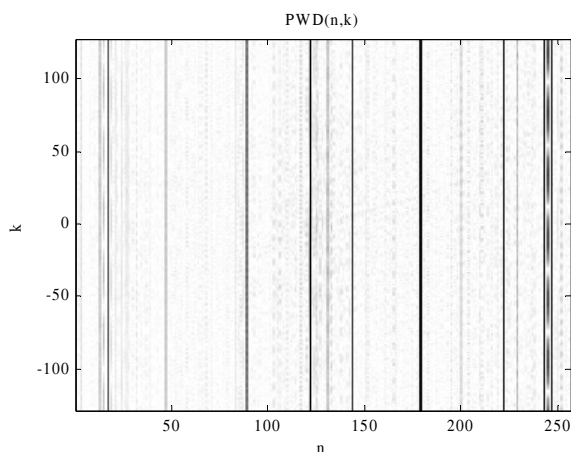


Slika 3. Polinomijalna reprezentacija višeg reda zašumljenog signala iz primjera 2, korišćenjem median pristupa

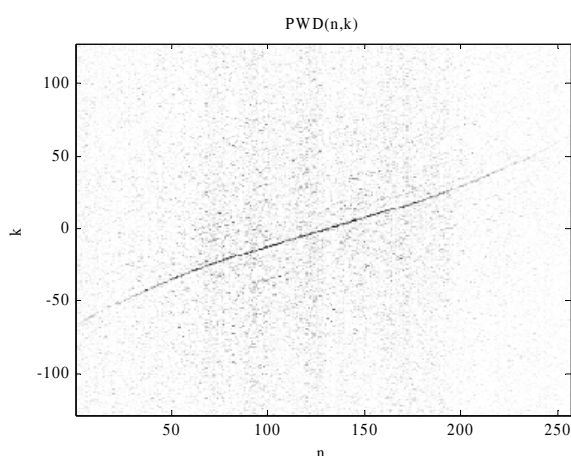
Primjer 1. Odbirci diskretnog signala $x(n)$ dobijeni su odabiranjem analognog signala $x(t)$:

$$x(t) = \exp(-j1000\pi t^2),$$

sa periodom odabiranja $\Delta t = 0.001$ koji je posmatran u intervalu od 0ms do 0.256ms.



Slika 5. Polinomijalna WD zašumljenog signala iz primjera 3.



Slika 6. PWD iz primjera 3 dobijena median pristupom.

Signal $x(n)$ je zašumljen kompleksnim aditivnim šumom: $v(n) = (0.9n_1(n))^3 + j(0.9n_2(n))^3$, gdje su $n_1(n)$ i $n_2(n)$ dva realna, statistički nezavisna bijela Gauss-ova šuma jedinične varijanse. Na slici 1. prikazana je klasična Wigner-ova distribucija zašumljenog signala $x(n)$. Slika 2. Prikazuje Wigner-ovu distribuciju signala $x(n)$ implementiranu median tehnikom.

Primjer 2. Odbirci diskretnog signala $x(n)$ dobijeni su odabiranjem analognog signala $x(t)$:

$$x(t) = \exp(-j3\pi(3\sin(8\pi t) + 9\cos(2.5\pi t))),$$

sa periodom odabiranja $\Delta t = 0.001$, koji je posmatran u intervalu od -0.128 ms do 0.127 ms. Signal $x(n)$ je zašumljen kompleksnim aditivnim šumom: $v(n) = (0.3n_1(n))^3 + j(0.3n_2(n))^3$. Slika 3 prikazuje polinomijalnu reprezentaciju višeg reda, PD, sa median pristupom.

Primjer 3. Odbirci diskretnog signala $x(n)$ dobijeni su odabiranjem analognog signala $x(t)$:

$$x(t) = \exp(-j15000\pi t^4 + j1500\pi t^2),$$

sa periodom odabiranja $\Delta t = 0.001$, koji je posmatran u intervalu od -1.28 ms do 1.28 ms. Signal $x(n)$ je zašumljen

kompleksnim aditivnim šumom: $v(n) = (0.7n_1(n))^3 + j(0.7n_2(n))^3$. Na slici 3. prikazana je polinomijalna Wigner-ova distribucija zašumljenog signala $x(n)$. Slika 4. Prikazuje polinomijalnu Wigner-ovu distribuciju signala $x(n)$ implementiranu sa median tehnikom. Numerički rezultati su pokazali da srednja kvadratna greška u računanju PWD primjenom linearne interpolacije u odnosu na njene prave teorijske vrijednosti zavisi od trenutne frekvencije analiziranog signala. U signalu iz primjera 3 kreće se od 5% na frekvencijama bliskim nuli do 70% na najvišim frekvencijama.

5. ZAKLJUČAK

U radu je razmatrana problematika numeričke implementacije Wignerove, polinomijalne Wigner-ove distribucije i polinomijalne reprezentacije višeg reda primjenom tehnika za interpolaciju. U primjerima su prikazani rezultati primjenom standardnih i robustnih formi implementiranih reprezentacija u uslovima kombinovanog impulsnog i bijelog Gauss-ovog šuma.

LITERATURA

- [1] Lj. Stanković, M. Daković, T. Thayaparan: "Time-Frequency Signal Analysis with Applications", Artech house, 2013.
- [2] L. Cohen: „Time-Frequency distributions-a review“ Proc. IEEE, vol 77, no. 7, July 1989, pp. 941-981
- [3] B. Boashash; B. Ristic: "Polynomial Wigner-Ville distributions and time-varying higher-order spectra", Proceedings of the IEEE-SP International Symposium , pp.31-34, 4-6 Oct 1992
- [4] I. Djurović, LJ. Stanković: „Robust Wigner Distribution with application to the instantaneous frequency estimation“, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol.49, No.12, Dec. 2001, pp. 2985-2993
- [5] I. Djurović, LJ. Stanković, J. F. Böhme: „Robust L-Estimation based forms of signal transforms and Time-Frequency representations“, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 51, No. 7, July 2003, pp. 1753-1761
- [6] I. Djurović, LJ. Stanković: „Realisation of the Robust Filters in Frequency Domain“, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 9, No. 10, Oct 2002, pp. 333-335
- [7] I. Djurović: „Robust adaptive local polynomial Fourier transform“ IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 11, No. 2, Feb. 2004, pp. 201-204
- [8] M. Brajović, M. Daković, Lj. Stanković: „Vremensko-frekvencijska transformacija višeg reda zasnovana na aproksimaciji prvog izvoda faze“, konferencija „ETAN“, 2012
- [9] LJ. Stanković: „Digitalna obrada signala“, Naučna knjiga, 1990.

ENERGETSKA EFIKASNOST U MOBILNIM RADIO MREŽAMA ENERGY EFFICIENCY IN MOBILE RADIO NETWORKS

Ana Aligrudić, Milica Pejanović-Djurišić, *Elektrotehnički fakultet, Podgorica*

Sadržaj: *U radu se razmatra danas veoma aktuelna tema – „zelene” telekomunikacije. Pored manje potrošnje energije, cilj „zelenih” telekomunikacija je da doprinesu očuvanju životne sredine, pa stoga organizacije za standardizaciju i telekomunikacioni operatori stalno rade na stvaranju novih, efikasnijih rješenja i tehnika. U ovom radu je dat pregled načina i mogućnosti poboljšanja u mobilnim telekomunikacionim mrežama sa aspekta energetske efikasnosti.*

Abstract: *This paper presents a very actual topic today - "green" communications. In addition to lower power consumption, the goal of "green" telecommunications is to protect the environment. Hence, standardization organizations and mobile operators are constantly working to create new, more efficient solutions and techniques. This paper presents an overview of ways and opportunities to improve energy efficiency of mobile telecommunication networks.*

1. UVOD

Intenzivan razvoj mobilnih komunikacionih sistema i njihova sveprisutnost u svakodnevnom životu poslednjih godina neizbježno vodi povećanju potrošnje električne energije, a samim tim i pronalaženju načina za njeno smanjenje. Procjenjuje se da danas u svijetu ima približno 4 milijarde pretplatnika mobilnih celularnih sistema koji zahtijevaju sve veći broj različitih usluga. Stoga je jasno da je koncept razvoja energetske efikasnijih sistema dobio veliki značaj u svijetu telekomunikacija. Potencijal za smanjenje potrošnje energije leži u topologiji mreže i njenom upravljanju. Takođe, istraživanja [1] su pokazala da veliki uticaj na potrošnju energije, a time i na efikasnost telekomunikacionih sistema imaju rješenja implementirana na fizičkom nivou mreže. Za razliku od fiksnih mreža, izbor tipa modulacije, kodiranja, tehnike pristupa i sl. je mnogo zahtjevniji u mobilnim mrežama. Osim toga, promjenljivost uslova u kanalu, kao i stalna razmjena informacija između bazne stanice i korisnika, podrazumijevaju dodatne utroške energije.

U takvim uslovima, energija potrebna za funkcionisanje mreže mora se posmatrati kao funkcija više promjenljivih: veličine ćelije, vremenskog perioda, topologije, raspodjele saobraćaja i tipa okruženja (urbano ili ruralno). Takođe, jedan od bitnih parametara planiranja mobilnih celularnih sistema, a samim tim i bitan za ocjenu energetske efikasnosti sistema, je opterećenje ćelije. Ono nije jednako raspoređeno u ćelijama i vremenski je promjenljivo. Po prirodi ima stohastičke karakteristike i pokazuje varijacije tokom dana, sedmice, godine [2]. Saobraćaj varira i u zavisnosti od lokacije i zahtijeva različite pristupe prilikom planiranja ćelija.

S obzirom na navedene specifičnosti, jasno je da se u cilju poboljšanje energetske efikasnosti mobilnih celularnih sistema ne mogu istovremeno uzeti u obzir svi faktori, niti formulisati univerzalan i jednoznačan metod, metrika ili formula. Stoga je u ovom radu dat jedan od mogućih načina smanjenja energetske potrošnje mobilnog telekomunikacionog sistema, uzimajući u obzir protok i

intenzitet saobraćaja. Analize predstavljene u ovom radu se odnose na mobilne telekomunikacione mreže sa femtoćelijama. Femtoćelije predstavljaju mini bazne stanice male potrošnje koje se preko HGW-a (home gateway-a) povezuju na *broadband* mrežu. Stoga su femto bazne stanice veoma interesantne sa stanovišta energetske efikasnosti i ovaj rad se fokusira na ispitivanje njihovog uticaja na ukupnu energetske efikasnost mobilnih mreža.

Rad je organizovan na sledeći način: nakon uvoda, u poglavlju 2 je dat pregled metrika koje se koriste u cilju definisanja mogućnosti za postizanje veće energetske efikasnosti telekomunikacionih mreža. U poglavlju 3 se razmatra arhitektura „zelenih” mreža, u poglavlju 4 su dati primjeri konkretnih numeričkih proračuna, a u poglavlju 5 su izvedeni zaključci.

2. METRIKE U „ZELENIM“ MREŽAMA

Metrike energetske efikasnosti u telekomunikacionim sistemima se mogu klasifikovati u tri kategorije: metrike nivoa efikasnosti postrojenja, nivoa opreme i nivoa mreže.

Metrike nivoa efikasnosti postrojenja su razvijene u sistemima tipa *data* centara koji predstavljaju značajne energetske potrošače. TGG (The Green Grid) organizacija, sastavljena od IT profesionalaca, prva je predložila metriku nivoa postrojenja nazvanu PUE (Power Usage Efficiency) i njoj recipročnu metriku DCI (Data Centar Efficiency) u cilju povećanja performansi snage u *data* centrima. PUE definiše odnos ukupne utrošene snage postrojenja i ukupne snage koju troše pojedinačne komponente opreme. U pitanju je dobra metrika za brzo izračunavanje performansi *data* centara na globalnom nivou, s tim što ne daje podatke o energetske efikasnosti pojedinačnih komponenti opreme.

Metrike nivoa opreme definišu performanse svakog pojedinačnog uređaja. U cilju definisanja efikasnosti pojedinačnih komponenti opreme razmatra se odnos između njihove energetske potrošnje i potrošnje postrojenja u okviru komunikacionog sistema. Poboljšanje energetske

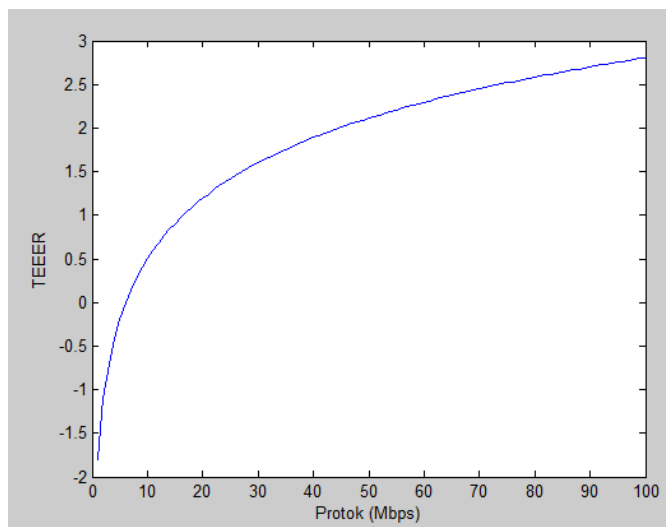
performansi komunikacionog sistema je mnogo veći izazov nego što to izgleda na prvi pogled, jer se razmatraju različiti faktori (spektralna efikasnost, broj poziva koje je moguće podržati u određenom vremenskom intervalu i sl.) i uz to svaki od ovih faktora različito utiče na metriku efikasnosti. To je i razlog što ove metrike ne mogu obuhvatiti sve relevantne karakteristike sistema, tako da se stalno unapređuju istraživanja u cilju razvijanja boljih i sveobuhvatnijih metrika. Često korišćene metrike su TEER (Telecommunication Energy Efficiency Ratio) i TEEER (Telecommunication Equipment Energy Efficiency Ratio) [2], koje razmatraju ukupnu energetska potrošnju kao mjeru ukupne potrošnje opreme u različitim uslovima opterećenja. Primjer TEEER-a dat je formulom:

$$TEEER = -\log \frac{P_{ukupno}}{protok} \quad (1)$$

gdje je:

$$P_{ukupno} = 0.35P_{full} + 0.4P_{half} + 0.25P_{sleep} \quad (2)$$

P_{full} , P_{half} i P_{sleep} su snage bazne stanice u punom, polovičnom i *sleep* režimu rada, respektivno. S obzirom da se rad fokusira na ispitivanje uticaja femtoćelija na ukupnu energetska efikasnost mobilnog telekomunikacionog sistema, ukoliko u (1) i (2) uvrstimo vrijednosti za tipičnu femto baznu stanicu: $P_{full}=10.2W$, $P_{half}=6W$, $P_{sleep}=0.3W$, dobija se funkcija zavisnosti TEEER od protoka, prikazana na slici 1.



Slika 1: Mjera energetske efikasnosti na osnovu TEEER-a

Sa slike se jasno uočava kolika se poboljšanja efikasnosti sistema mogu postići sa porastom protoka. Na primjer, za protok od 100Mbps TEEER je 2.3 puta veći od TEEER-a pri protoku od 20Mbps.

Stoga, kako stalno rastu zahtjevi za većim brzinama prenosa, TEEER predstavlja veoma korisnu metriku i nudi konkretne proračune energetske efikasnosti sistema za željene protoke.

Metrike nivoa mreže definišu performanse cjelokupne opreme u skladu sa njihovim osobinama i sposobnostima povezanim sa kapacitetom i pokrivanjem cijele mreže. Pri

tome, treba svakako imati u vidu da su energetska efikasne metrike nivoa komponenti i opreme prilično jasne za definisanje, dok je mnogo teže definisati metrike na nivou sistema ili mreže u cjelini.

Tako sa aspekta nivoa mreže, ukoliko se uzme u razmatranje teritorija pokrivanja, prvi izbor za indikaciju energetske efikasnosti postaje odnos potrebne snage i ostvarenog protoka po jedinici površine [W/Gbps/km²]. Međutim, pažljivije analize pokazuju da pomenuti odnos može jedino biti validan indikator energetske efikasnosti mreže kada se primjenjuje u mrežama sa približno istim brojem baznih stanica u području pokrivanja. Stoga treba imati u vidu dvije metrike mreže u zavisnosti od uslova i opterećenja, jednu za ruralna i drugu za urbana okruženja. Adekvatna metrika za ocjenu mrežnih performansi u ruralnim područjima je data sa:

$$PI_{rural} = \frac{Ukupna\ teritorija\ pokrivanja}{Snaga\ koju\ sajt\ razvija} \left[\frac{km^2}{W} \right] \quad (3)$$

S druge strane, urbana područja imaju veće zahtjeve od ruralnih uzimajući u obzir znatno veći broj korisnika, a time i zahtjeve za mnogo većim kapacitetom. Metrika koja se primjenjuje u uslovima visokog opterećenja je data relacijom:

$$PI_{urban} = \frac{N_{busyhour}}{Snaga\ koju\ sajt\ razvija} \left[\frac{broj\ korisnika}{W} \right] \quad (4)$$

gdje je $N_{busyhour}$ broj korisnika u prosječnom satu najvećeg saobraćaja po korisniku i najvećeg saobraćaja prosječne bazne stanice, a PI_{urban} indikator mrežnih performansi u urbanim područjima [3].

Jasno je da se zbog razlika u komunikacionim sistemima, ne može koristiti samo jedna metrika kao univerzalna. Međutim, ako se postigne saglasnost na malom setu standarda za energetske metrike, ne samo da će se ubrzati istraživanja u „zelenim“ komunikacijama, već će se otvoriti put ka sveobuhvatnoj standardizaciji budućih zelenih mreža.

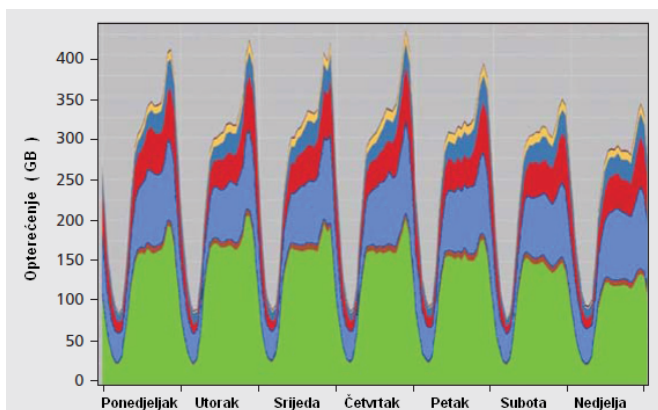
3. ARHITEKTURA „ZELENIH“ MREŽA

Tipična mobilna celularna mreža se sastoji od tri glavna elementa: okosnice (*core*) mreže, baznih stanica i mobilnih terminala.

U smislu potrošnje energije bazna stanica predstavlja najvećeg potrošača. Energetska efikasnost celularnih mreža u najvećoj mjeri zavisi upravo od efikasnosti bazne stanice, te stoga značajnu ulogu ima i optimizovano planiranje mreže [1], kako bi broj baznih stanica potrebnih za pružanje kvalitetne usluge korisniku bio što je moguće manji, i time se ostvarila dodatna ušteda. Pri tome je važno razmišljati i o efikasnijem dizajnu bazne stanice, poboljšavanjem *hardware*-a i uključivanjem dodatnih *software*-skih i sistemskih osobina koje bi obezbijedile balans između potrošnje energije i performansi baznih stanica. U cilju poboljšanja *hardware*-

skog dizajna potrebno je posebno usmjeriti pažnju na pojačavače snage.

Pojačivači snage su dominantni potrošači energije kod baznih stanica i njihova energetska efikasnost zavisi od frekvencijskog opsega, tipa modulacije i okruženja. Još jedna otežavajuća okolnost u povećanju energetske efikasnosti sa pojačavačima snage je to što oni bolje rade pri maksimalnoj izlaznoj snazi u cilju održavanja zahtijevanog kvaliteta signala. To navodi na zaključak da se u uslovima niskog saobraćaja mnogo energije nepotrebno troši. Stoga je izazov dizajnirati fleksibilne pojačavače koji omogućavaju bolju adaptaciju pojačavača na dozvoljene izlazne potrebe za snagom. Pored toga, u cilju poboljšanja energetske potrošnje baznih stanica može se primijeniti i pristup isključivanja baznih stanica kada je saobraćaj na niskom nivou. Jasno je takodje i da opterećenje sistema nije konstantno, već varira u zavisnosti od doba godine, mjeseca, sedmice, doba dana. Primjer varijacija saobraćaja u mobilnoj mreži u toku jedne sedmice dat je na slici 2. S obzirom da potrošnja u različitim ćelijama varira u toku vremena, statično celularno okruženje nije optimalno za uslove saobraćaja sa fluktuacijama. Kad je u pitanju dinamično okruženje, postoji mogućnost implementacije: *cell breathing* i *cell zooming* pristupa, kako bi se umanjila potrošnja električne energije.



Slika 2. Varijacija saobraćaja u toku jedne sedmice

Koncept *cell breathing*-a podrazumjeva da u toku velikog opterećenja ćelija smanjuje svoju zonu pokrivanja, a kontrolne funkcije preuzimaju susjedne ćelije. Kada se opterećenje smanji, ćelija se ponovo povećava i preuzima sve svoje funkcije. Dok su neke ćelije ugašene, ili su u *sleep* modu, pokrivanje radio signalom se ostvaruje zahvaljujući preostalim aktuelnim ćelijama koje popunjavaju „praznine“.

Drugi, sličan koncept nosi ime *cell zooming*. *Cell zooming* je tehnika koja omogućava baznoj stanici da prilagođava dimenzije ćelije u saglasnosti sa trenutnom situacijom u mreži. Kada je ćelija preopterećena velikim brojem korisnika koje opslužuje ona smanjuje svoju veličinu, dok se susjedne ćelije uvećavaju i preuzimaju dio korisnika koji su bili u okviru preopterećene ćelije.

Pored navedenog, postoje i mnogi drugi načini smanjenja potrošnje energije u baznim stanicama. Jedan od primjera su klima uređaji potrebni za održavanje određene temperature na kojoj radi bazna stanica. Kako su uvijek uključeni, oni

predstavljaju velike potrošače električne energije. Kad su u pitanju *outdoor* bazne stanice koje mogu raditi na različitim temperaturama, jasno je da se određena ušteda može postići s obzirom da je potrebno manje energije za hlađenje u zimskim mjesecima. S druge strane, kod *indoor* baznih stanica moguće je, umjesto klima uređaja, koristiti više svježeg vazduha za hlađenje.

Značaj arhitekture “zelenih” mreža postaje još očigledniji u heterogenim mrežama. Generalno, heterogene mreže podrazumijevaju topologiju sa makro, mikro, piko i femto baznim stanicama. Čvorišta sa malom energijom upotpunjuju konvencionalnu topologiju makro celularne mreže, mikro i piko ćelije pokrivaju hot spot oblasti, dok se u *indoor* okruženju koriste femtoćelije, koje obezbjeđuju širokopojasni pristup svojim korisnicima. Sa takvom topologijom heterogene mreže potencijalno mogu ponuditi uštedu energije, budući da je smanjeno rastojanje između čvorova, pa je smanjena i potrebna emisiona snaga. Prednost postojanja malih ćelija u heterogenim mrežama je i u tome što koriste više frekvencije i obezbjeđuju veće brzine prenosa. S druge strane, implementacija samo malih ćelija može biti neekonomična zbog ograničavajućeg broja baznih stanica male snage i kratkog dometa. Stoga, za svaki scenario (gusto naseljeni urbani ili ruralni), mora se pronaći razmještaj sa optimalnom razmjerom makro, mikro, piko i femto ćelija za topologiju mreže koja je energetski najefikasnija.

Pored navedenog, u cilju što većeg akcenta na “zelenom” okruženju treba uzeti u obzir i implementaciju obnovljivih izvora energije na baznim stanicama, kao što su bio gorivo, solarna energija i energija vjetrova, tamo gdje vremenski uslovi i priroda to dozvoljavaju.

4. NUMERIČKI PRORAČUNI

U cilju analize energetske potrošnje u mobilnim mrežama i mogućnosti za njeno smanjenje, razmatraćemo primjer mobilnih mreža u kojima su implementirane femtoćelije. Pri tome će biti izvršeni odgovarajući numerički proračuni za dva režima rada femto bazne stanice: konvencionalni i dinamički. Konvencionalni režim podrazumijeva konstantan, aktivan rad femto bazne stanice, nezavisno od intenziteta saobraćaja. Dinamički režim podrazumijeva prilagođavanje rada femtoćelije trenutnom intenzitetu saobraćaja.

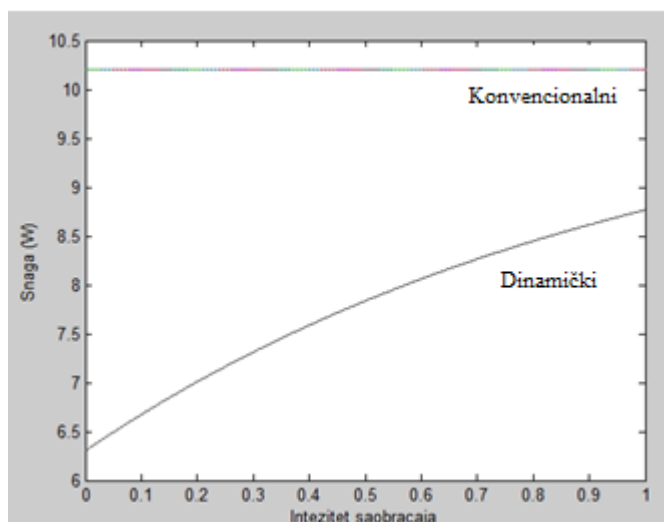
Da bi se stekao uvid u razlike između konvencionalnog načina rada i dinamičkog rada uzećemo primjer tipične femtoćelije u različitim stanjima – aktivnom, *idle* i *sniff*. *Idle* stanje podrazumijeva da bazna stanica nalazi u režimu rada kada ne vrši radio transmisiju, a i *sniff* stanje podrazumijeva da su sve funkcije bazne stanice, osim kontrolnih, isključene. Femto bazna stanica u aktivnom stanju razvija snagu od 10.2W, u *idle* 6W, a u *sleep* režimu 0.3W Konvencionalni način rada podrazumijeva da je femtoćelija stalno u aktivnom režimu $P_{konvenc} = P_{akt}$, dok je dinamički način bolji, jer se bazna stanica prilagođava intenzitetu saobraćaja.

Vjerovatnoća da se femto bazna stanica nalazi u aktivnom stanju je $1 - e^{-\rho}$, gdje je intenzitet saobraćaja $\rho = \lambda / \mu$, λ

srednja brzina dolaska korisnika, μ srednja odlazna brzina, tj. $1/\mu$ predstavlja srednje vrijeme opsluživanja korisnika [3]. Za dinamički režim rada snaga koja se razvija je data sa:

$$P_{din} = P_{akt}(1 - e^{-\rho}) + (P_{idle} + P_{sniff})e^{-\rho} \quad (5)$$

Na slici 3 je prikazano poređenje ova dva režima rada femtoćelije. Jasno je da su razlike između konvencionalnog i dinamičkog režima rada značajne.



Slika 3: Snaga kao funkcija intenziteta saobraćaja

Naime, konvencionalni način rada podrazumjeva konstantnu potrošnju energije, bez obzira na intenzitet saobraćaja. Bilo da bazna stanica opslužuje nijednog, jednog ili više korisnika stalno se razvija ista snaga. Dinamički način donosi znatne uštede jer se režim rada bazne stanice prilagođava intenzitetu saobraćaja. Stoga je jasno da se pri manjem intenzitetu saobraćaja štede značajni energetske resursi.

5. ZAKLJUČAK

Mobilne telekomunikacione mreže su značajni potrošači električne energije i stoga smanjenje potrošnje električne energije predstavlja jedan od sve izraženijih izazova kad je projektovanje ovih mreža u pitanju.

Za utvrđivanje energetske efikasnosti mobilnih mreža razvijene su razne metrike: metrike nivoa efikasnosti postrojenja, nivoa opreme i nivoa mreže. U radu je pokazano

kako TEEER, metrika nivoa opreme, utiče na smanjenje energetske potrošnje, ukoliko se kao funkcija zavisnosti uzme protok u sistemu. Kako protok raste, TEEER pokazuje sve veću efikasnost, što je veoma značajno s obzirom da današnje mreže zahtijevaju sve veće protoke. Ukazano je i da potencijal za smanjenje potrošnje energije leži u topologiji mreže i dinamičkom prilagođavanju rada komponenti mreže trenutnom intenzitetu saobraćaja u mreži. U radu je pokazano koliko je konstantan rad bazne stanice, sa jednakom potrošnjom energije nezavisno od dinamike saobraćaja, neefikasan jer se ogromna količina energije nepotrebno troši. S druge strane, pokazano je i da se dinamičkim radom može postići ušteda od 15% do 40%, zavisno od intenziteta saobraćaja.

Navedeni teorijski koncepti našli su prve praktične realizacije kod vodećih svjetskih operatora i proizvođača opreme, koji su implementirali nova rješenja u svoje sisteme. Ipak, ostaje značajan prostor za dalja poboljšanja kad je energetska efikasnost mobilnih komunikacionih mreža u pitanju, posebno u pogledu dalje optimizacije njihove topologije.

Napomena: Ovaj rad predstavlja dio istraživanja obuhvaćenih projektom „Napredna rješenja za poboljšanje performansi kooperativnih bežičnih e-servisnih infrastruktura“, podržanim od strane Ministarstva nauke Crne Gore.

LITERATURA

- [1] George Koutitas, Panagiotis Demestichas, „A Review of Energy Efficiency in Telecommunication Networks“, *Telfor Journal*, Vol. 2, No. 1, 2010.
- [2] Oliver Arnold, Fred Richter, Gerhard Fettweis, Oliver Blume, „Power Consumption Modeling of Different Base Station Types in Heterogeneous Cellular Networks“, *Future Network and Mobile Summit Conference Proceedings*, 2010.
- [3] Ziaul Hasan, Hamidreza Boostanimehr i Vijay K. Bhargava, „Green Cellular Networks: A Survey, Some Research, Issues and Challenges“, *IEEE communications surveys & tutorials*, 2011.
- [4] Yun Won Chung, „Performance Modeling of Energy-Efficient Femtocell Base Stations“, *International Conference on Information and Computer Networks (ICICN) IPCSIT vol. 27 IACSIT Press, Singapore*, 2012.

O SLOŽENOSTI JEDNOG PROŠIRENJA DESKRIPTIVNE LOGIKE SI ON COMPLEXITY OF AN EXTENSION OF DESCRIPTION LOGIC SI

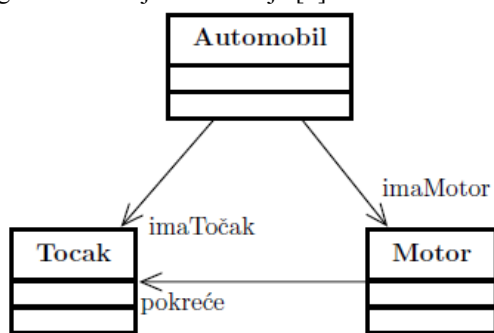
Milenko Mosurović, Goran Šuković, *Prirodno-matematički fakultet, Podgorica*

Sadržaj: Istraživanja na proširenju opisne logike SROIQ, koja je osnova za OWL2 (Web Ontology Language), sa složenim vezama na desnoj strani aksioma inkluzije veza predlažu algoritme rasuđivanja velike složenosti. Tačna složenost takvog proširenja i optimalni algoritam još nisu poznati. U ovom radu se posmatra deskriptivna logika SI, koja je fragment logike SROIQ. Pokazano je da proširenje ove logike s jednom aksiomom koja ima kompoziciju sa desne strane ostaje PSpace-kompletno.

Abstract: Research on extension of description logic SROIQ, which is the base for OWL2 (Web Ontology Language), with complex relations on the right side of role inclusion axioms, suggest reasoning algorithms of high complexity. Exact complexity of that extension and optimal algorithm are still unknown. In this paper, we consider description logic SI, which is a fragment of logic SROIQ. It is shown that extension of this logic with one axiom which has composition on right side, remains PSpace-complete.

1. UVOD

Obim i broj područja primjene ontoloških jezika je u stalnom porastu. Ovo stavlja konstantan pritisak na dizajnere ontoloških jezika. Tako, prva verzija Web Ontology Language OWL, koja je preporučena od W3C kao standard 2004, sadržala je deskriptivnu logiku (DL) SHOIN koja je osnovna DL ALC [1] proširena sa inverznom i tranzitivnom vezom, nominalima, brojnom restrikcijom i aksiomama inkluzije veza (AV). Njegova druga reinkarnacija OWL2, koja je usvojena 2009, bazirana je na moćnijem formalizmu SROIQ koji proširuje SHOIN sa svojstvima kao što su kompozicija veza, asimetrične, refleksivne i disjunktne veze kao i ograničena brojna restrikcija [2].



Slika.1. Model automobila [3]

Mada je SROIQ izražajan formalizam, on ne obezbeđuje način da se prikaže kompozicija veza sa desne strane AV koja se zahtjeva u mnogim oblastima primjene. Na primjer, pri modeliranju automobila [3] (Slika.1) javlja se sljedeća aksioma:

$$\mathit{imaTočak} \sqsubseteq \mathit{imaMotor} \circ \mathit{pokreće}$$

koja znači da ako automobil ima točak onda on ima motor koji pokreće taj točak. Novija istraživanja [4] su pokazala da je moguće proširiti SROIQ sa kontrolisanom upotrebom AV koje sadrže kompoziciju ili uniju veza sa desne strane, a da se dobije odlučiv formalizam. Dokazi odlučivosti su bazirani na tablo algoritmu. Međutim, predloženi algoritam nije optimizovan, a to nije moguće uraditi bez ocjene složenosti

samog formalizma. Pored toga, teško je procijeniti tačnu složenost tog algoritma zbog međusobne interakcije ograničene brojne restrikcije, inverzne veze, nominala i kompozicije veza. Gruba ocjena složenosti algoritma ukazuje da se pojavljuje eksponencijalni rast složenosti algoritma dodavanjem samo jedne AV sa kompozicijom sa desne strane. Ovo ograničava praktičnu implementaciju i upotrebu predloženog tablo algoritma. Otuda je od velike važnosti nalaženje složenosti samog formalizma i konstrukcija optimalnog algoritma.

U ovom radu se kao polazna logika uzima logika SI [5] (tj. ALC sa inverznom i tranzitivnom vezom), koja je manje izražajna od logike SROIQ i samim tim jednostavnija za razmatranje. Pokazano je da proširenje SI sa jednom AV oblika $R \sqsubseteq Q \circ P$ ostaje PSpace-kompletno. Ovo znači da je predložen tablo algoritam za ovu logiku optimalan.

2. SINTAKSA I SEMANTIKA

Simboli logike SI se uzimaju iz dva prebrojivo beskonačna međusobno disjunktna skupa N_C i N_R čije elemente redom nazivamo imena koncepata i imena veza. Skup N_R sadrži pravi podskup N_T veza koje su tranzitivne. Ovi simboli se interpretiraju u strukturi (interpretaciji) oblika $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, gdje je Δ^I neprazan skup i nazivamo ga domen interpretacije, a \cdot^I je funkcija interpretacije koja svakom imenu koncepta $A \in N_C$ dodjeljuje skup $A^I \subseteq \Delta^I$, a svakom imenu veze $R \in N_R$ dodjeljuje binarnu relaciju $R^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$. Ako je veza $R \in N_T$ onda je R^I tranzitivna relacija.

Za svako ime veze R mi definišemo inverznu vezu R^- i interpretiramo kao inverznu relaciju relacije R^I . Koristimo oznaku $\mathit{inv}(S)$ određenu sa $\mathit{inv}(R) = R^-$ i $\mathit{inv}(R^-) = R$, za $R \in N_R$. Takođe, koristimo oznaku $\mathit{tr}(R)$ ako je $R \in N_T$ ili $\mathit{inv}(R) \in N_T$.

Koncepti logike SI su definisani sljedećom gramatikom

$$C ::= A | \perp | \top | \neg C | C_1 \sqcap C_2 | C_1 \sqcup C_2 | \forall R. C | \exists R. C,$$

gdje je $A \in N_C$.

Interpretacija se proširuje na proizvoljne koncepte saglasno sljedećim semantičkim pravilima:

$$\begin{aligned} \top^I &= \Delta^I, & \perp^I &= \emptyset, & (\neg A)^I &= \Delta^I \setminus A^I, \\ (C \sqcap D)^I &= C^I \cap D^I, & (C \sqcup D)^I &= C^I \cup D^I, \\ (\forall R. C)^I &= \{a \in \Delta^I \mid \forall b. (a, b) \in R^I \rightarrow b \in C^I\}, \\ (\exists R. C)^I &= \{a \in \Delta^I \mid \exists b. (a, b) \in R^I, b \in C^I\}. \end{aligned}$$

Zadatak koji posmatramo je provjera zadovoljivosti datog koncepta. Naime, dati koncept C je zadovoljiv ako postoji interpretacija $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, takva da je skup C^I neprazan, u tom slučaju kažemo da je I model za koncept C .

Označimo sa SLe logiku koju dobijamo kada logiku SI proširimo sa $AV R \sqsubseteq Q \circ P$, gdje su $R, Q, P \in N_R \setminus N_T$. Dodatno pretpostavljamo da se pri izgradnji konceptata ne javlja inverzna veza od veze Q . Ponovo nas interesuje zadovoljivost koncepta C , ali se sada ograničavamo samo na interpretacije $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, koje su model za $AV R \sqsubseteq Q \circ P$, tj. zadovoljavaju $R^I \subseteq Q^I \circ P^I$.

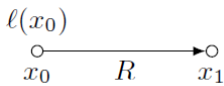
3. PRIMJER I OSNOVNA IDEJA

Gornju ocjenu složenosti logike SLe dobijamo tako što konstruišemo optimalni tablo algoritam. Predloženi algoritam je modifikacija algoritma iz [5], tako da radi i sa AV. U ovom odjeljku opisujemo osnovne ideje modifikacije na jednom jednostavnom primjeru.

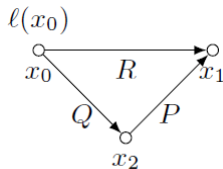
Primjer. Posmatrajmo koncept

$$C \equiv \exists R. \top \sqcap \forall Q. A \sqcap \forall Q. B.$$

Konstrukcija tabloa se počinje primjenom standardnih tablo pravila za ALC. Tako prvo se kreira korijen stabla x_0 i označi sa $l(x_0) = \{C, \exists R. \top, \forall Q. A, \forall Q. B\}$ ukazujući time na one koncepte koji treba da sadrže x_0 . Zatim, zbog $\exists R. \top \in l(x_0)$, se kreira novi čvor x_1 koji je R -sljedbenik od x_0 . Interpretacija koja odgovara dobijenom tablo (Slika 2) je model za koncept C , ali nije model za $AV R \sqsubseteq Q \circ P$. Da bi i ovo bilo zadovoljeno potreban je Q - sljedbenik x_2 od x_0 , koji ima x_1 kao svog P - sljedbenika (Slika 3).



Slika 2



Slika 3

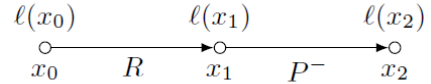
Međutim, dobijena interpretacija nema oblik stabla. Da bi tablo zadržao oblik stabla, može se konstruisati x_2 kao P -sljedbenik od x_1 bez eksplicitnog crtanja Q - luka od x_0 od x_2 . Kako bi izazvali kreiranje x_2 i obezbjedili da se Q - luk može uvijek dodati uvidimo novo tablo pravilo (\sqsubseteq) koje u svaku labelu $l(x_i)$ dodaje kvazi-koncept oblika $\forall R. \exists P^-. l(x_i) \upharpoonright_Q^\forall$, koji kodira $AV R \sqsubseteq Q \circ P$. Značenje ovog

kvazi-koncepta je upravo kako se i očekuje: svaki R -sljedbenik od x_i mora imati P^- sljedbenika koji sadrži sve labela iz skupa $l(x_i) \upharpoonright_Q^\forall = \{C \mid \forall Q. C \in l(x_i)\}$.

Sada korišćenjem i novog pravila dobijamo

$$\begin{aligned} l(x_0) &= \{C, \exists R. \top, \forall Q. A, \forall Q. B, \forall R. \exists P^-. \{A, B\}\}, \\ l(x_1) &= \{\exists P^-. \{A, B\}, \forall R. \exists P^-. \emptyset\}. \end{aligned}$$

Zatim se kreira novi P^- - sljedbenik x_2 od x_1 sa $l(x_2) = \{A, B, \forall R. \exists P^-. \emptyset\}$, kao što je prikazano na slici Slika 4. Dobijamo tablo iz koga možemo konstruisati traženu interpretaciju ako dodamo Q luk između x_0 i x_2 .



Slika 4

Napomenimo da skup $l(x_i) \upharpoonright_Q^\forall$ zavisi od trenutne situacije skupa $l(x_i)$. Da bi obezbjedili da se ovaj skup ne mijenja prije primjene novog pravila moramo imati pravilo izbora, nazovimo ga ch , koje će dodati sve potrebne koncepte za formiranje jedinstvenog skupa $l(x_i) \upharpoonright_Q^\forall$.

4. TABLO ALGORITAM

Neka je dat SLe koncept D i $AV R \sqsubseteq Q \circ P$. Interesuje nas odgovor na pitanje da li postoji model za D i datu AV (tj. da li je koncept D zadovoljiv u odnosu na $AV R \sqsubseteq Q \circ P$). U ovom odjeljku opisaćemo tablo algoritam koji nam daje odgovor na postavljeno pitanje. Pretpostavljamo da je koncept D u NNF formi, tj. da se negacija nalazi samo ispred imena konceptata. Sa $sub(D)$ označimo skup svih podkonceptata koncepta D . Podkoncepte ćemo koristiti kao oznake u tablo algoritmu zajedno sa kvazi-konceptima, tačnije kao moguće oznake koristićemo elemente sljedećeg skupa

$$qsub(D) = sub(D) \cup \{\forall R. \exists inv(P). X \mid X \subseteq sub(D) \upharpoonright_Q^\forall\} \cup \{\exists inv(P). X \mid X \subseteq sub(D) \upharpoonright_Q^\forall\}.$$

Tablo algoritam radi na stablu koje se dopunjava. To je stablo kod koga je svaki čvor x označen sa labelama $l(x), b(x)$ i $l^n(x)$, koji su podskupovi od $qsub(D)$. Dalje svaka grana stabla (x, y) je označena sa $e(x, y) = S$ za neku (moguće inverznu) vezu S koja se javlja u D ili je $S \equiv inv(P)$. Formalno stablo koje se dopunjava možemo zapisati kao petorku $T = (V, l, b, l^n, e)$, gdje je sa V označen skup čvorova a ostalo su labela kako je to prethodno opisano. Napomenimo da je skup grana stabla jednoznačno određen pomoću labela e . U jednom koraku algoritma može biti proširena neka od labela ili dodat novi list u stablo.

Kažemo da stablo koje se dopunjava T sadrži protivrječnost ako za neki čvor x u T važi jedan od uslova:

- $\perp \in l(x)$ ili
- postoji koncept C takav da je $\{C, \neg C\} \subseteq l(x)$ ili
- postoji koncept oblika $\forall Q. C$ takav da je $\forall Q. C \in l(x) \cap l^n(x)$.

Ako je $e(x, y) = S$ onda y nazivamo S sljedbenikom od x , a x nazivamo $inv(S)$ prethodnikom od y . Čvor y se naziva S susjed čvora x ako je y S sljedbenik od x ili je x $inv(S)$ prethodnik od y .

Za čvor y kažemo da je blokiran ako je njegov $inv(S)$ prethodnik y' blokiran ili postoji predača x od y tako da važi
 $b(y) \subseteq l(x)$, $l(y) / inv(S) = l(x) / inv(S)$
gdje je $l(z) / inv(S) = \{\forall inv(S). C \in l(z)\}$.

Tabela 1. Pravila proširenja za logiku SIE

\sqcap	if $C_1 \sqcap C_2 \in l(x)$ and $\{C_1, C_2\} \not\subseteq l(x)$ then $l(x) \leftarrow l(x) \cup \{C_1, C_2\}$
\sqcup	if $C_1 \sqcup C_2 \in l(x)$ i $\{C_1, C_2\} \cap l(x) = \emptyset$ then $l(x) \leftarrow l(x) \cup \{C\}$ za neko $C \in \{C_1, C_2\}$
\forall	if $\forall S. C \in l(x)$ then if postoji S sljedbenik y od x sa $C \notin b(y)$ then $l(y) \leftarrow l(y) \cup \{C\}$ i $b(y) \leftarrow b(y) \cup \{C\}$ if postoji S prethodnik y od x sa $C \notin l(y)$ then $l(y) \leftarrow l(y) \cup \{C\}$
\forall_+	if $\forall S. C \in l(x)$ i $tr(S)$ then if postoji S sljedbenik y od x sa $\forall S. C \notin b(y)$ then $l(y) \leftarrow l(y) \cup \{\forall S. C\}$ i $b(y) \leftarrow b(y) \cup \{\forall S. C\}$ if postoji S prethodnik y od x sa $\forall S. C \notin l(y)$ then $l(y) \leftarrow l(y) \cup \{\forall S. C\}$
ch	if $\forall Q. C \in sub(D)$ i $\forall Q. C \notin l(x) \cup l^n(x)$ then $l(x) \leftarrow l(x) \cup \{\forall Q. C\}$ ili $l^n(x) \leftarrow l^n(x) \cup \{\forall Q. C\}$
\sqsubseteq	if nije moguće primijeniti ch pravilo na čvor x i $\forall R. \exists inv(P). l(x) _Q^{\forall} \notin l(x)$ then $l(x) \leftarrow l(x) \cup \{\forall R. \exists inv(P). l(x) _Q^{\forall}\}$
\exists_1	if $\exists inv(P). C \in l(x)$, $C \subseteq sub(D)$, x nije blokiran, nijedno od prethodnih pravila nije moguće primijeniti na predače od x i x nema $inv(P)$ susjeda y sa $C \subseteq b(y)$ then kreiraj novi čvor y sa $e(x, y) = inv(P)$ i $l(x) = b(x) = C$
\exists	if $\exists S. C \in l(x)$, $C \in sub(D)$, x nije blokiran, nijedno od prethodnih pravila nije moguće primijeniti na predače od x i x nema S susjeda y sa $C \in b(y)$ then kreiraj novi čvor y sa $e(x, y) = S$ i $l(x) =$ $b(x) = \{C\}$

Sada treba dokazati da će se tablo algoritam (Tabela 2) uvijek zaustaviti i da će dati korektan odgovor. Uočimo prvo da algoritam dodaje koncept u labelu $b(x)$ samo pri kreiranju čvora x ili primjenom pravila \forall ili \forall_+ na čvor koji je prethodnik čvora x . Indukcijom po koracima algoritma lako je pokazati da za svaki čvor x stabla T važi $b(x) \subseteq l(x)$. Intuitivno za blokiranje nam nisu neophodni svi koncepti iz $l(x)$, zato u $b(x)$ pamtimo samo one koncepte koji su nam neophodni za blokiranje.

Lema 1. Za svaki koncept D tablo algoritam se zaustavlja.

Dokaz. Neka je $m = |sub(D)| \leq 2|D|$, onda je $|qsub(D)| \leq m + 2^m$. Sljedbenike nekog čvora kreiraju jedino pravila \exists_1 i \exists , koja kada se jednom primijeni za (kvazi-)koncept neće biti ponovo primijenjeno za taj (kvazi-)koncept. Ovo znači da jedan čvor nema više od $m + 2^m$ sinova, gdje prvi sabirak

Tabela 2. Tablo algoritam

<p>Algoritam. Za provjeru zadovoljivosti SIE koncepta. Ulaz: Koncept D i $AVR \sqsubseteq Q \circ P$. Izlaz: Odgovor „DA“ ako postoji model za dati koncept i AV inače odgovor „NE“.</p> <p>Metod: BEGIN Kreiraj stablo T sa čvorom (korjenom) x_0 i označi taj čvor sa $l(x_0) = \{D\}$, $b(x_0) = \emptyset$ i $l^n(x_0) = \emptyset$; WHILE(moguće je primijeniti neko od pravila iz Tabele 1) Nedeterministički izaberi jedno od pravila iz Tabele 1 koje je moguće primijeniti i primijeni ga; END WHILE; IF (stablo T sadrži protivrječnost) THEN odgovori „NE“ ELSE odgovori „DA“ END IF; END BEGIN.</p>

odgovara maksimalnom broju koncepata a drugi broju kvazi-konceptata. Različitih nepraznih labela $l(x) \subseteq qsub(D)$ imamo manje od 2^{m+2^m} . Zato svaki put u stablu od korjena do lista dužine $\geq 2^{m+2^m}$ sadrži čvor koji je blokiran. Dakle, veličina labela je ograničena a i veličina stabla koje generiše algoritam je ograničena pa se algoritam zaustavlja.

Lema 2. Ako algoritam odgovori „DA“ onda je ulazni koncept D zadovoljiv u odnosu na datu $AVR \sqsubseteq Q \circ P$.

Dokaz. Ako je algoritam odgovorio „DA“ onda je on konstruisao stablo koje se dopunjava $T = (V, l, b, l^n, e)$ koje ne sadrži protivrječnost i na koje ne možemo primijeniti ni jedno od pravila za proširenje. Na osnovu stabla T konstruisaćemo interpretaciju $I = (\Delta^I, \cdot^I)$ na sljedeći način.

$$\Delta^I = \{x \in V | x \text{ nije blokiran}\},$$

$$A^I = \{x \in \Delta^I | A \in l(x)\}, \quad \text{za } A \in N_C,$$

$$S^I = \begin{cases} \varepsilon(S)^+, & \text{za } tr(S) \\ \varepsilon(S), & \text{inače} \end{cases}, \quad \text{za } S \in N_R.$$

Ovdje je $\varepsilon(S)^+$ tranzitivno zatvorenje relacije $\varepsilon(S)$ a relaciju $\varepsilon(S) \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$, konstruišemo na sljedeći način

$$\varepsilon(S) = \{(x, y) | y \text{ je } S \text{ susjed od } x\} \cup$$

$$\{(x, y) | e(x, z) = S \text{ i } y \text{ blokira } z\} \cup$$

$$\{(x, y) | e(y, z) = inv(S) \text{ i } x \text{ blokira } z\} \cup$$

$$\{(x, y) | S = Q, e(x, z) = R, e(z, y) = inv(P), l(x)|_Q^{\forall} \subseteq l(y)\}.$$

Lako je pokazati da je $R^I \subseteq Q^I \circ P^I$. Dok $x_0 \in D^I$ slijedi iz svojstva.

Neka je $C \in sub(D)$, i $x \in \Delta^I$. Ako je $C \in l(x)$ onda je $x \in C^I$.

Ovo svojstvo se dokazuje matematičkom indukcijom po složenosti koncepta na standardan način.

Lema 3. Ako je ulazni koncept D zadovoljiv u odnosu na datu $AVR \sqsubseteq Q \circ P$ onda algoritam odgovora „DA“.

Dokaz. Ako je ulazni koncept zadovoljiv u odnosu na datu AV onda postoji model za njih. Na osnovu tog modela možemo primjenjivati nedeterministička pravila da ne dobijemo protivrječnost, pa će algoritam odgovoriti „DA“.

Na osnovu lema 1,2,3 imamo sljedeći teoremu.

Teorema 1. Tablo algoritam radi korektno.

5. ANALIZA SLOŽENOSTI

Za logiku SI poznato je da problem zadovoljivosti koncepta je PSpace-kompletan. Iz ovoga direktno slijedi da je problem zadovoljivosti SIE koncepta PSpace-težak. U ovom odjeljku ćemo dokazati da ovaj problem pripada klasi PSpace. Ovo ćemo postići tako što ćemo izvršiti bolju procjenu prethodnog algoritma u odnosu na procjenu koja je urađena u dokazu leme 1, kao i modifikacijom samog algoritma da koristi polinomijalni prostor. Napomenimo da će i modifikovani algoritam biti nedeterministički ali nam to ne smeta jer je $NPSpace=PSpace$.

Lema 4. *Neka je S veza sa $tr(S)$ i $m = |sub(D)|$. Neka su dalje x_0, x_1, \dots, x_n uzastopni čvorovi, u stablu koje se dopunjava, sa $e(x_i, x_{i+1}) = S, 0 \leq i < n$, gdje je $n \geq m^3$. Ako se pravila $\forall i \forall x_+$ ne mogu primijeniti na ove čvorove onda je jedan od ovih čvorova blokiran.*

Dokaz. Pošto je $tr(S)$ onda $S \notin \{R, P^-\}$ pa je $b(x) \subseteq sub(D)$ za $1 \leq i \leq n$. Označimo sa $C_i \in sub(D)$ koncept koji se dodaje u $b(x_i)$ prilikom kreiranja čvora x_i , za $i \geq 1$. Iz pravila za proširenje (Tabela 1) dobijamo da za $1 \leq i \leq n$ važi $b(x_i) \setminus \{C_i\} \subseteq b(x_{i+1})$. Iz ovoga zaključujemo da postoji manje od m^2 različitih $b(x_i)$, za $0 \leq i \leq n$. S druge strane iz $l(x_{i+1}) / inv(S) \subseteq l(x_i) / inv(S)$ dobijamo da postoji najviše m različitih skupova $l(x_i) / inv(S)$, za $0 \leq i \leq n$. Iz ovoga i definicije blokiranja slijedi tvrđenje.

Prethodna lema nam kaže da je svaki put u stablu koji je izgrađen samo pomoću tranzitivne veze polinomijalno ograničen. Da bi obezbijedili da to važi za proizvoljni put potrebna nam je modifikacija *ch* pravila. Označimo sa $|C|$ dužinu koncepta C i za svaki čvor stabla x definišimo broj $d(x) = \max\{|C| \mid C \in l(x) \cap sub(D)\}$. Za trenutak pretpostavimo da nemamo podkonceptata oblika $\forall Q.C$ tj. da se pravila *ch*, \exists ne primjenjuju. Uočimo da tada, ako je $e(x, y) = S$ onda je $d(x) \geq d(y)$ pri čemu važi stroga nejednakost ako nije $tr(S)$. Pored toga za $S_1 \neq S_2, e(x, y) = S_1$ i $e(y, z) = S_2$ važi $d(x) > d(z)$. Imajući ovo u vidu za svaki čvor x stabla definišimo broj $s(x)$ kako slijedi. Za korijen stabla $s(x_0) = |D|$. Ako je $e(x, y) = S$ onda je $s(y) = s(x)$ u jednom od sljedeća dva slučaja: i) $tr(S)$ i postoji z tako da je $e(z, x) = S$ ili ii) $S = inv(P)$ i postoji z tako da je $e(z, x) = R$; inače je $s(y) = s(x) - 1$. Intuitivno $s(x)$ označava maksimalnu dužinu koncepta koji se može naći u labeli $l(x)$. Sada modifikujemo pravilo *ch* da poslije njegove primijene važi: ako je $|\forall Q.C| > s(x)$ onda je $\forall Q.C \in l^n(x)$, jer druga pravila nemogu dodati ovaj koncept u labelu $l(x)$.

Lema 5. *Put u tablu od korjena do lista ima dužinu $O(m^4)$, gdje je $m = |sub(D)|$.*

Dokaz. Uočimo da ako primjenjujemo modifikovano pravilo *ch* onda za svaki čvor važi $d(x) \leq s(x)$. S druge strane $s(x_0) \leq m$, a na osnovu leme 4 i prethodno izloženog na svakom put čija je dužina veća od m^3 ili će se naći blokiran čvor ili će se vrijednost od $s(\cdot)$ smanjiti za jedan. Tako maksimalni put ima dužinu $O(m^4)$, jer mora da važi $s(x) \geq d(x) \geq 1$.

Preciznijom analizom u odnosu na analizu u lemi 1 možemo zaključiti da su veličine labela linearno ograničene u odnosu na broj m . Naime labela $l(x)$ može da ima onoliko kvazi-konceptata oblika $\exists inv(P).C, C \subseteq sub(D)$ koliko čvor x ima $inv(R)$ susjeda, što je ograničeno sa m . Ovo ujedno znači da je i broj sljedbenika nekog čvora ograničen linearno u odnosu na m .

Imajući u vidu prethodno izloženo možemo konstruisati neteterministički algoritam koji koristi polinomijalni prostor kako slijedi. Nedeterministički konstruišemo čvorove i labele duž jednog puta stabla. Za ovo nam treba polinomijalni prostor. Provjerimo da li su svi uslovi (pravila) na tom putu zadovoljeni. Ako put zadovoljava uslove i ne sadrži protivrječnost od lista krećemo korak unazad (tj. do njegovog prethodnika). Zatim brišemo potomke posmatranog čvora i generišemo novi put ako postoji, inače se vraćamo još jedan korak unazad. Sada možemo formulirati glavni rezultat ovoga rada.

Teorema 2. *Problem zadovoljivosti SIE-koncepta je u klasi PSpace.*

Teorema 3. *Problem zadovoljivosti SIE-koncepta je PSpace-kompletan.*

6. ZAKLJUČAK

Rezultati izloženi u ovom radu pokazuju da se složenost kod SIE logike nije promijenila u odnosu na SI logiku. Sa jedne strane, to je dobra naznaka da neće doći do eksponencijalnog rasta za slično proširenje kod SROIQ logike. S druge strane, u ovom radu su napravljena i dva ograničenja. Prvo ograničenje, da se u posmatranom konceptu ne javlja $inv(Q)$ uvedeno je iz tehničkih razloga, jer bi njegovo prihvatanje zahtijevalo uvođenje velikog broja novih pojmova. Pretpostavljamo da će rezultat ostati isti i kada se oslobodimo ovog ograničenja. Drugo ograničenje, da veze R, Q, P nisu tranzitivne, uvedeno je jer neki od dokaza koriste ovu pretpostavku. Da li će se složenost povećati ako se oslobodimo ovog ograničenja ostaje otvoren problem. Ovo će svakako biti predmet naših daljih istraživanja.

LITERATURA

- [1] Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., Patel-Schneider, P.-F. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*. CUP. (2nd edition, 2007).
- [2] Horrocks, I., Kutz, O., Sattler, U. *The even more irresistible SROIQ*. In KR, p. 57--67.
- [3] Krdzavac, N., Bock, C. *Reasoning in manufacturing part-part examples with OWL2*. U.S. NIST, Gaithersburg, USA.
- [4] Mosurovic, M., Krdzavac, N., Henson, G., Zakharyashev, M. *A Decidable Extension of SROIQ with Complex Role Chains and Unions*. Rukopis.
- [5] Horrocks, I., Sattler, U., and Tobies, S. *A PSpace-algorithm for deciding ALCIR₊-satisfiability*. Technical Report 98-08, RWTH Aachen, 1998.

GENERISANJE MODULARNIH NEURONSKIH MREŽA PRIMJENOM SISTEMA LINDENMAJERA I GENETSKIH ALGORITAMA

GENERATING MODULAR NEURAL NETWORKS USING LINDENMAYER SYSTEMS AND GENETIC ALGORITHMS

Goran Šuković, Milenko Mosurović, *Prirodno-matematički fakultet, Podgorica, Crna Gora*

Sadržaj: *U ovom radu predstavljen je jedan metod generisanja arhitekture modularne neuronske mreže. Arhitektura se kodira pomoću sistema za generisanje fraktala (sistema Lindenmajera ili L-sistema), dok se genetičkim algoritmom pretražuje prostor stanja svih arhitektura u potrazi za skoro optimalnom arhitekturom za dati problem. Generisana mreža se obučava primjenom klasičnog algoritma "propagacije unazad".*

Abstract: *This paper presents a method for generating modular neural network architectures. Network architecture is coded using grammatical systems for fractal generation (L-Systems). Genetic algorithm is applied to search space of neural network architectures and finding near optimum architecture suitable for a problem at hand. Generated neural networks are trained with traditional (non-evolutionary) algorithms such as "back propagation".*

1. INTRODUCTION

Artificial neural networks (ANN) are well-established computational paradigm in the area of artificial intelligence (AI). ANN's are usually seen as method for implementation complex non-linear mappings. Genetic algorithms are powerful search method based on biological principles like selection, crossover and mutation. Lindenmayer Systems (L-Systems) are wide known tool for fractal construction ([1]).

Finding suitable neural network for problem at hand is challenging task. There are numerous methods based on joint use of genetic algorithms and neural networks ([2]). Such methods may be classified as follows.

- A topology (i.e., connections, the number of layers, and the number of neurons in a layer) is given, and genetic algorithms are used for calculations of the connection weights.
- Learning rules are given, and genetic algorithms are used for calculation of network topologies.
- A network topology is specified, and genetic algorithms are used for calculation of learning rules based on a certain fitness function.

Most of these methods apply direct encoding ([3]) - the architecture of the network and/or its weights are coded into chromosomes directly, which results in a huge number of chromosomes and increases their dimensions. Several propositions to reduce this fast growth have been suggested in the literature ([2], [4]), and practically all of them are based on the idea of coding rules (recipes) generating the network rather than on coding the network itself.

This paper illustrates how to combine genetic algorithms and L-Systems in order to create modular neural network architectures. A modular neural network is meant to be a neural network each module of which is, in its turn, a completely connected multilayer neural network.

2. PROCESS OF NETWORK GENERATION

The process of generating a modular neural network is shown in Figure 1.

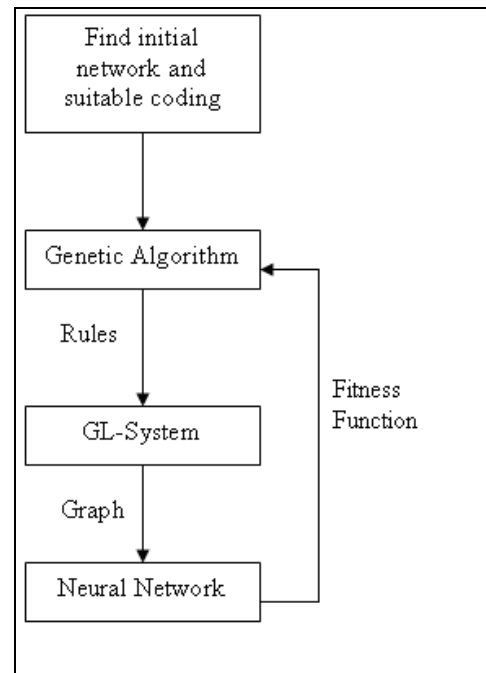


Figure 1 - Framework for generating neural network architectures

First step is specification of an initial network and a sequence of rules generating it. For the initial network, we may take a simple two-layer network consisting of d neurons in the input layer and one neuron in the output layer, where d is dimension of the input space. If a network that solves the given problem is already known (but need to be improved), we may take the architecture of this network for the initial architecture. Substitution rules generating the given network are determined (at least, one rule can be always determined)

and coded in sequences of symbols further referred to as chromosomes.

Genetic algorithm create a string of binary numbers, i.e., a chromosome of an individual. Generation of new individuals is implemented by means of a crossing operator, the probability of application of which depends on the value of the parents' fitness function. The value of the descendants' fitness function is determined in the last step.

The chromosomes are decoded into a set of grammatical rules of a GL-system. Applying the inference rules obtained starting from an axiom, we get a string that represents an encoded neural network architecture.

The neural network generated in previous step is trained for solving a problem at hand, usually using the "backpropagation" algorithm or some other learning algorithm. Depending on the learning rate or some other criterion (e.g., the network root-mean-square error), the value of the fitness function for the network-generating chromosome is determined.

3. GL SYSTEMS

An L-system is a triple $G = (\Sigma_1, M, H)$, where Σ_1 is an alphabet, M is a set of grammatical or substitution rules, and H is an axiom (initial string). A rule in context-dependent L-systems has the form $L < P > R \rightarrow S$, where L and R are the left and right contexts of the symbol P , respectively. In ordinary L-systems, if L immediately precedes P and R immediately follows P , P is replaced by the symbol S .

In contrast to ordinary grammars, where the rules are applied successively, in the L-systems, the rules are applied in parallel; i.e. on each inference step we simultaneously substitute the string S for all substrings P using the rule $L < P > R \rightarrow S$. Thus, on one inference step, one and the same rule $L < P > R \rightarrow S$ can be applied several times. Moreover, rules of the form $L < P > R \rightarrow S$, $P > R \rightarrow S$, $L < P \rightarrow S$, and $P \rightarrow S$ can be applied simultaneously.

Example 1. A context-dependent system.

Alphabet: $A = \{X, Y, Z\}$

Axiom: X

Rules:

1. $X \rightarrow XYZ$
2. $X < Y \rightarrow X$
3. $Y < Z \rightarrow YZY$
4. $Y < Z > X \rightarrow Y$

Let the expression $\alpha \Rightarrow \beta$ imply that the symbol α of the word on the step $i - 1$ is replaced by the symbol β on the step i . Symbols in the word are replaced from the left to the right. Then, the step-wise procedure looks as follows

Step 1. X (axiom)

Step 2. XYZ ($X \rightarrow XYZ$, rule 1)

Step 3. $XYZXYZY$ ($X \rightarrow XYZ$, rule 1,

$Y \rightarrow X$, rule 2,

$Z \rightarrow YZY$, rule 3)

Step 4. $XYZXYZXYZXYZY$ ($X \rightarrow XYZ$, rule 1,

$Y \rightarrow X$, rule 2,

$Z \rightarrow Y$, rule 4,

$X \rightarrow XYZ$, rule 1,

$Y \rightarrow X$, rule 2,

$Z \rightarrow YZY$, rule 3,

$Y \rightarrow Y$, write last

symbol Y from step 3).

If more than one rule can be applied, we choose the rule with the longest context. If there are more than one contexts of the same length, we choose the first rule from the rule list. A string is interpreted from the left to the right.

GL-systems are special case of the so-called 2L-systems (systems containing at least one rule with two-sided context). The result of application of rules of a GL-system is a directed graph. Alphabet of a GL-system contains three groups of symbols: Σ , English letters from A through Z (or a subset of English alphabet); C , the set of integers $0-9$ (or some its subset); the pair of brackets '[' and ']'; and the symbol '!'. Thus, $\Sigma_1 = \Sigma \cup C \cup \{ '[', ']', '!', '!' \}$. The axiom is determined by a given problem. The neural network structure is determined by the directed graph obtained by application of a GL-system.

English letters denotes graph nodes. Letters (i.e., corresponding nodes) enclosed in brackets form a module (subnet). A numerical symbol x immediately following a node and /or module is interpreted as follows: "jump by x nodes and/or modules to the right and create the corresponding connection (edge) between the nodes and/or modules." Adding the symbol '!' to the alphabet and interpreting the substring '-x' as "jump by x nodes and/or modules to the left and create the corresponding connection," we get an opportunity to generate recurrent neural networks. In contrast to 2L-systems, where only one symbol can be replaced on each step, in GL-systems, the whole substrings can be replaced.

The definition of context in GL-systems is different from that in L-systems by that the context in GL-systems is determined after interpretation of the whole string. Two adjacent modules are not to be completely connected. Output nodes of the first module are connected with input nodes of the next module. The input nodes do not have inputs from the other nodes inside the module, and the output nodes do not have outputs to the other nodes inside the module.

Example 2. Context-dependent GL-system.

Alphabet: $A = \{P, Q, R, S\} \cup \{1, 2\} \cup \{ '[', ']', '!', '!' \}$.

Axiom: P

- Rules: $\left\{ \begin{array}{l} 1. P \rightarrow QQQ \\ 2. Q > Q \rightarrow [R, S] \\ 3. Q \rightarrow R \\ 4. R < S \rightarrow R \\ 5. S > S \rightarrow R1 \end{array} \right.$

Step 1. P (axiom)

Step 2. QQQ (rule 1.)

Step 3. $[R, S][R, S]R$ (rule 2., rule 2., rule 3.)

Step 4. $[R, R1][R, R]R$ (rule 5., rule 4.)

In step 4, the first letter S is replaced with the string R1 because it is connected with the second letter S in the string. Similarly, the second letter S is replaced with the letter R because there is an edge between the first letter R and the second letter S.

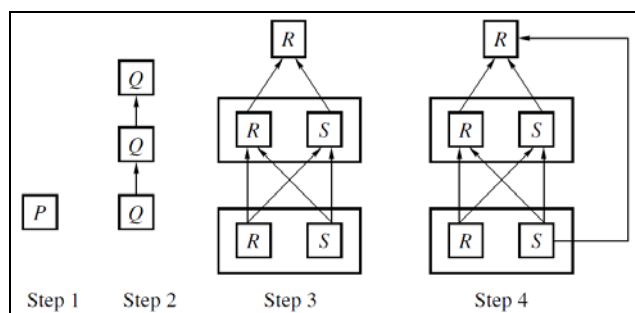


Figure 2

Generation of modular network is shown on Figure 2.

4. FORMAL DEFINITION OF GL SYSTEMS

In order to formally define the left and right contexts, we need the notions of m-string, symbol depth in a string, carrier of a string and of its length, connecting numerals, letter position in a carrier, and input and output letters.

An m-string is a string (word) $x \in \Sigma_1^*$ that has the same number of opening and closing brackets in the correct order, such that the number of opening brackets in any prefix is not less than the number of closing ones. In addition, any symbol ' ' belonging to a string x must be enclosed in at least one pair of brackets. The symbol $cl(x)$ denotes a string obtained from the m-string x by removing all numerals.

The depth $d(X)$ of the symbol (letter) X in an m-string $z \in \Sigma_1^*$ is the number of opening (closing) brackets in z on the left (on the right) of X. The depth $d(z)$ of the string $z = a_1 \cdots a_n$, $a_1, \dots, a_n \in \Sigma$, is the maximum depth of symbols belonging to the string z; i.e., $d(z) = \max\{d(a_i) | i = 1, \dots, n\}$. Similarly, the minimal depth $md(z)$ of the string $z = a_1 \cdots a_n$, $a_1, \dots, a_n \in \Sigma$ is $md(z) = \min\{d(a_i) | i = 1, \dots, n\}$.

The carrier $cr^d(y)$ of depth d of the m-substring $y = a_j \cdots a_k$ in the m-string z, $0 \leq d \leq md(y)$, is the longest m-substring $t = a_i \cdots a_j \cdots a_k \cdots a_m$ of the m-string z satisfying the following conditions:

(1) $\forall l \in \{i, \dots, m\} d(a_l) \geq d$;

(2) if, for some index $l \in \{i, \dots, m\} a_l = ', '$, then $d(a_l) > d$.

The minimal carrier $mcr^d(y)$ of depth d of the m-substring $y = a_j \cdots a_k$ in the m-string z, $0 \leq d \leq md(y)$, is the shortest m-substring $t = a_i \cdots a_j \cdots a_k \cdots a_m$ of the m-string z satisfying the following conditions:

(1) $\forall l \in \{i, \dots, m\} d(a_l) \geq d$;

(2) if, for some index $l \in \{i, \dots, m\} a_l = ', '$, then $d(a_l) > d$.

Suppose that, for some m-substring t of the m-string z, the carrier has the form $cl(cr^d(t)) = y_1 \cdots y_n$, where, $\forall i \in \{1, \dots, n\}$, y_i is a symbol of the alphabet or

$y_i = [t_1, \dots, t_k]_d$. Then, $len^d(t) = n$ is called the length of the carrier $cr^d(t)$.

If the symbol X belongs to y_i , then $pos^d(X) = i$ is called the position of the m-substring t in the carrier $cr^d(t)$.

A symbol X of depth $d(X)$ is an input symbol of an m-string z of depth $d(z)$ if $d(X) \geq d(z)$ and, for any $m \in \{d(z), \dots, d(X)\}$, X belongs to y_1^m if $cl(cr^m(X)) = y_1^m \cdots y_n^m$. The set of all input symbols of an m-string z is denoted by $In(z)$. A symbol X of depth $d(X)$ is an output symbol of an m-string z of depth $d(z)$ if $d(X) \geq d(z)$ and, for any $m \in \{d(z), \dots, d(X)\}$, X belongs to y_n^m if $cl(cr^m(X)) = y_1^m \cdots y_n^m$. The set of all input symbols of an m-string z is denoted by $Out(z)$.

The set $cif(t)$ of all connecting numerals of the m-substring t is defined as follows. If there exists a substring $tc_1 \cdots c_n$, $c_i \in C, i = 1, \dots, n$ of the string z, then all numbers $c_i \in C, i = 1, \dots, n$ belongs to the set $cif(t)$. In addition, if for some d, $cl(mcr^d(t)) = y_1 \cdots y_n$, $t \in Out(mcr^d(t))$ and there exists a substring $y_1 \cdots y_n c_1 \cdots c_m$, then all numbers $c_i, i = 1, \dots, n$ belongs to the set $cif(X)$.

The set $RC(t)$ of all right contexts of the m-substring t of depth $d(t)$ is defined as follows. Let

$p(j) = \max\{d \mid i + j + 1 \leq len^d(t), i = pos^d(t)\}$ and
 $cl(cr^{p(j)}(t)) = y_1 \cdots y_n$ for any $j \in cif(t) \cup \{0\}$. Then,
 y_{i+j+1} and $In(y_{i+j+1})$ belongs to the set $RC(t)$. If such p
 does not exist, j may be removed from the set $cif(t)$. The set
 $LC(t)$ of all left contexts of the m -substring t is defined in
 terms of the set of right contexts as follows
 $LC(t) = \{y \mid (\exists s)t \in RC(s)\}$.

A substitution rule $L < P > R \rightarrow S$ is called correct if the
 following conditions are fulfilled: P is an m -string, S is an m -
 string or empty word, L (if exists) is an element of the set
 $LC(t)$, and R (if exists) is an element of the set $RC(t)$. The
 sets $LC(t)$ and $RC(t)$ are determined only for those strings t
 for which there exists the substitution rule of form
 $L < t > R \rightarrow S$ or $L < t \rightarrow S$ or $t > R \rightarrow S$ in the given
 grammar.

5. GENETIC ALGORITHM

The translation table encodes symbols of the alphabet into
 chromosomes. Particular form affects the quality of neural
 network architectures. The example of the translation table
 for the is shown in Table 1.

Table 1

	00	01	10	11	
00	4	,	<i>D</i>]	00
	4	[<i>D</i>]	
	&	[3	3	
	&	[3	6	
01	&	2	<i>E</i>	,	01
	&	2	<i>E</i>]	
	&	2	<i>F</i>]	
	&	2	<i>F</i>]	
10	,	,	<i>G</i>	[10
	,	,	<i>G</i>	[
	3	<i>A</i>	<i>H</i>]	
	5	<i>A</i>	<i>H</i>]	
11	1	<i>B</i>	&	<i>C</i>	11
	1	<i>B</i>	&	<i>C</i>	
	1	<i>B</i>	[<i>C</i>	
	1	<i>B</i>	[<i>C</i>	

The process of chromosome decoding is implemented in
 three steps.

- Transform each group of k bits into the corresponding symbol of the translation table. In Table 1, $k = 6$; in the general case, the parameter k is equal to the number of bits required for coding all symbols of the alphabet. As a result, we get a string of symbols of the alphabet.
- Find all minimal substrings possessing the following property: the first and last symbols of the substring

are '&', and there are three more symbols '&' between them.

- Each substring found on Step 2 is a grammatical rule. All rules that do not satisfy the above conditions are removed. All rules obtained forms a GL-system for one neural network.

Example of chromosome decoding using translation table
 from table 1 is shown in Figure 3.

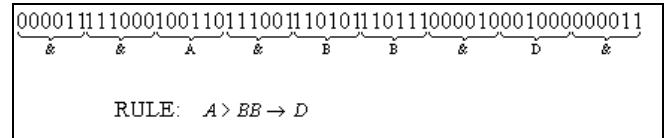


Figure 3

6. CONCLUSION

Based on ideas how to generate fractals and how to use
 genetic algorithms as function optimisers, a formal definition
 of GL systems is proposed. This work presents theoretical
 background and gives general framework for software tool
 which is currently under development ([4]).

Further work on this topic may include putting GL systems in
 the grammatical framework, finding automatically translation
 tables suitable for problem at hand and developing parallel
 computing methods for both training neural networks and
 using genetic algorithms.

LITERATURE

[1] Boers E. J. W. and Sprinkhuizen-Kuyper I. G. – Combined Biological Metaphors. In *Advances in the Evolutionary Synthesis of Intelligent Agents By Mukesh Patel, Vasant Honavar, Karthik Balakrishnan* (Eds.), pp. 153-183, MIT Press, 2001.

[2] Yao, Xin, “Evolving, training and designing neural network ensembles”, In *14th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*, 2010

[3] Rocha, M., Cortez, P., Neves, J., “Evolution of neural networks for classification and regression”, *Neurocomputing, Vol. 70, Issues 16-18, pp. 2809-2816, 2007.*

[4] Sukovic, G. “Application of Genetic Algorithms and Systems of Generating Graphs for Creation of Modular Neural Networks”, *Programming and Computer Software, Vol. 28, No. 1, pp. 9-14, 2002.*

INDEKS AUTORA

A

Aligrudić Ana 208

B

Barać Milan 141
Bikov Dušan 65
Bogojević Pero 141
Bogosavljević Vlada 93
Borković Aleksandar 17, 21
Božović Jovana 105
Božović Marko 25
Brajović Miloš 204
Brodić Darko 89
Bulatović Nikola 184

C

Citkuseva Dimitrovska Biljana 37, 69

D

Daković Milica 117
Daković Miloš 192, 204
Damjanović Nikola 181
Dedić Aleksandar 41
Divanović Soko 153
Draganić Andjela 165, 169
Drašković Aleksandar 204

Đ

Đikanović Nađa 101
Đukanović Slobodan 133, 137
Đuričić Đorđe 200
Đurović Igor 133, 137

F

Filipović Luka 9

G

Gadžović Almir 161
Gardašević Gordana 153
Gelev Sašo 37, 53, 57, 61
Geleva Ivana 61
Gicev Vlado 29
Gogić Milica 113
Golubovski Roman 45, 49, 53

H

Hadzi Kotarov Dragan 65

I

Ivanović N. Veselin 25

J

Jevtović Milojko 85
Jovanović Ana 77

K

Kokalanov Vasko 29
Končar Jelena 121
Kosanović Miloš 97
Kosanović Mirko 97
Kosić Dino 153
Kovačević Vidak 149
Krstajić Božo 5, 117
Kukuseva Maja 37, 69

L

Lazović Luka	77
Lekić Nedjeljko	157, 161
Leković Sonja	121
Lučić Duško	200
Lutovac Budimir	9, 13

M

Maletić Nebojša	153
Marijanović Milica	177
Matijašević Saša	81
Martinovska Bande Cveta	65
Mičanović Veselin	177
Mijanović Zoran	184
Milivojević Zoran	89, 93
Milošević Mirko	109
Minovski Dragan	53
Mosurović Milenko	212, 216

N

Nikolić Gorica	145
----------------	-----

O

Obradović Aleksandar	145
Obradović Milovan	129
Odadžić Borislav	173
Odalović Miloš	157
Ognjanović Nemanja	145
Orović Irena	165, 169

P

Parezanović Duško	173
Pavlović Goran	200
Pejanović-Djurišić Milica	208
Pekić Željko	101
Pelinković Alen	137
Perišić Vuko	105, 109
Petrović-Katai Zita	121
Pikula Milenko	173
Podsklan Peter	125
Popović Tomo	1
Popović-Bugarin Vesna	73

R

Radenović Filip	73
Radonjić Milutin	149, 153
Radović Jadranka	200

Radović Nevena	25
Radulović Aleksandra	117
Radulović Milovan	200
Radulović M. Petar	196
Radusinović Igor	149, 153, 157, 161

S

Samčović Andreja	188
Sarac Vasilija	53
Simeunović Marko	133, 137
Stamatović Biljana	125
Stanković Ljubiša	73, 192, 204
Stanković Srdjan	165, 169
Stefanov Goce	53
Stojanović Radovan	13
Strujić Dženan	13
Suteva Gabriela	29, 33

Š

Šćepanović Biljana	200
Šuković Goran	212, 216

T

Tadić M. Matija	196
-----------------	-----

U

Uskoković Zdravko	25
-------------------	----

V

Veletić Mladen	153
Veličković Zoran	81, 85
Vučetić Zoran	173
Vujović Stefan	192

Z

Zečević Žarko	5
Zlatev Zoran	29, 33

CIP - Каталогизација у публикацији
Централна народна библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-7664-107-9
COBISS.CG-ID 21975312

ISBN 978 86 7664 107 9



9 788676 641079 >