

IT'11
ŽABLJAK

XVI

naučno - stručni skup

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'11

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -

Urednik
Božo Krstajić

Zbornik radova sa XVI naučno - stručnog skupa
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održanog na Žabljaku od 22. do 26. februara 2011. godine

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2011

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 2011.

Sva prava zadržava izdavač i autori

Organizator

Centar Informacionog Sistema Univerziteta Crne Gore

Pokrovitelji

Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije Crne Gore

Ministarstvo prosvjete i sporta Crne Gore

Ministarstvo nauke Crne Gore

Održavanje skupa finansijski pomogli

* Crnogorski Telekom

* Microsoft Crna Gora

* doMEn d.o.o.

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, Elektroteh. fakultet, Podgorica
Dr Danijela Milošević, Tehnički fakultet, Čačak
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 Ramo Šendelj, Fakultet za Informacione Tehnologije, Podgorica
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica

Organizacioni odbor

Dr Vujica Lazović, Ministar za informaciono društvo i telekomunikacije

Dr Sanja Vlahović, Ministarka nauke

Dr Božo Krstajić, CIS Univerzitet CG

Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica

Radovan Rutešić, Ministarstvo prosvjete i sporta

Vladan Tabaš, Čikom

Sekretarijat

Aleksandra Radulović, CIS Univerzitet CG

P R E D G O V O R

Snijegom zatrpan Durmitor i pravi zimski ambijent su dočekali i ispratili učesnike XVI naučno-stručnog skupa INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost (IT'11). Broj i kvalitet prihvaćenih radova je značajno povećan, a ove godine je prvi put sprovedena i elektronska recenzija radova. Omasovljenje konferencije kao da korespondira sa obiljem snijega koji je neprestano padao tokom skupa. O ovome svjedoči broj strana ovog Zbornika kao i kvalitet radova koji Vas u njemu očekuje.

Otvaranje skupa je, pored susreta kolega i prijatelja, obilježila prezentacija najprofitabilnijeg izvoznog crnogorskog ICT proizvoda: nacionalnog TLD .me. Učesnici su čuli detalje o tehnici registracije domena, daljim planovima i komercijalnim efektima od predstavnika kompanije doMEn.

Dinamika rada, koja se godinama pokazala kao dobra, je primijenjena i ovaj put: rane prijepodneve sekcije autorskih radova, skijanje i uživanje na snijegu, popodnevna plenarna zasijedanja i večernja druženja. Za sve se ima vremena i za svakoga ponešto: virtuelizacija, cloude computing, Microsoft-ov akademski servisi LIVE@edu, Integris Telekom CG, digitalni sertifikat, eUprava i planovi novog Ministarstva nauke Crne Gore. Interesovanje za teme se ogledalo u velikom broju pitanja, sugestija i komentara koje su učesnici upućivali na svim prezentacijama i sesijama.

Ono što se moglo primijetiti je da je ove godine bilo mnogo više mlađih učesnika, posebno sa Univerziteta Crne Gore, Univerziteta Mediteran, Univerziteta iz Kragujevca, Ministarstva za informaciono društvo i telekomunikacije i Ministarstva prosvjete i sporta Crne Gore. Naravno, tu su bili i provjereni dugogodišnji učesnici svih IT-ova koji prate razvoj ovog skupa i ICT-a uopšte.

Očekujemo nastavak trenda i sledeće godine, povratak starih i dolazak novih poklonika Durmitora i ICT-a, te mnoštvo novih tema koje su već razrađene ili su još u formi ideje.

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

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

Slobodan Pavićević, Božo Krstajić PRILOG ANALIZI AŽURIRANJA I RANJIVOSTI OPERATIVNIH SISTEMA	1
Paunović Aleksandar, Božo Krstajić PRILOG ANALIZI UTICAJA MREŽNIH PARAMETARA NA KVALITET VIDEO SIGNALA U IP RADIODIFUZNIM SISTEMIMA PRENOSA	5
Blažo Đurović, Igor Đurović VIŠENITNO IZVRŠAVANJE PRI FILTRIRANJU SLIKA U .NET FRAMEWORK-U	9
Budimir Ugren, Andrija Đurašković, Božo Krstajić PRIMJER REALIZACIJE SISTEMA ZA VIDEO KONFENCIJE – CISCO TELEPRESENCE ...	13
Čabak Milan, Božo Krstajić, Vladimir Gazivoda SPLIT TUNNELING POVEZIVANJE NA PRIVATNU MREŽU PREKO INTERNETA	17
Maja Lakičević, Božo Krstajić PRILOG PARALELIZACIJI PROGRAMA SINHRONIZACIJOM NITI	21
Marina Matijević, Božo Krstajić PRIMJER KONVERTOVANJA FIZIČKOG U VIRTUELNI SERVER.....	25
Novak Vojinović, Vladan Vujičić UPRAVLJANJE BLDC MOTOROM POMOĆU MCK 2407 DSP RAZVOJNOG ALATA.....	29
Aleksandra Radulović, Božo Krstajić OBEZBJEĐIVANJE KVALITETA KOD UČENJA NA DALJINU	33
Anđelija Mitrović, Maja Božović, Danijela Milošević PRIMENA SLOODLE ALATA ZA KREIRANJE RAZLIČITIH TIPOVA ZADATAKA U KURSU RAČUNARSKA GRAFIKA.....	37
Ivan Kraljevski, Sime Arsenovski, Suzana Loskovska “BENCHMARKING” ZA OBEZBEĐIVANJE KVALITETA STUDISKIH PROGRAMA IZVOĐENIM PUTEM ELEKTRONSKOG UČENJA	41
Jezdimir Obadović IMPLEMENTACIJA INFORMACIONOG SISTEMA SA ASPEKTA FUNKCIONISANJA APLIKACIJA ELEKTRONSKI DNEVNIK.....	45
Marjan Milošević, Danijela Milošević, Dragan Pleskonjić SIGURNOST SISTEMA ZA UPRAVLJANJE UČENJEM.....	49
Radojka Krneta, Danijela Milošević, Bratislav Milovanović ANALIZA STANDARDA, PREPORUKA I UPUTSTAVA ZA AKREDITACIJU STUDIJA NA DALJINU U SRBIJI	54

Živadin Micić, Nebojša Stanković, Marija Blagojević, Maja Božović RAZVOJ I PRIMENE MEĐUNARODNIH STANDARDA U E-UČENJU.....	59
Zoran Ćorović, Igor Pekić, Ramo Šendelj IMPLEMENTACIJA VIRTUALNE RAČUNARSKE LABORATORIJE NA UNIVERZITETU »MEDITERAN«.....	63
Duško Penezić, Vladan Vujičić, Martin Čalasan PRIMJENA SOFTVERA MATLAB / SIMULINK U PROJEKTOVANJU MODELA FOTONAPONSKIH PANELA	67
Nikša Mijanović, Dragan Đurić PRIMENA PATERNA ZA DIZAJN TESTOVA U FUNKCIONALNOM PROGRAMIRANJU ..	71
Srdjan Jovanovski, Veselin Ivanović SIGNAL ADAPTIVNI SISTEM ZA ESTIMACIJU VISOKO NESTACIONARNIH FM SIGNALA IZLOŽENIH UTICAJU ADITIVNOG ŠUMA	75
Tanja Rašović, Željko Zorić IDEJNO RJESENJE APLIKACIJE ZA SEMANTICKO ADRESIRANJE E-PORUKA U ZAVODU ZA ZAPOSJAVANJE CRNE GORE.....	79
Vladisav Jelisavčić REALIZACIJA USB HID BIBLIOTEKE U PROGRAMSKOM JEZIKU JAVA.....	83
Laković Milan, Vladan Vujičić, Radovan Stojanović SOLARNI PANELI I PRIMJENA MPPT METODA „PERTURB AND OBSERVE“	86
Lukač Adnan, Tanja Maraš LOGIČKA ŠEMA ARHITEKTURA eDMS SISTEMA IMPLEMETIRANA U VLADI CRNE GORE.....	90
Alen Pelinković, Igor Đurović, Đuro Stojanović SISTEM VIŠESTRUKIH PODNOSILACA BAZIRAN NA AFFINE FOURIEROVOJ TRANSFORMACIJI U SATELITSKIM POMORSKIM KANALIMA	94
Anita Šimurina, Igor Radusinović, Milutin Radonjić, Zoran Veljović ANALIZA PROPUSNOSTI 2x2 CROSSBAR KOMUTATORA SA JEDINIČNIM BAFERIMAU UKRSNIM TAČKAMA PRI SPORADIČNOM DOLAZNOM SAOBRAĆAJU	98
Boriša Bjelica, Miloš Daković, Ljubiša Stanković METOD KOMPLEKSNE EMPIRIJSKE DEKOMPOZICIJE U OBRADI RADARSKIH SIGNALA	102
Elvis Babačić, Boris Jevrić, Zoran Veljović, Igor Radusinović PROCES STANDARDIZACIJE IMT-ADVANCED TEHNOLOGIJE RADIO INTERFEJSA ...	106
Fran Camaj, Nedjeljko Lekić, Veselin Manojlović OFF LINE RFID-FINGERPRINT IDENTIFIKACONI SISTEM	110
Uglješa Urošević, Zoran Veljović SU-MIMO TEHNIKE U LTE	114

Borislav Brnjada PRIMJENA RAČUNARA U MODELOVANJU ELEKTROMOTORNIH POGONA	118
Dženan Strujić, Mladen Bukilić, Ivana Ognjanović AGILNI RAZVOJ SOFTVERA I EKSTREMNO PROGRAMIRANJE	122
Jelena Končar, Sonja Leković RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI	126
Jelica Kasalica, Igor Ognjanović, Snežana Šćepanović PRIMJENA DIZAJNA ORJENTISANOG NA KORISNIKE U RAZVOJU WEB PORTALA ZA OSOBE SA HENDIKEPOM.....	130
Marinela Lazarević, Nikola Lazarević, Radovan Stojanović, Andrej Škraba, Marjan Senegačnik SIMULACIJA DISPERZIJE VAZDUŠNIH POLUTANATA SA PRIMJEROM U MATLABU	134
Milovan Obradović MOGUĆNOSTI PRIMENE E-OBRAZOVANJA U ZDRAVSTVU	138
Sonja Pravilović, Dženan Strujić, Mladen Bukilić PREDNOSTI PRIMJENE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U IZBORU OPTIMALNE PONUDE – TENDERA.....	142
Tripo Matijević, Zoran Ćorović, Snežana Šćepanović PRIMJENA INFRASTRUKTURE JAVNIH KLJUČEVA U VISOKOŠKOLSKIM USTANOVAMA	146
Ana Jovanović UTICAJ UGLA KORAKA SPIRALE NA DIJAGRAM ZRAČENJA CILINDRIČNE HELIKOIDNE ANTENE	150
Dejan Milićević, Milovan Radulović PRIMJER REALIZACIJE AMM SISTEMA U PRIGRADSKIM NASELJIMA	154
Martin Čalasan, Vladan Vujičić VEZA IZMEĐU SNAGE I TALASNOG OBLIKA KAPACITIVNOSTI V-C GENERATORA.....	158
Radislav Vulović, Nebojša Stanković, Miloš Papić INFORMACIONI SISTEM SPORTSKE ORGANIZACIJE	162
Anđela Draganić, Aleksandar Duković, Branka Jokanović, Ranko Tošković, Radovan Stojanović RAČUNANJE KVADRATNOG KORIJENA U FPGA TEHNOLOGIJI.....	166
Sandro Markić, Vladan Vujičić, Djordje Jovanović PROJEKTOVANJE INTEGRISANOG BUCK-FLYBACK PRETVARAČA	170
Vesna Bulatović MODEL SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U RAZVOJU LJUDSKIH RESURSA (SPO).....	174

Vesna Rubežić, Igor Đurović, Ervin Sejdić SKALIRAJUĆI EKSPONENTI U ANALIZI HAOSA U OSCILATORNIM KOLIMA	178
Željko Papić, Radislav Vulović, Veljko Aleksić, Miloš Papić MODELIRANJE I SIMULACIJA ROBOTA U NASTAVI TIO	182
Bojan Krstić, Zoran Veličković OPTIMIZACIJA PRIKAZA MOBILNIH WEB STRANICA ZASNOVANA NA MEDIA UPITIMA.....	186
Dušan Žarić MIMO OFDM U BEŽIČNIM SISTEMIMA NOVE GENERACIJE	190
Antić Goran, Zoran Milivojević, Zoran Stevanović ODREĐIVANJE OPTIMALNIH PARAMETARA SODA ALGORITMA.....	194
Ivana Todorović, Stevan Šćepanović ANALIZA KONVEGRENCIJE DINAMIČKIH PROTOKOLA RUTIRANJA.....	198
Marija Mirković, Radovan Strojanović PRINCIP ODREĐIVANJA NAJBOLJEG DEKOMPOZICIONOG NIVOVA WAVELET TRANSFORMACIJE ZA DETEKCIJU QRS TALASA.....	202
Matija Tomčić, Vladimir Gazivoda UPOREDNA ANALIZA TIPOVA VPN ENKRIPCIJE I IZBOR VPN ENKRIPCIJE ZA VPN SERVIS AKADEMSKE MREŽE UNIVERZITETA CRNE GORE.....	206
Miodrag Nikolić, Bratislav Ignjatović, Dragan Bogojević, Dejan Radojević, Borislav Cicović SAVREMENE RAČUNARSKÉ ARHITEKTURE KAO PODRŠKA POSLOVANJU SPORTSKIH CENTARA	210
Mirko Kosanović PRENOS MULTIMEDIJALNIH PODATAKA U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA	214
Nikola Ljumović, Danilo Mišović, Milutin Radonjić, Igor Radusinović REGISTARSKI SISTEM ZA UTVRĐIVANJE PERFORMANSI CQ ETHERNET KOMUTATORA IMPLEMENTIRANOG NA NETFPGA RAZVOJNOJ PLATFORMI	218
Sanja Bauk, Tatijana Dlabač INORMACIONO-KOMUNIKACIONI ALATI U OBUČI POMORACA NA PRIMJERU NAVI-TRAINER NAUTIČKOG SIMULATORA	222
Saša Kitanović, Zoran Milivojević, Zoran Stevanović UTICAJ ROTACIJE NA OTPORNOST DIGITALNOG VODENOG ŽIGA U SLICI ZASNOVANOG NA SVD TRANSFORMACIJI.....	226
Zoran Veličković, Miloško Jevtović UTICAJ KAPACITETA BAFERA NA STRUKTURU OPTIMALNE PREDAJNE POLITIKE U KANALU SA REJLIJEVIM FEDINGOM	230
Miloš Mrdović, Božo Krstajić PRIMJER INTEGRACIJE PODATAKA KORIŠĆENJEM SOA	234

PRILOG ANALIZI AŽURIRANJA I RANJIVOSTI OPERATIVNIH SISTEMA CONTRIBUTION TO ANALYSIS OF OPERATING SYSTEM UPDATES AND VULNERABILITIES

Slobodan Pavićević, Crnogorski Telekom
Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet Podgorica

Sadržaj – U ovom radu će biti prezentovana analiza uticaja ažuriranja operativnih sistema (OS) na broj i sadržinu ranjivosti i kvaliteta skeniranja sa autentifikovanim privilegovanim korisnikom. Praktični primjer u laboratorijskim uslovima i njegova analiza pokazat će značaj svakodnevnog ažuriranja OS, komplementarnu ulogu procesa skeniranja na ranjivosti OS i posebnu vrijednost obavljanja skeniranja sa autentifikovanim privilegovanim korisnikom.

Abstract – This work will present the analysis of impact of operating system(OS)'s program patching on the number and content of vulnerabilities and the quality of authenticated privileged scanning. The practical example in laboratory conditions and its analysis shows the importance of regular updates of OS, complementary role of vulnerability scanning process of OS and particular value of performing vulnerability scanning with the privileged authenticated account.

1. UVOD

Upravljanje ranjivostima (Vulnerability Management - VM) i primjena programskih zakrpa su fundamentalni procesi u zaštiti informacionih sistema. Njihovo sistematsko i sveobuhvatno postavljanje je i tehničko i organizaciono pitanje. Upravljanje ranjivostima je ciklični postupak identifikovanja, klasifikovanja, otklanjanja i ublažavanja posledica ranjivosti sistema[1]. To nije nova disciplina niti tehnologija. Ova vitalna funkcija obezbjeđuje povećanje odbranbene sposobnosti IS i identifikuje slabosti u sistemima, procesima i strategijama, i trebala bi biti sastavni dio svakog koncepta odbrane i zaštite IS. Sa povećanjem kompleksnosti IS, pojavljuje se potreba da ova praksa i funkcija bude detaljno i pažljivo planirana i primijenjena sa odgovarajućim alatima

Komplementarni proces VM-u je proces upravljanja sistemima za distribuciju programskih zakrpa (PM). Otkrivene ranjivosti kroz VM proces je najčešće moguće otkloniti primjenom odgovarajuće programske zakrpe (eng. „patch“), pa je dobro organizovan PM proces vidljiv i kroz izvještaje koji se dobijaju u toku skeniranja na ranjivosti. Može se reći da VM predstavlja kontrolni mehanizam realizacije PM programa.

Veza između VM i PM programa, pokazana je kroz praćenje i analizu posebnih testnih skeniranja na ranjivosti i ažuriranja raznih verzija Windows i Linux OS-a, u svrhu demonstracije značaja jednog i drugog programa u zaštiti informacionih resursa. Pozitivni zaključci mogu biti od značaja za praktične primjene.

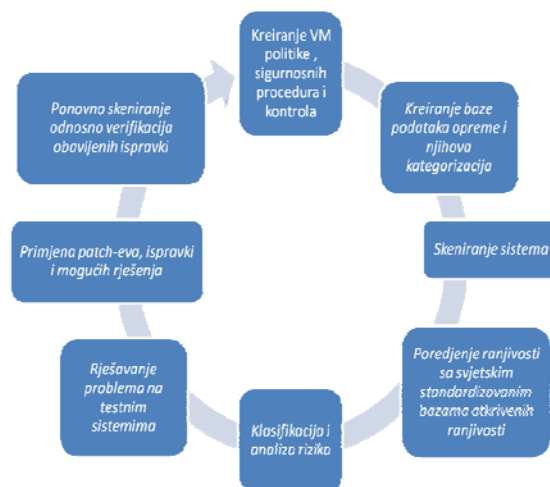
2. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE TEHNIČKIM RANJIVOSTIMA IS.

Upravljanje ranjivostima sistema je proces pronalaženja i otklanjanja grešaka u software-u operativnih sistema i raznih aplikacija, kao i konfiguracionih grešaka tog software-a[2]. To je proces u kojem se redovno i kontinuirano koriste posebni alati i procedure koje aktivno pomažu u eliminisanju rizika koji nose ranjivosti sistema. Taj proces ima sledeće ciljeve:

1. Ispravka grešaka u programu koje imaju uticaja na sigurnost, performantnost i funkcionalnost sistema;
2. Uočavanje posebnih sigurnosnih opasnosti;
- [3] Promjene programskih konfiguracija sa ciljem smanjenja vjerovatnoće za napad, ubrzanja rada sistema i njegove funkcionalnosti;
- [4] Dokumentovanje stanja sigurnosnih sistema, i njihove usaglašenosti sa zakonima, pravilima i poslovnim politikama.

Glavni povodi [1] za implementaciju VM programa su: otvorenost i kompleksnost mreže, nepostojanje standarda za obezbjeđivanje sistemskih konfiguracija, rizik od finansijskog gubitka, gubitak prihoda, gubitak produktivnosti.

Upravljanje ranjivostima je pitanje discipline ali i organizacije. Ona zahtijeva doslednost, posvećenost i stalno preispitivanje. Iako sama tehnologija koja se primijeni može biti veoma uspješna, da bi bila efikasna, potrebno je i organizaciono podržati je. Organizacija i VM program se može predstaviti slikom 1, a detaljnije su opisani u [2].

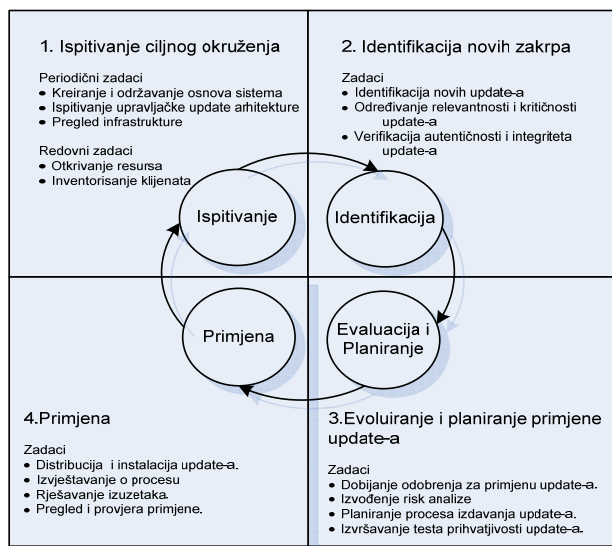


Slika 1. Faze VM programa.

3. SISTEMI ZA UPRAVLJANJE I DISTRIBUCIJU PROGRAMSKIH ZAKRPA.

Upravljanje sistemima za distribuciju programskih zakrpa (PM) se po [3] može podijeliti na četiri faze sa specifičnim zadacima u okviru svake od njih, predstavljene slikom 2.

Prva faza PM programa je ispitivanje okruženja nad kojim će se obavljati organizovana distribucija i instalacija programskih zakrpa. Na osnovu podataka dobijenih u ovoj fazi uspostavlja se trajni i organizovani proces ažuriranja programa na svim resursima u kompaniji. Osnovna pitanja na koje treba dati odgovor su organizaciona i infastrukturna.



Slika 2. Dijagram faza testiranja.

Organizaciona pitanja: *Operativnost* - ko će bit operativna snaga u programu, *Odgovornost* - ko će u krajnjem slučaju biti odgovoran za sprovođenje PM programa, *Obučenosť osoblja* - da li je osoblje obučeno i da li može odgovoriti svim zahtjevima PM programa. *Model programa* - da li će program biti centralizovan ili distribuiran. *Komunikacioni model* - na koji način će se razmjenjivati informacije o postupku i uspješnosti procesa ažuriranja programa.

Infrastrukturna pitanja:

Testna infrastruktura. Ona uključuje ljude, procese, tehnologije i fizičku infrastrukturu koja je potrebna da bi se obavile aktivnosti na testiranju kompatibilnosti, performantnosti, funkcionalnosti i primjenjivosti update-a na sistemima nad kojim se primjenjuju. Svrha testiranja je da se minimizuje vjerovatnoća negativnog uticaja kojeg primjena update-a mogu napraviti.

Infrastruktura za primjenu update-a. Ona uključuje ljude, procese, tehnologije koje su potrebne da se isporučí, instalira i verifikuje proces ažuriranja sistema. Glavni cilj je da se ispita da li postojeća mrežna i IT infrastruktura ima dovoljno kapaciteta, funkcionalnosti i pouzdanosti da podrži proces primjene i verifikacija update-a.

Infrastruktura za otkrivanje i monitorisanje. Ona obuhvata ljude, procese i tehnologije koje su potrebne da bi se identifikovale, locirale i mjerile uspostavljene osnove PM procesa. PM sistem mora imati dovoljan kapacitet,

funkcionalnost i pokrivenost otkrivanja i praćenja resursa u odnosu na zahtjeve za ažuriranje sistema.

Infrastruktura za komunikaciju. Jasna i precizna komunikacija je izuzetno važna za PM program. Jedini način da se obezbijedi uspješnost PM programa je da se obezbijedi da svaki učesnik u tom programu dobije potrebne i precizne podatke neophodne za izvršavanje svojih zadataka.

Periodični zadaci se obavljaju na samom početku uspostavljanja PM procesa i tokom njegovog razvoja i praćenja. Ima za cilj da se istraže i postave valjane osnove za rad i razvoj PM sistema. To su: kreiranje inventara (eng. „Baseline“) sistema, izbor izvora programa za ažuriranje i krpjenje i arhitektura PM sistema

Dio aktivnosti koje se mogu podvesti pod ispitivanjem ciljnog okruženja, a koje je potrebno redovno raditi je **otkrivanje resursa** - operacije koje se izvode da bi se otkrili novi resursi u mrežnom okruženju.

Druga faza je identifikacija novih update-a. Nakon što je ustanovljen izvor informacija o update-ima, za koje je uobičajeno da se dobijaju od samog vendor-a, preko notifikacija, upozorenja i e mail-ova, ili kroz objavu na web portale, slijedi postupak ispitivanja i procesiranja pristiglih informacija. Mnoga rješenja PM sistema direktno na svojim centralnim serverima primaju notifikacije o novim update-ima, koji mogu biti i downloadovani po automatizmu. Informacije o novim update-ima najčešće dolaze do određenih tehnoloških grupa, ili osoba, koje su zadužene za pojedine grupe sistema (OS, DB, razne programe). Prvi korak nakon dobijanja notifikacije je da se provjeri identitet i integritet izvora informacija odnosno samog update-a, kako bi se izbjegli podvaljeni, lažni update-i (eng. „hoax“), koji mogu izazvati ogromnu štetu na sistemima na kojim se instaliraju. Tokom ove faze je bitno odrediti sledeće u vezi samim update-ima: relevantnost, ozbiljnost, klasifikaciju, download i verifikaciju i test prihvatljivosti update-a.

Treća faza je evaluacija i planiranje primjene update-a. Nakon što se utvrdi potreba za instalaciju update-a potrebno procijeniti i napraviti plan za njegovu primjenu, kako bi se minimizirali mogući negativni uticaji. Osnovni cilj je da se kreiraju paketi za primjenu, da se testira njihova primjenjivost i kompatibilnost, napravi vremenski plan za primjenu i da se dobije dozvola za njihovu primjenu. Osnovne aktivnosti koje se sprovode u ovoj fazi su:

Procjena potencijalnih rizika primjena update-a. Ova aktivnost identifikuje domet update-a tj. sisteme na koje se primjenjuje, analizira promjene koje će update napraviti na sistemima i potencijalni uticaj na performanse i operativnost sistema.

Planiranje različitih scenarija primjena update-a. Ova aktivnost je fokusirana na tri faktora koja u najvećoj mjeri determinišu update scenarije, a to na lokaciju resursa, konektivnost prema njima i njihova dostupnost.

Definisanje vremena primjena update-a. Glavni faktori koji utiču na određivanje vremena primjena su vezani za veličinu paketa za instalaciju i broja resursa nad kojima ga treba primijeniti, sekvence u primjeni update-a i vrijeme koje je potrebno za njegovu instalaciju

Razvijanja procedura za primjenu i paketa za instalaciju. Ove aktivnosti su fokusirane na ljudske i tehničke resurse potrebne da se naprave procedure za isporuku, instalaciju i verifikaciju update-a, kao i neophodne procedure za povratak sistema na staro stanje (eng. „contingency, rollback“) u slučaju da instalacija update-a na uspije.

Testiranje procedura za primjenu i instalacionih paketa, testiranje performantnosti primjene update-a i kompatibilnosti sa ciljnim sistemima. Testiranje je važan segment svakog update procesa. Testiraju se sami update-i, procedure za dostavu i instalaciju i procedure vraćanje sistema na pređašnje stanje (eng. "rollback").

Četvrta i posljednja faza je primjena update-a. Cilj ove faze je da uspješno isporuči i instalira odobrene update-e na ciljanje produkcijske sisteme. Aktivnosti iz ove faze su usmjerene na pripremu primjene, isporuke update-a, instalacije update-a i verifikacije da su update-i uspješno obavljani. Kao i u prethodnoj fazi, aktivnosti obično obavljaju grupe osoblja koji su zaduženi za posebne tehnološke linije. U ovoj fazi je potrebna priprema produkcijskog okruženja za izvođenja primjene update-a, gdje su važne sledeće aktivnosti: postavljanje pripremljenih update-a na produkcione sisteme, backup sistema, izbor ciljnih sistema, instalacija update-a, monitoring i verifikaciju uspešnosti update-a, rukovanje se problemima i izuzecima.

4. ANALIZA UTICAJA AŽURIRANJA OS NA RANJIVOSTI U SPECIJALNOM TESTNOM OKRUŽENJU

Značaj, način i organizacija izvođenja ažuriranja programa i primjene programskih zakrpa, kao i upostavljanje VM programa detaljno su opisani u [2,3,4]. Praktična iskustva u primjeni takvih programa su nedovoljno prisutna, pa su testni i pilot projekti u cilju shvatanja važnosti i obima povezanosti ranjivosti sistema sa redovnim i valjanim ažuriranjem operativnih sistema i aplikacija na njima dragocjena i zanimljiva. Istraživanje na ovu temu je podstaknuto željom da se teorijske pretpostavke i teze u literaturi, dokažu i prouče praktičnim eksperimentima, iz koji se mogu izvući i dodatni zaključci.

Za ovu vrstu analize napravljeno je testno okruženje koje je sastavljeno od profesionalnog skenera na ranjivosti (QualysGuard Enterprise Suite) i radnih stanica odnosno servera Windows platforme, kao i izabrane Linux platforme.

Za testiranje Windows platforme su odabrane radne stanice sa Windows XP SP1 (VMWare 6,5), Windows XP SP3 (HP DC7600C) i Windows 2003 Server R2 SP2 (HP DL380 G4) i operativnim sistemima, kao predstavnicima trenutno najzastupljenijih platformi u kompanijskim okruženjima. Obezbeđena je potpuna dostupnost skenera do radnih stanica, uz standardni profil skenera, odabratih tcp i udp portova. Testovi koji su rađeni su bili minimalno opasni za ciljne sisteme, odnosno, nijesu bili intruzivni.

Za testiranje Linux platforme izabrata je Linux distribucija - Fedora12 (VMWare 6,5).

Operativni sistemi su instalirani na "default" način bez specijalno implementiranih mjera zaštite ili rekonfiguracija sistema. Bitno je napomenuti da nijesu instalirane dodatne aplikacije od drugih proizvođača, osim Office 2007, u zadnjoj fazi testa, zbog analize uticaja tog paketa na ranjivosti sistema.

Nakon instalacije svakog OS bez urađenih programskih zakrpa odrađena su skeniranja na sledeći način i redosledom:

skeniranje na ranjivost bez autentifikacije, skeniranje na ranjivost sa autentifikacijom običnog korisnika, skeniranje na ranjivost sa autentifikacijom administrativnog korisnika. Nakon instalacije svih programskih zakrpa na najskorije dostupne, odrađena su ista skeniranja kao bez zakrpa.

Na Windows XP SP3 platformi je instaliran Office 2007 SP 1, da se ispita uticaj te platforme na pojavu ranjivosti. Odrađena su sledeća skeniranja:

Skeniranje na ranjivost sa autentifikacijom administrativnog korisnika, bez Windows and MS update-a, sa određenim Windows Update-om, sa određenim Windows and MS update-a, sa odrađenim Windows, MS update i Adobe Flash Player update-om.

Dobijeni rezultati skeniranja Windows i Linux OS na već navedeni način i redosledom, su prikazani u tabeli 1. i tabeli 2.

		no patch no auth	no patch norm auth	no patch adm auth		full patch no auth	full patch norm auth	full patch adm auth
Wind Srv R2 SP2	5	2	1	42		0	0	1
	4	0	0	80		0	0	3
	3	0	4	45		0	4	18
	2	6	8	15		6	8	14
	1	0	0	1		0	0	1
	Uk.	8	13	183		6	12	37
Wind XP SP3	5	2	1	35		0	0	1
	4	0	0	79		0	0	12
	3	0	6	40		0	6	24
	2	3	9	17		3	9	17
	1	0	0	1		0	0	1
	Uk.	5	16	172		3	15	55
Linux Fedora	5	0		0		0		0
	4	0		2		0		0
	3	0		22		0		8
	2	1		12		1		3
	1	0		2		0		1
	Uk.	1		38		1		12

Tabela 1 - Uporedni rezultati skeniranja Windows i Linux platforme prije i poslije ažuriranja programskim zakrpa

	Stepen ranj.	No Office admin auth	Office admin auth	Win update admin auth	MS office update admin auth	MS office and Adobe Flush update admin auth
Wind XP SP3 + Office 2007	5	1	14	7	1	0
	4	12	30	27	14	4
	3	24	27	28	27	26
	2	17	16	16	16	16
	1	1	1	1	1	1
	Uk.	55	88	79	59	47

Tabela 2 - Uporedni rezultati skeniranja Windows XP SP3 platforme sa Office 2007 prije i poslije ažuriranja programskim zakrpa.

Analizirajući dobijene rezultate mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Očekivano, najveći broj ranjivosti je otkriven na sistemima koji su instalirani bez programskih zakrpa, i to najviše na onim koji imaju najstariji "Service Pack".
- Skeniranjem na ranjivosti sa autentifikacijom korisnika bez privilegija dobijaju se bolji rezultati tj. veći broj otkrivenih ranjivosti ali ne značajno.
- Skeniranjem na ranjivosti sa autentifikacijom korisnika sa administrativnim privilegijama dobijaju se najbolji rezultati tj. sa značajnim brojem otkrivenih ranjivosti. Povećanje broja otkrivenih ranjivosti je i više od desetstruko, posebno ranjivosti stepena 5 i 4.

4. Regularnim ažuriranjem programskih zakrpa smanjuje se broj otkrivenih ranjivosti, posebno ranjivosti stepena 5, 4 i 3.

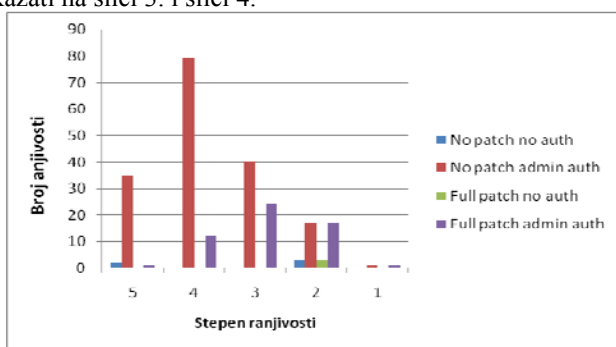
5. Veličina smanjenja ranjivosti nakon primjene programskih zakrpa je vidljiva posebno kroz skeniranje na ranjivosti sa autentifikacijom korisnika sa administrativnim privilegijama.

6. Nakon obavljanja svih dostupnih programskih zakrpa, i dalje je prisutan određeni broj otkrivenih ranjivosti 5. i 4. i 3. stepena (Windows) i 3 stepena (Linux), što govori i potrebi dodatne analize istih i zaštite tih sistema.

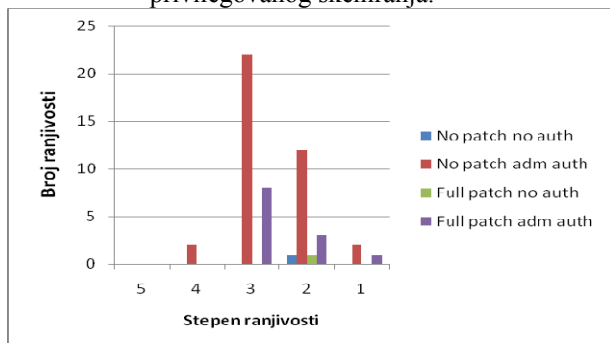
7. Linux platforma u cjelini ima manji broj otkrivenih ranjivosti od Windows platforme, u svim testovima. Može se pretpostaviti da je kao takva manje ranjiva.

8. Potpuno ažuriran Linux sistem nema ranjivosti 5. i 4. stepena što može ukazati na ozbiljnost i posvećenost Linux zajednice procesu ažuriranja OS i njegove zaštite.

Ilustracija gore navedenih zaključaka može se grafički pokazati na slici 3. i slici 4.



Slika 3. Broj ranjivosti za WindowsXp SP3 OS prije i poslije primjene zakrpa sa i bez autentifikovanog privilegovanog skeniranja.

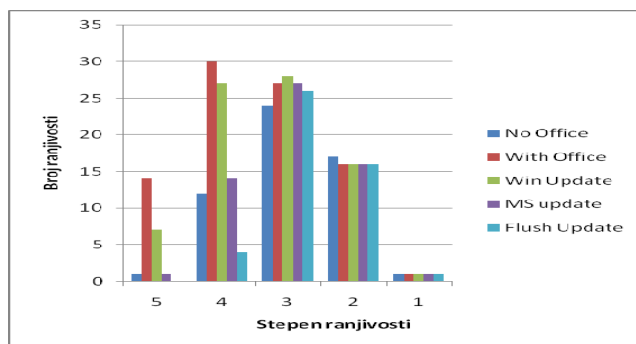


Slika 4. Broj ranjivosti za Linux Fedora 12 OS prije i poslije primjene zakrpa sa i bez autentifikovanog privilegovanog skeniranja.

9. Sa povećanjem broja aplikacija i servisa na sistemu mogu se očekivati još ozbiljniji trendovi u broju otkrivenih ranjivosti i opasnosti koje se pojavljuju. U istraživanjima [5] najveći broj ranjivosti je vezan za aplikacija Adobe i Office paketa.

10. Testiranjem skeniranja Windows XP SP3 OS, na kojem je instalirana Office Professional 2007, pokazuje se koliko je samo jedna aplikacija ranjiva.

11. Uočava se da standardni Windows Update (ili verzija programa za Update koja nije posljednja) ne primjećuje Office aplikacije, na što administratori sistema moraju posebno obratiti pažnju jer moraju koristiti Microsoft Update opciju kao jedino valjanu opciju u slučaju korišćenja i drugih Microsoft-ovih proizvoda.



Slika 4 Broj ranjivosti za Windows XP SP3 sa Office 2007, prije i poslije primjene odgovarajućeg Windows, Microsoft i Adobe Flush Update

12. Uočava se da sa Windows OS dolaze i aplikacije koje se ne ažuriraju kroz Window Update sistem, kao na primjer Adobe Flush Player, koji nosi sa sobom jednu ranjivost 5-tog i 14 ranjivosti 4-tog stepena. U testnom primjeru, upgrade na najnoviju verziju Adobe Flush Player-a, otklonjene su ove ranjivosti.

13. Podudarnost rezultata sa rezultatima skeniranja i pomoć u procesu ažuriranja dao je i softver Secunia, koja je prepoznao "end of life" status softvera Adobe Flush Player, i preporučio instalaciju najnovije verzije. Ovim se pokazuje da agentske verzije programa za ažuriranje aplikacija daju potrebnu preglednost i efikasnost u eliminaciju ranjivih programa i da su veoma poželjne u praktičnoj primjeni.

5. ZAKLJUČAK

U radu se pokazuje koliko je važna uloga ažuriranja OS i aplikacija, kao i skeniranje OS na ranjivosti sa autentifikovanim privilegovanim korisnikom. Povezanost i sinergijsko djelovanje ova dva procesa se pokazuje na praktičnom primjeru u laboratorijskim uslovima. VM program, sa akcentom na autentifikovano privilegovano skeniranje, jedino daje potpuni uvid na stanje ranjivosti i otkrivenosti OS sistema i aplikacija. Čak i nakon svih ažuriranja, ranjivosti i dalje postoje te je potrebno dodatno uložiti napore za njihovu eliminaciju kroz konfiguracijske promjene ili druge mjere. Windows OS u odnosu na Linux se generalno može prepoznati kao otvoreniji za napade. Preporučuje se takođe upotreba agentskih programa za otkrivanje ne ažuriranih programa.

LITERATURA

- [1] Park Foreman, Vulnerability Management, CRC Press, Taylor & Francis Group, August 2009
- [2] S. Pavićević, B. Krstajić, "Upravljanje sa ranjivostima informacionih sistema i savjetodavni servisi", Telfor 2009, Beograd, Novembar 2009
- [3] Bill Stackpole and Patrick Hanrion, Software Deployment, Updating, and Patching, CRC Press, Taylor & Francis Group, December 2007
- [4] Tiffany Bergeron, Peter Mell, David Henning, Creating a Patch and Vulnerability Management Program, NIST Special Publication 800-40 Version 2, Novembar 2005, (<http://csrc.nist.gov/publications/>)
- [5] F-Secure Vulnerability research, Most common targeted file types, May 2009, <http://www.f-secure.com/weblog/archives/00001676.htm>

PRILOG ANALIZI UTICAJA MREŽNIH PARAMETARA NA KVALITET VIDEO SIGNALA U IP RADIODIFUZNIM SISTEMIMA PRENOSA
APPLICATION ANALYSIS ON INFLUENCE OF NETWORK PARAMETERS ON VIDEO SIGNAL QUALITY IN IP BROADCASTING TRANSMISSION SYSTEMS

Paunović Aleksandar, RDC
 Krstajić Božo, Elektrotehnički fakultet Podgorica.

Sadržaj - U ovom radu analiziran je uticaj mrežnih parametara, jittera IP paketa i izgubljenih paketa, na kvalitet videa koji se prenosi kroz IP mrežu. Uticaj mrežnih parametara analiziran je pomoću MDI-Media Delivery Index. Analiza kvaliteta videa je urađena objektivnim i subjektivnim metodama procjene kvaliteta.

Abstract - In this paper we are analyzing influence of network parameters, IP packets jitter and lost of IP packets, on video quality transmitted through IP network. We analyzed influence of network parameters by MDI- Media Delivery Index. Analysis of video quality is done using objective and subjective methods of video quality assessment

1. UVOD

Da bi se TV signal difuzno distribuirao do krajnjih korisnika-gledalaca, potrebno je obezbijediti prenosnu mrežu koja će prenijeti signal od studija do emisione lokacije sa koje se vrši difuzno emitovanje programa. Za takav prenos signala u Crnoj Gori, a za potrebe Radio-difuznog centra, izgrađena je mreža radio-relejnih linkova baziranih na IP tehnologiji. Kako je televizija profitabilna informativno-zabavna industrija, čiji profit zavisi direktno od efikasnosti, kvaliteta i pouzdanosti distribucije signala krajnjem korisniku, najvažniji dio ovog rada i posebna pažnja su usmjereni na parametre, distribucione IP mreže, koji utiču na kvalitet videa. Da bi što bolje analizirali i izvršili procjenu uticaja mreže, na tri čvorne lokacije su postavljeni mjerni uređaji IP-Probe renomiranog proizvođača BRIDGE Technologies, koje su preko MDI indeksa pokazali koliki je broj izgubljenih IP paketa i koliki je njihov jitter. Uređaji su pored praćenja MDI indeksa snimali stream-ove koji su kasnije analizirani.

Analiza stream-ova je vršena subjektivnom i objektivnom metodom. Za objektivnu metodu korišćen je software za analizu procesiranja i prenosa videa "MSU Video Quality Measurement tool", koji je razvijen na Moskovskom državnom univerzitetu. Za subjektivnu analizu videa korišćen je software MSU Perceptual Video Quality tool, koji sadrži metode za subjektivnu analizu kvaliteta videa po standardu ITU-R BT 500. Na taj način dobijene su subjektivne ocjene kvaliteta videa od strane 10 osoba.

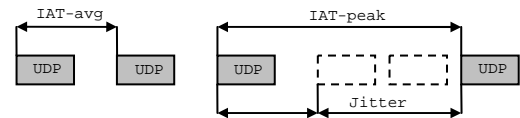
Povezivanjem rezultata dobijenih od IP proba, objektivne i subjektivne analize video kvaliteta utvrđeno je koliki uticaj IP mreža ima na prenošeni video materijal. Takođe, utvrđeno je kakve i kolike degradacije kvaliteta videa nastaju u zavisnosti od kapaciteta mreže i njenog funkcionisanja. Dobijeni rezultati i saznanja pomoću će razvijanju sveobuhvatnog sistema nadzora, pomoću kojeg će administratori mreže moći bolje da prate kvalitet signala uporedo sa funkcionisanjem mreže, kao i da u kritičnim situacijama obezbijede zadovoljavajući kvalitet TV signala.

2. MDI

Media delivery index MDI je otvoreni standard koji se

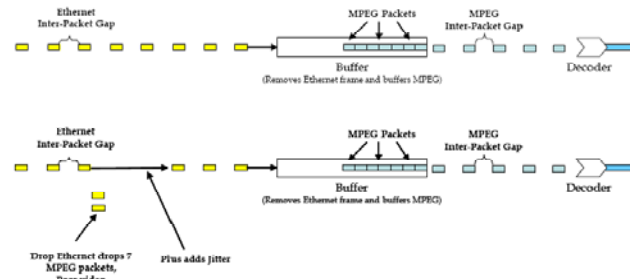
koristi za praćenje parametara mreže koji utiču na kvalitet prenosa TV signala kroz TV over IP sisteme i to: izgubljenih paketa i jittera IP paketa. MDI se prikazuje kao dvije brojne vrijednosti odvojene : (MDI (DF:MLR)), a ti brojevi su Delay Factor (DF) tj. faktor kašnjenja IP paketa i Media Loss Rate (MLR) tj. stopa gubitka paketa TS. MDI se mjeri tokom određenog vremenskog intervala, tipično od jedne sekunde. RFC-4445 detaljno opisuje MDI.

Jitter IP paketa (sl 1.) je varijacija u IAT-Inter arrival time-a u poređenju sa očekivanim IAT-om i izražava se u milisekundama,[3]. IAT predstavlja vremensku razliku između dolaska dva susjedna IP paketa.



Sl. 1 Jitter IP paketa

Paketi se proglašavaju izgubljenim (sl.2.) kada oni ne dođu na svoje odredište,[4]. Kako se unutar jednog IP paketa najčešće nalazi enkapsulirano 7 paketa transportnog streama, gubitak jednog IP paketa prouzrokuje gubitak 7 paketa TS. Koliki će pad u kvalitetu biti zavisi od toga kako i koji su paketi TS multiplexirani.



Sl. 2. Izgubljeni paketi

3. KVALITET VIDEA

Sposobnost sistema prenosa i sistema za reprodukciju video signala da prenesu i reprodukuju originalni video signal karakteriše se kvalitetom video signala,[1],[2]. Postoje dva

načina procjene kvaliteta videa i to: objektivna i subjektivna mjerenja. Kod objektivnih mjerenja rezultati se dobijaju iz video fajlova pomoću računarskog programa koji vrši obradu video fajlova i izračunava njihov kvalitet na osnovu mjernih veličina. Kod subjektivnih mjerenja-analiza rezultati se dobijaju na osnovu procjena ljudi koje karakterišu reakcije krajnjih korisnika čitavog sistema.

3.1. Objektivna procjena kvaliteta

Sistemi koji procesiraju i prenose video mogu da unesu distorziju ili artefakte u video signale, pa je procjena i praćenje video kvaliteta važan zadatak koji krajnjim korisnicima obezbjeđuje odgovarajući kvalitet usluge. MSU VQMT je program za objektivnu procjenu kvaliteta videa,[5]. Ova aplikacija omogućava da se stvori objektivno poređenje videa, originalnog i prenešenog, i omogućava da se vidi koliko čitav procesno/prenosni sistem unosi promjena u kvalitetu video signala.

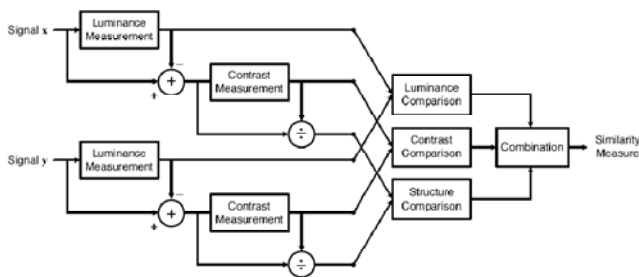
Za objektivnu procjenu kvaliteta korišćene su sljedeće mjere: PSNR- Peak to signal Noise Ratio (odnos vršnog signala i šuma), SSIM-Structural similarity index (index strukturne sličnosti), 3C-SSIM- 3 component structural similarity index (Trokomponentni index strukturne sličnosti) i MSE -Mean Squard Error (Srednja kvadratna greška). Proračun mjera je izvršen za komponente YUV kolornog prostora.

PSNR-Peak to Signal Noise Ratio je mjera koja se često koristi u praksi i zove se odnos između vršnog signala i šuma. Izračunava se po formuli 1:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MaxErr^2 \cdot w \cdot h}{\sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h (X_{ij} - Y_{ij})^2} \quad (1)$$

Vrijednosti PSNR se jednostavno izračunavaju uz pomoć računara, ali one uvijek ne odgovaraju percepciji ljudskog oka. Vrijednosti mjerne veličine se kreću u rasponu od 0 do 100 pri čemu je 100 veličina za identične frejmove.

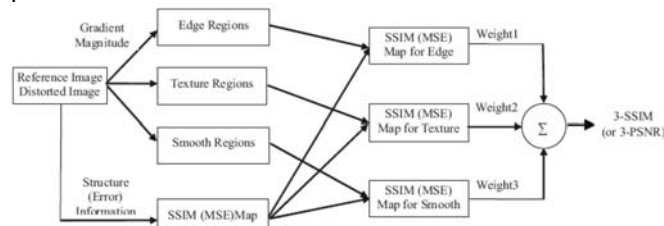
SSIM indeks-Index strukturne sličnosti (sl.3.) je referentna mjera koja se zasniva na mjerenju tri komponente (sličnosti luminance, sličnosti kontrasta i sličnosti strukture) i kombinacije njih u rezultatsku vrijednost,[6].



Sl.3. Šema računanja SSIM indexa

Vrijednost ove veličine koja opisuje kvalitet videa kreće se od -1 do 1. Veće vrijednosti su bolje pa tako SSIM index ima vrijednost 1 za potpuno jednake frejmove. Prednost SSIM-a je ta što je ona mnogo bliža ljudskom sistemu vida nego PSNR, ali je mnogo komplikovanija i zahtjeva više vremena za izračunavanje.

3Component SSIM index – Tro-komponentni SSIM index zasniva se na prostornom dijeljenju izvorišnih frejmova,[7]. Glavna ideja je da se podjela mjerne mape izvrši na tri regiona i to na: ivični, teksturni i region glatkih površina.



Sl 4. Šema računanja trokomponentnog SSIM indexa

Vrijednost ove veličine kreće se od -1 do 1, pri čemu je 1 vrijednost za potpuno jednake frejmove.

MSE-Mean Squard Error- Srednja kvadratna greška je mjerna veličina koja se koristi za procjenu koliko je dobra rekonstruisana slika u odnosu na originalnu sliku. Pokazuje srednju kvadratnu grešku za dvije slike ili frejma. Izračunava se po formuli 2:

$$d(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^{mn} \sum_{j=1}^{mn} (X_{ij} - Y_{ij})^2}{mn} \quad (2)$$

Vrijednost ove veličine se kreće od 0 pa do 65025, pri čemu je 0 vrijednost za identične frejmove

3.2. Subjektivna procjena kvaliteta videa

Kako su sistemi obrade, prenosa i reprodukcije video materijala kreirani da omogućе najbolji kvalitet reprodukcije prosječnim korisnicima-gledaocima, nije dovoljno izvršiti samo objektivnu procjenu kvaliteta (pomoću računara), već je potrebno izvršiti i subjektivnu procjenu kvaliteta,[8]. Subjektivne mjere su dobijene od ocjena datih od strane ljudi (stručnjaka ili prosječnih gledalaca) i mogu da pomognu da se procjeni stvarno korisnikovo zadovoljstvo sistemom.

U ovom radu su korišćene metode iz ITU-R BT 500 standarda za subjektivnu procjenu kvaliteta,[9]. Te metode su: Double Stimulus Impairment Scale (DSIS), Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS) tip 2, Stimulus Comparison Adjectival Categorical Judgment(SCACJ). Prilikom subjektivne procjene kvaliteta i ocjenjivanja učestvovalo je 10 ljudi različitih profesija.

Double Stimulus Impairment Scale (DSIS) je metoda u kojoj se dvije sekvence posmatraju simultano. Prva je referentna, a druga je ona koja se poredi. Nakon reemitovanja (reprodukcije) od gledalaca se traži da daju mišljenje korišćenjem skale za poređenje. Vrijednosti se daju od 1 do 5 što je veći broj to je bolje. U rezultatu ova oznaka je skalirana od 0 do 10.

Kod Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS) originalna i posmatrana video sekvenca se prikazuju istovremeno. Pri tome gledaoci nisu obavješteni koja je originalna. Poslije završetka reprodukcije daju se ocjene od 0 do 5, za obje sekvence. Prosječna ocjena se računa po formuli 3 i na ovaj način je skalirana od 0 do 10.

$$DSCQS_{avg} = 5,0 + (ocjena\ I\ sekvence - ocjena\ II\ sekvence) \cdot 1,2$$

Kod Stimulus Comparison Adjectival Categorical Judgment (SCACJ) metode, dvije sekvence se reprodukuju istovremeno i poslije reprodukcije od gledalaca se traži da se da mišljenje korišćenjem skale za poređenje. Vrijednost varira od -3 do +3. Ocjena za lijevi video se računa od +3 pa do -3. Ako je ocjena prve sekvence m1, a ocjena druge sekvence m2, njihov zbir je uvijek 6. Prosječna ocjena je skalirana od 0 do 10.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

Mjerni uređaji IP probe su postavljeni na tri čvorne/emisione lokacije u mreži i to:

1. U Podgorici u terminalu veza, na mjestu gdje se stream ubacuje u sistem.
2. Na Možuri-emisiona lokacija sa koje se difuznim signalom pokriva opština Ulcinj
3. Na Tvrdasu-emisiona lokacija sa koje se difuznim signalom pokriva opština Pljevlja.

Mjerni uređaji su snimali stream i pratili MDI index na pomenutim lokacijama. Da bi vidjeli kako mreža utiče na stream, simulirana su tri slučaja i to:

1. Slučaj kada je brzina stream-a manja od kapaciteta mreže
2. Slučaj kada je brzina stream-a jednaka kapacitetu mreže
3. Slučaj kada je brzina stream-a veća od kapaciteta mreže

Posmatrani stream PRO TV-a je stream konstantne brzine od 6Mbit/s. Njegove karakteristike su date na slici 5.

Service/PID	Bitrate	Min bitr.	Max bitr.
1 ProTV	4.56 Mbps	4.04 Mbps	4.95 Mbps
32 PMT	2.91 kbps	0 bps	11.33 kbps
308 MPEG2 Video	4.18 Mbps	3.74 Mbps	4.51 Mbps
256 MPEG1 Audio	164.94 kbps	126.73 kbps	192.67 kbps
257 MPEG1 Audio	211.64 kbps	165.17 kbps	238.01 kbps
8190 PCR	24.81 kbps	15.93 kbps	40.09 kbps
Other PIDs	112.38 kbps	75.90 kbps	135.38 kbps
0 PAT	4.38 kbps	0 bps	4.87 kbps
1 CAT	0 bps	0 bps	1.92 kbps
16 NIT	0 bps	0 bps	1.94 kbps
17 SDT/BAT	1.46 kbps	0 bps	1.90 kbps

Sli.5. Informacije o stream-u

Vrijednosti IAT-a i MDI indeksa za prvi slučaj date su tabelama 1. i 2.

Čvorište	IAT avg	IAT min	IAT max
RTV dom-Podgorica	1,758ms	0,109ms	4,836ms
Možura-Ulcinj	1,758ms	1,234ms	4,869ms
Tvrdaš-Pljevlja	1,758ms	0,145ms	4,901ms

Tab. 1. Vrijednosti IAT-a za prvi slučaj

Čvorište	Podgorica	Možura	Pljevlja
MDI	1,8:0	1,8:0	1,8:0
Jitter	3,078ms	3,111ms	3,143ms

Tab. 2. Vrijednosti MDI-a indeksa i jitter-a za prvi slučaj

Za drugi slučaj kapacitet mreže je ograničen na 6Mbit/s kolika je i brzina posmatranog stream-a. Vrijednosti IAT-a su date u tabeli 3, dok su vrijednosti MDI i jitera date u tabeli 4.

Čvorište	IAT avg	IAT min	IAT max
RTV dom-Podgorica	1,757ms	0,056ms	4,536ms
Možura-Ulcinj	1,766ms	0,096ms	5,962ms

Tab. 3. Vrijednosti IAT-a za drugi slučaj

Čvorište	Podgorica	Možura
MDI	1,8:0	1,81:21
Jitter	3,078ms	4,195ms

Tab. 4. Vrijednosti MDI indeksa i jittera za drugi slučaj

Iz dobijenih rezultata vidi se da je došlo do neznatnog uvećanja jittera, ali da je on i dalje u granicama dozvoljenim standardom. Međutim, vidi se da je broj izgubljenih paketa značajno porastao i da on dostiže i do 21 izgubljeni paket transportnog streama u toku 1 sekunde.

Za treći slučaj kapacitet mreže je ograničen na 5 Mbit/s. Dobijene vrijednosti su date u tabelama 5 i 6.

Čvorište	IAT avg	IAT min	IAT max
RTV dom-Podgorica	1,757ms	0,056ms	4,536ms
Tvrdaš-Pljevlja	2,220ms	1,041ms	7,756ms

Tab. 5. Vrijednosti IAT-a za treći slučaj

Čvorište	Podgorica	Tvrdaš
MDI	1,8:0	2,2:1024
Jitter	3,078ms	5,556ms

Tab. 6. Vrijednosti MDI indeksa i jittera za treći slučaj

Dobijeni rezultati pokazuju da je broj odbačenih paketa jako veliki što će neminovno dovesti do velikog pada u kvalitetu. Došlo je i do povećanja jittera IP paketa, ali je on ipak ostao u granicama dozvoljenih vrijednosti.

Da bi se pravilno procjenilo i odredilo kolike su promjene nastale na video sekvencama, koliki uticaj imaju na kvalitet videa izvršena je subjektivna i objektivna analiza kvaliteta videa. Rezultati su dati u vidu prosječne vrijednosti mjernih veličina.

Prosječne vrijednosti mjernih veličina za objektivnu procjenu kvaliteta videa za prvi slučaj date su u tabeli 7.

	Možura	Tvrdaš
PSNR-Y avg	100,0000	100,000
PSNR-U avg	100,0000	100,0000
PSNR-V avg	100,0000	100,0000
SSIM-Y avg	1,0000	1,0000
3-CSSIM-Y avg	1,0000	1,0000
MSE-Y avg	0,0000	0,0000
MSE-U avg	0,0000	0,0000
MSE-V avg	0,0000	0,0000

Tab. 7. Veličine PSNR, SSIM, 3-CSSIM i MSE za prvi slučaj

Prosječne vrijednosti mjernih veličina za objektivnu procjenu kvaliteta videa za drugi i treći slučaj date su u tabeli8.

	Možura slučaj 2	Tvrdaš slučaj 3
PSNR-Y avg	45,65091	10,88294
PSNR-U avg	48,60861	20,4635
PSNR-V avg	48,6932	20,3376
SSIM-Y avg	0,975788	0,291837
3-CSSIM-Y avg	0,9881	0,141883
MSE-Y avg	7,415778	5430,443
MSE-U avg	3,210673	598,668
MSE-V avg	6,552058	622,3281

Tab. 8. Veličine PSNR, SSIM, 3-CSSIM i MSE za drugi i treći slučaj

Iz dobijenih rezultata vidi se da u prvom slučaju nije došlo do pada kvaliteta i da su video sekvence potpuno identične originalnoj sekvenci, što je bilo i za očekivati jer nije bilo izgubljenih paketa, a jitter je bio u granicama normale. U drugom slučaju kada je brzina stream-a jednaka kapacitetu mreže došlo je do odbacivanja IP paketa što je rezultovalo i odbacivanjem paketa transportnog stream-a. Iz tog razloga došlo je do smanjenja kvaliteta. Iz rezultata prikazanih u tabeli 8. vidimo da je smanjenje kvaliteta neznatno. U trećem slučaju došlo je do velikog broja odbačenih paketa, iz tog razloga postoji veliko smanjenje kvaliteta videa.

Da bi se što bolje odredio kvalitet videa izvršena su i subjektivna mjerenja. Kako bi rezultati bili što objektivniji, na ocjenjivanje je pozvano deset ljudi različitih profesionalnih usmjerenja. Metode koje su korišćene za ocjenjivanje su standardizovane standardom ITU-R BT 500.

Ocjene za prvi slučaj su date u tabeli 9.

Metoda	SCACJ	DSCQS tip2	DSIS
Ref Video-Podgorica	5,33	5,50	-
Video-Pljevlja	4,67	4,50	10
Video-Ulcinj	4,67	4,50	10

Tab. 9. Rezultati subjektivne analize za prvi slučaj

Iz dobijenih rezultata za prvi slučaj vidi se da su gledaoci u test-metodi DSIS ocijenili da nema razlike između video sekvenci koje su snimljene na čvornim lokacijama u Podgorici, Ulcinju i Pljevljima, dok su u test-metodama SCACJ i DSCQS tip2 primjetili razlike, pri čemu je ocjenjeno da te razlike nisu umanjile kvalitet videa. Ocjene za drugi slučaj date su u tabeli 10.

Metoda	SCACJ	DSCQS tip2	DSIS
Ref Video-Podgorica	6,67	6,67	-
Posmatrani video	3,33	3,33	7,50

Tab. 10. Rezultati subjektivne analize za drugi slučaj

Iz dobijenih rezultata za drugi slučaj vidi se da su gledaoci primjetili da postoje razlike između originalne i prenesene video sekvence i da je došlo do smanjenja kvaliteta prenesene video sekvence. Međutim kvalitet videa je, po ocjeni gledalca, takav da omogućava nesmetano gledanje i praćenje programa. Ocjene za treći slučaj date su u tabeli 11.

Metoda	SCACJ	DSCQS tip2	DSIS
Ref Video-Podgorica	10,00	10,00	-
Posmatrani video	0	0	2,5

Tab. 11. Rezultati subjektivne analize za treći slučaj

Iz dobijenih rezultata za treći slučaj vidi se da su razlike između video sekvenci velike. Promjene koje su nastale na video sekvenci su tolike da onemogućavaju nesmetano gledanje video sekvence.

5. ZAKLJUČAK

Da bi dobili što vjernije rezultate, uslovi u kojima su sprovedeni testovi bili su isti kao i uslovi u kojima se vrši trenutni prenos TV signala do emisionih lokacija. Cilj ovog rada je da objedini rezultate koji karakterišu funkcionisanje mreže i rezultate koji karakterišu kvalitet videa. Na ovaj način dobijamo pravi uvid u uticaj IP mreže na kvalitet videa.

Dobijeni rezultati nam pokazuju da kad je kapacitet mreže veći od brzine prenosa stream-a, uređaji nisu detektovali ni jedan izgubljeni paket, a jitter IP paketa je bio u dozvoljenim granicama. Sa takvim parametrima mreže, objektivnom analizom kvaliteta videa nije detektovana nikakva promjena u kvalitetu video sekvence, a gledaoci su subjektivnom analizom procijenili da su video sekvence gotovo identičnog kvaliteta. Kod drugog slučaja uređaji su zabilježili povećanje broja izgubljenih paketa, pri čemu je jitter ostao u propisanim granicama. Objektivnom analizom utvrđeno je da su gubitci paketa doveli do smanjenja kvaliteta videa. Međutim, prilikom subjektivne analize ta promjena u kvalitetu, od strane gledalaca ocijenjena je kao veoma mala, što nam govori da se video sekvenca može nesmetano gledati. U trećem slučaju rezultati pokazuju da je došlo do velikog broja izgubljenih paketa, što je prouzrokovalo veliko smanjenje kvaliteta videa. Video sekvenca je toliko oštećena da se gotovo ne može gledati.

Test metode i postupci mjerenja koji su prezentovani u ovom radu će poslužiti za razvijanje sveobuhvatnog sistema nadzora u RDC-u, koji će omogućiti istovremeno praćenje funkcionisanja mreže kao i kvaliteta TV signala koji se isporučuje krajnjim korisnicima. Ovo je posebno bitno sada kada se uvodi difuzno digitalno emitovanje TV programa u Crnoj Gori i kad je potrebno obezbijediti, kvalitetnu uslugu svim građanima. Takođe metode koje su prikazane i softveri koji su korišćeni mogu se koristiti i za druga istraživanja i razvoj tehnologija iz oblasti multimedije, obrade slike, IP tehnologije i radio-relejnih veza.

LITERATURA

- [1] ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-05) Technical report, Digital video Broadcasting-Measurement Guidelines for DVB systems
- [2] European Telecommunications Standards Institute, Digital Video Broadcasting (DVB), Transport of MPEG-2 Based DVB Services Over IP Based Networks, ETSI TS 102 034, v1.2.1, Sept. 2006, <http://www.etsi.org>
- [3] Marc Todd, Quality of Video-over-IP Measuring the Quality of Streaming MPEG-2
- [4] Y. J. Liang, J. G. Apostolopoulos, and B. Girod, Analysis Of Packet Loss for Compressed Video: Does Burst-Length Matter?, Proc. IEEE San Francisco, CA, 2003, pp. 473–496
- [5] MSU Video Quality Measurement Tool Documentation http://compression.ru/video/quality_measure/src/
- [6] Zhou Wang, Alan Conrad Bovik, Hamid Rahim Sheikh, and Eero P. Simoncelli, Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, IEEE Transactions on image processing, VOL. 13, NO. 4, APRIL 2004
- [7] Chaofeng Li, Alan Conrad Bovik, Content-weighted video quality assessment using a three-component image model, Journal of Electronic Imaging 19(1), 011003 (Jan–Mar 2010)
- [8] RECOMMENDATION ITU-R BT.500-11, Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures, 2002
- [9] Dimitriy Vatolin, Oleg Petrov “MSU Perceptual Video Quality tool” <http://compression.ru/video/>

ВИШЕНИТНО ИЗВРШАВАЊЕ ПРИ ФИЛТРИРАЊУ СЛИКА У .NET FRAMEWORK-У MULTITHREADED PROCESSING IN IMAGE FILTERING IN .NET FRAMEWORK

Блажо Ђуровић, Поморска школа Котор
Игор Ђуровић, Електротехнички факултет

Садржај – Након анализе .NET framework-а и његових могућности у обради слике посматрали смо начине имплементације вишенитног рада, у обради слика. Разматрали смо два могућа начина подјеле рада између нити, и предложили двије различите имплементације бољег од њих. Узгред, смо укратко описали три различита начина приступа подацима у Bitmap објектима, који представљају слике, као и њихове предности и недостатке.

Abstract - After analysis of .NET framework and its capabilities, in digital image processing, we studied different ways to implement multithreading image processing. We analyzed two different ways to divide the workload between threads, and in the end suggested two different implementations of the better one. Along the way, we described three different ways to access data in Bitmap objects, which represent images, and also their advantages and disadvantages.

1. УВОД

До недавно потреба за вишенитном обрадом није била толико изражена код стандардних архитектура рачунара, јер на процесорима са једним језгром није нудила никакву предност. Услијед тренутне немогућности произвођача процесора да повећају перформансе повећањем брзине језгара процесора, тржиште је преплављено процесорима са више језгара. Пошто програми који се извршавају у само једној нити нису ни изблиза ефикасни колико би могли бити на вишејезгреним процесорима, појавила се потреба за увођење вишенитног извршавања, за рачунско интезивне послове.

Обрада слика, а посебно филтрирање дигиталне слике је једна од области са веома рачунски интензивним пословима у којима би значајна корист била могућност да се изврши вишенитна имплементација.

Када се појавила 2002. године, Мајкрософтова .NET архитектура је била намјењена прављењу чисто пословних апликација, али са сваком новом верзијом је проширивана. Данас, са изласком четврте верзије ове популарне архитектуре, скоро да нема поља на којему се она не може примјенити. Такође, ова архитектура је директно подржана од Мајкрософта, произвођача оперативног система већине горепомнутих кућних вишејезгрених рачунара. Ова архитектура је у својој четвртој верзији добила нову библиотеку функција намјењену вишенитној обради података *System.Threading.Parallel.Tasks*.

У овом раду за илустрацију примјене вишенитног програмирања код филтрирања дигиталне слике кориштен је C# програмски језик за илустрацију, а подразумјева се да читалац посједује познавање овог језика, као и нових генеричких типова. Код неће бити приказан у цјелости, због скучености простора, већ само кључни његови сегменти.

Рад је организован на сљедећи начин. У секцији два је кратак осврт на основе обраде слике у .NET-у, како би се упознали са начинима приступа и организације слике у

меморији рачунара. У трећој секцији разматрамо како да подијелимо посао између нити, а у четвртој вршимо имплементацију одабраног начина подјеле посла, користећи један од два начина управљања вишенитним извршавањем. На крају у петој секцији извлачимо закључке и осврћемо се на алат у изради, у коме је овакво извршавање имплементирано.

2. ОСНОВЕ ОБРАДЕ СЛИКА У .NET-У

.NET је објектно оријентисан па су дигиталне слике у њему приказане путем *System.Drawing.Bitmap* типа објектата. Наш први циљ је да нађемо начин на који да приступимо пикселима Bitmap објекта, како би могли да мјењамо њихове појединачне вриједности.

У овој архитектури, у основи постоје 3 начина да се приступи самим подацима садржаним у битмапи, са различитим карактеристикама.

Први начин користи методе класе Bitmap, *GetPixel* и *SetPixel*. Ово је основни начин који је Microsoft предложио за приступ слици. Нажалост овај приступ је јако спор. Обично је више од 10 пута спорији од остала два метода. Такође је неприкладан је за коришћење у вишенитном извршавању, јер се позива са објекта који представља битмапу, па би могло да дође заглављивања, уколико двије нити у исто вријеме желе да приступе том објекту.

Други начин се базира на добијању показивача на меморијску локацију слике са којом радимо. Овај начин је као што смо већ рекли доста бржи од *Get/Set* метода, али његов проблем лежи у томе што са радом са показивачима, потиремо једну од предности .NET архитектуре, а то је да не морамо да радимо са показивачком логиком. Такође, програмери који немају искуства са показивачком аритметиком могу веома лако направити грешке које су незгодне за налажење јер се дешавају ван домена надгледања .NET архитектуре. Међутим, овакав начин као што ћемо видјети је готово идеалан за вишенитно извршавање.

Прво требамо закључати локацију битмапе у меморији, како *.NET* неби помјерао објекат током рада са њиме. То наређујемо *.NET*-у методом *Bitmap.LockBits* која нам враћа објекат типа *System.Drawing.BitmapData*, који садржи показивач на почетак меморије која садржи слику, и остале потребне податке, о начину на који је слика смјештена у меморији, као што је показано у [1]. На слици 1 можемо видјети које су псеудо-адресе (стварне адресе зависе од формата у којему су спремљени пиксели слике) сваког пиксела неке слике у односу на показивач који смо добили са *BitmapData* објектом. Послије обраде, морамо откључати меморију у којој је битмапа како би *.NET* могао правилно да настави са радом. За то користимо метод *Bitmap.UnlockBits* о коме се више може наћи у [2].

0	1	2	3	...	N-1
N	N+1	N+2	N+3	...	2*N-1
2*N	2*N+1	2*N+2	2*N+3	...	3*N-1
3*N	3*N+1	3*N+2	3*N+3	...	3*N-1
...
(M-1)*N	(M-1)*N+1	(M-1)*N+2	(M-1)*N+3	...	N*M-1

Слика1: Адресе пиксела слике у меморији

Трећи начин, као што је показано у [3], је да се *Bitmap* објекат сачува у *MemoryStream* објекат (који представља дио меморије), као битмап фајл, који затим обрађујемо као низ бајта (*System.Byte*). Овај метод нема проблеме везане за рад са показивачима и проблеме са сигурношћу. Али и даље морамо да радимо са 'квази' показивачком логиком, јер ћемо из *MemoryStream*-а добити у основи низ осмобитних бројева без предзнака (*System.Byte*), а не матрицу. Овај метод је мање погодан за вишенитну обраду, јер би овдје, умјесто да прослиједимо нити само показивач морали да издјелимо низ на дјелове што би значило да би смо губили вријеме на копирање низа који представља читаву слику у мање низове. Овај метод називамо '*MemoryStream*' методом.

Као илустрацију у Табели 1 смо дали времена извршавања за функцију филтрирања филтром са покретном средином за ова три различита метода. Што се вишенитне обраде тиче, користимо показивачки метод, због његове компактности (да би приступили слици пошто је закључамо у меморији, довољан нам је показивач и информација о формату пиксела и димензије).

	Get/Set	Показивачи	Memory Stream
256x256	957 ms	29 ms	32 ms
512x512	3843 ms	120 ms	126 ms
1024x1024	15385 ms	504 ms	524 ms

Табела 1: Времена извршавања филтра покретне средине за различите начине приступа слици

3. ВИШЕНИТНА ОБРАДА – ПОДЈЕЛА ПОСЛА

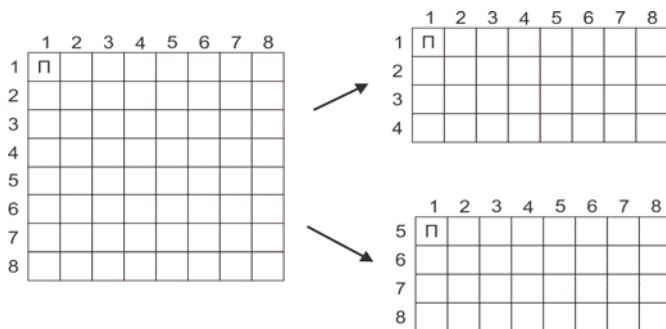
Као што смо већ рекли у уводу, уобичајене технике програмирања у једној нити не искоришћавају пуну моћ данашњих вишејезгрених рачунара. Коришћењем вишенитне обраде, можемо да очекујемо убрзања извршавања онолико велика колико имамо језгара у процесору (најобичнији двојезгрени процесор ће убрзати филтрирање два пута, са двије нити).

Да би смо искористили пуну процесну моћ рачунара, у филтрирању слика, морамо некако разбити нашу функцију филтрирања, на више истих операција на проблему мањих димензија, које послје можемо да подијелимо између језгара. То није компликовано урадити, јер се већина процеса филтрирања своди на вишеструко извршавање функције филтрирања, за по један пиксел којој су аргументи параметри филтра, и сусједни пиксели који су потребни за филтрирање. Према томе, ми нашу једнонитну функцију филтрирања можемо разбити на онолико нити колико имамо и пиксела. Такав метод мултинитне обраде, неби био довољно ефикасан јер би процес прављења хиљада нити загушио систем, а добици на перформансама неби били велики или би вјероватније перформансе биле погоршане.

Оно што нама треба, је начин да подјелимо рад који треба да изврши наш филтар на мањи број нити. Идеално рјешење би омогућавало разбијање на онолико нити колико наш процесор има језгара, или евентуално, на умножак броја језгара, као што график на слици 3 показује.

Најједноставнији начин, да се то оствари, јесте да подјелимо нашу слику на онолико дјелова колико имамо језгара, и онда извршимо филтрирање над сваким дјелом у посебној нити. Овакву операцију можемо извести са најмањим губитком у перформансама, ако користимо показиваче. Тада дио слике можемо дефинисати помоћу показивача, димензија слике и формата пиксела у меморији. Такође неможемо физички дијелити слику, јер она остаје у меморији на једном мјесту, само различитим нитима дајемо показиваче на различите дјелове слике, и различите димензије. Можемо постићи конзистентност дјелова слике у меморији ако подјелимо слику по редовима, тако да свакој нити дамо низ узастопних редова. Подјелу слике величине 8x8 на двије слике димензија 8x4 можемо видјети на слици 2. На тој слици можемо видјети позиције показивача на ове дјелове, који су обиљежени са П.

Овиме постижемо, да пошто одрадимо посао на коду који ради разбијање слике и позивање функција филтрирања, саму функцију филтрирања можемо писати као да је у питању функција намјењена за једнонитно извршавање. То нам омогућава да имплементацију функције која ће се вишенитно извршити дамо на имплементацију неке ко можда и није упознат са детаљима и проблемима вишенитног извршавања. Проблем имплементације можемо још више поједноставити увођењем новог типа објекта (класе) који би у себи садржао потребне податке, као и помоћне функције које би омогућавале обраду слике као да је у питању матрица, иако се у позадини ради са



Слика 2: Примјер разбијања слике 8x8 на двије слике 8x4

показивачима. Тиме би се елиминисали потенцијални проблеми са показивачима.

Највећи проблем овог метода је то што, приликом филтрирања пиксела који су близу граница између дјелова слике, он не узима у обзир онолико сусједних пиксела колико би узимао да нисмо подјелили слику на дјелове, јер он „не види“ пикселе који су преко „границе“. То проузрокује мање добитке приликом уклањања шума на тим ивицама. Овај проблем би се могао уклонити тиме што би смо параметрима функције додали промјенљиву која би одређивала позицију тог дјела слике у укупној слици, али онда би изгубили апстракцију, да слика није подјељена. Такође, у већини случајева, сусједство је много мањих димензија од саме слике, те су губици у филтрирању које ови проблеми изазивају готово непримјетни.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Функција која врши покретање нити, треба да одради следеће ствари: направи нову битмапу у коју ћемо уписивати резултат, одреди колико нити би било оптимално користити, подјели оригиналну и резултантну битмапу на исти начин, направи нове нити, покрене све нити и прослиједи им потребне параметре, чека на извршење свих нити и на крају врати резултат.

Нову битмапу исте ширине и висине, је тривијално направити преко *Bitmap* конструктора *Bitmap(int, int, PixelFormat)*.

Оптималан број нити је једнак броју дјеливом са бројем језгара процесора на којему се програм извршава, са тиме да би превише нити изазвало губитке у перформансама. Зато ћемо у овом примјеру ставити да имамо онолико нити колико имамо и језгара. Број језгара нам открива функција *Environment.ProcessorCount()*.

Подјела саме слике је такође тривијална пошто смо у првој секцији већ описали обраду слике показивачима. Једино на што требамо обратити пажњу је да висина слике можда није дјелива са бројем језгара, па последњи дио слике обично није исте величине као и остали дјелови. Информације о сваком дијелу (показивач на први пиксел, ширина, висина и формат пиксела у меморији) треба смјестити у објекте ради лакшег прослијеђивања функцијама филтрирања.

Код самог процеса креирања нити постоје два начина. Ручни код кога правимо, покрећемо и пазимо на то када

се нити заврше сами, као и методеи класе *System.Threading.Tasks.Parallel* који ће све то урадити за нас.

Код ручног метода, нити правимо помоћу објеката типа *System.Threading.Thread* [4], и покрећемо их преко метода *Start(object)*, инстанце тог објекта. Обавјештење да је нека нит завршила посао добијамо преко *EventWaitHandle* класе или неког од њених потомака (користићемо у примјеру *ManualResetEvent*).

Оно што прво примјећујемо, код овога метода, јесте да функцији која ће направити нит, можемо прослиједити само један објекат као параметар функције која ће се извршавати у нити. Такође из нити морамо позвати метод *Set()* на инстанцу објекта типа *ManualResetEvent* како би обавјестили главну нит да је та радна нит завршила са радом, а главна нит на то обавјештење чека, преко метода *WaitOne()* инстанце истог тог објекта. Стога морамо радним нитима прослиједити и по инстанцу објекта типа *ManualResetEvent*.

Ове проблеме ријешавамо тиме што имплементирамо прво функцију која ће вршити покретање функције филтрирања унутар нити, и послје њеног завршања ће обавјестити главну нит о томе. Ова функција ће као параметар примати све потребне параметре функције филтрирања и *ManualResetEvent* објекат, унутар једног објекта. Све те параметре можемо послати као један објекат, коришћењем низа објеката (*object[]*), или прављењем посебне контејнерске класе. Овдје смо примјенили први приступ (за професионално одрађене имплементације, предлагемо други приступ, али овдје ћемо због једноставности користити први). Следећи код представља једну од имплементација те функције.

Напомена: Тип *DioBitmape* је класа која садржи параметре потребне за приступ и рад са дијелом битмапе.

```
static void StartnaFunkcija(object P){
    object[] parameter = P as object[];
    Action<DioBitmape, DioBitmape, Parametri> func =
        parametar[0] as Action<DioBitmape, DioBitmape,
            Parametri>;
    func((DioBitmape)parametar[1],
        (DioBitmape)parametar[2],
        (Parametri)parametar[3]);
    ((ManualResetEvent)P[4]).Set();
}
```

Само покретање нити и чекање на њихово извршење је више мање једноставно. Следећи код то ради.

```
...
Thread nit=null;
object[] param=null;
ManualResetEvent[] MRE =
    new ManualResetEvent[threadCount];
for(int nitNo=0; nitNo<threadCount; nitNo++){
    nit = new Thread(StartnaFunkcija);
    MRE[nitNo] = new ManualResetEvent(false);
    param = new object[] {
        new Action<DioBitmape, DioBitmape,
            Parametri>(funkcija),
```

```

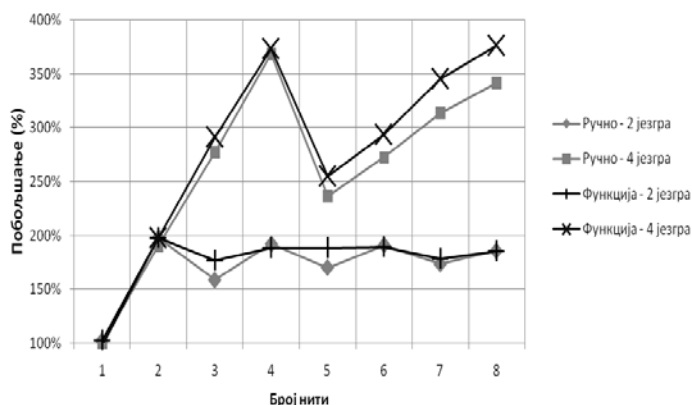
        dioOrig[nitNo],
        dioDest[nitNo],
        parameters,
        MRE[nitNo] };
        nit.Start(param);
    }
    foreach(ManualResetEvent M in MRE)
        M.WaitOne();

```

Треба напоменути да су *dioOrig* и *dioDest* низови који садрже наше дјелове оригиналне битмапе и битмапе у којој ћемо сачувати резултат, *threadCount* је број нити који смо добили преко функције *ProcessorCount()*, *parameters* је објекат који садржи параметре филтра, док је *func* функција коју треба извршити садржана у генеричком делегату *Action<DioBitmap, DioBitmap, Parametri>*.

Други начин све ово заобилази. Довољно је да направимо низ *object[]* објеката (који сада неморају да садрже *ManualResetEvent* објекат), и на њих позовемо један од метода класе *Parallel* које можете наћи у [5]. Такође ће нам бити потребна нова функција која ће радити исто што и *StartnaFunkcija*, са тим изузетком што више није потребно јавити главној нити да је нит завршила посао преко *ManualResetEvent.Set()*. Такву функцију у примјеру ћемо назвати *StartnaFunkcijaTasks*. Послије што направимо низ објеката (један од типова који имплементирају интерфејс *IEnumerable*) типа *object[]*, само покретање и надзор нити извршавамо само са једном командом: *Parallel.ForEach<object[]>(djelovi, StartnaFunkcijaTasks)* и за остало ће се постарати *.NET*.

Други начин има ту предност што осјетљиви посао надгледања и позивања нити, делегира функцији, која је већ уграђена у *.NET*.



Слика 3: Побољшање перформанси увођењем вишенитног извршавања, за различит број нити и језгара.

На крају на слици 3 је приказано побољшање које се добија за различите бројеве језгара и нити, за обадва начина. Треба примјетити, да је *Tasks.Parallel* начин (на графику назван 'Функција'), много отпорнији на погрешан одабир нити.

5. ЗАКЉУЧАК

Као што је показано у претходном тексту, вишенитно извршавање је релативно једноставно имплементирати, и омогућава нам да значајно убрзамо процес филтрирања, код процесора са више језгара који су данас уобичајени.

Такође, услијед могућности саме *.NET* архитектуре, имплементација вишеитног извршавања је даље поједностављена тиме што можемо функцију, која одрађује управљање нитима, користити, у више различитих филтара уз мало апстракције. То нам омогућава имплементацију великих библиотека филтара, и преправљању истих старих библиотека на вишенитно извршавање уз релативно мало труда.

Према томе све новије апликације које се озбиљније баве обрадом слика, би морале да имплементирају вишенитно извршавање, ради убрзања извршавања.

Један примјер такве апликације, је програм који ми тренутно радимо, а који ће служити за проучавање филтара. Поред вишенитног извршавања укључиваће библиотеке са свим једноставнијим филтрима, и потребним функцијама (фуријер, конволуција итд.). Омогућаваће, такође релативно једноставно писање додатака (plug-in) за тај програм.

На крају једна од кључних функција програма ће бити могућност примјене шума на више тест слика, и њихово филтрирање, са тиме да ће резултати филтрирања (саме слике и квантификатори шума) бити сачувани у разним форматима, и све то аутоматски.

Ово ће, надамо се, омогућити истраживачима и онима који имплементирају филтре, на овом пољу, лакше и брже тестирање филтера, у једној од важнијих архитектура, данашњице.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] „Bitmap.LockBits Method“ на <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/5ey6h79d.aspx>
- [2] „Bitmap.UnlockBits Method“ на <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.drawing.bitmap.unlockbits.aspx>
- [3] Рик Лејникер (Rick Leinecker) "Image Processing in C#" на DevSource: <http://www.devsource.com/c/a/Languages/Image-Processing-in-C/2/>
- [4] „Thread Class (System.Threading)“ на <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.threading.thread.aspx>
- [5] „Parallel Class (System.Threading.Tasks)“ на <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.threading.tasks.parallel.aspx>

PRIMJER REALIZACIJE SISTEMA ZA VIDEO KONFENCIJE – CISCO TELEPRESENCE AN IMPLEMENTATION EXAMPLE OF VIDEO CONFERENCES – CISCO TELEPRESENCE SYSTEM

Budimir Ugren, Andrija Đurašković, *Crnogorski Telekom*
Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica.*

Sadržaj - Cisco TelePresence sistem, prvi put predstavljen u oktobru 2006 proizvod je koji pruža mogućnost realizacije video konferncija na najvišem mogućem nivou uz ekrane i kamere sa visokom definicijom i audio sistemom koji uključuje kompletnu 3D simulaciju. Dizajniran je za povezivanje dvije fizički odvojene prostorije, tako da se stiče utisak da se radi o jednoj sali za konferencije, iako se te dvije prostorije mogu nalaziti na suprotnim krajevima svijeta. U ovom radu opisane su osnovne karakteristike i mogućnosti sistema, kao i njegova struktura i principi funkcionisanja..

Abstract - Cisco TelePresence, first introduced in October 2006, is a product which provides high-definition 1080p video, spatial audio, and a setup designed to link two physically separated rooms so they resemble a single conference room even though the two rooms may be on opposite sides of the world. In this paper, its main characteristics and capabilities are presented together with its structure and functioning principles.

1. UVOD

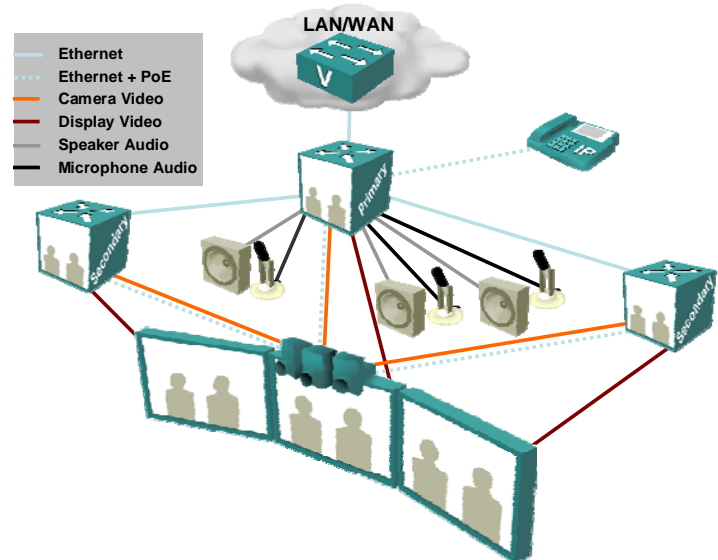
Cisco TelePresence System je u potpunosti IP rešenje koje se temelji na SIP (Session Initiation Protocol)-u. Za realizaciju ovakvog rešenja potrebno je razmotriti propusnost mrežnih puteva, integraciju sa CUCM (Cisco Unified Communications Manager)-om, obezbijediti adekvatan QoS (Quality of Service) i aspekte sigurnosti. Dokument prikazuje 'end-to-end' arhitekturu CTS (Cisco TelePresence System)-a. Najprije su opisane komponente, nivoi funkcionalnosti i interfejsi, a zatim komponente pojedinačno, da bi se na kraju sve spojilo u jednu cijelinu koja predstavlja model za realizaciju kvalitetne video konferencije. Smjernice za dizajn i načela koji su dati primjenjuju se na CiscoCallManager verziju 5.1 i MS Exchange 2003.

2. KOMPONENTE I KONCEPTI

Glavna komponenta TelePresence rješenja je kodek. Kamere visoke definicije i mikrofoni predstavljaju ulazne uređaje za kodek, dok kodek izlaz usmjerava ka ekranima sa visokom razolucijom i stereo zvučnicima. Kodek, takođe, komprimira video i audio ulaze H.264 kompresijom u IP pakete za isporuku preko IP mreže i predstavlja dvosmjernu platformu za komunikaciju u realnom vremenu. Dobru audio-vizuelnu komunikaciju udaljenih tačaka u realnom vremenu karkteriše vrlo nizak i ujednačen nivo kašnjenja isporuke paketa preko mreže [1]. Kodek je dio TelePresence (TP) rješenja koje se nudi u dvije različite varijante: TP3000 i TP1000, sa podvarijantama. TelePresence sistem TP3000 ima tri kodeka (jedan primarni i dva pomoćna), tri kamere i tri ekrana [2], kao i Cisco IP telefon kao interfejs za krajnjeg korisnika i kompletan je šematski prikazan na sl. 1.

Primani kodek povezuje se na mrežnu infrastrukturu preko Gigabit-nog uplinka, dok se oba sekundarna kodeka,

kao i IP telefon, povezuju na primarni, koristeći Fast Ethernet, pri čemu se IP telefon i napaja kroz ovu vezu - PoE (Power Over Ethernet).



Sl. 1. CTS TP3000

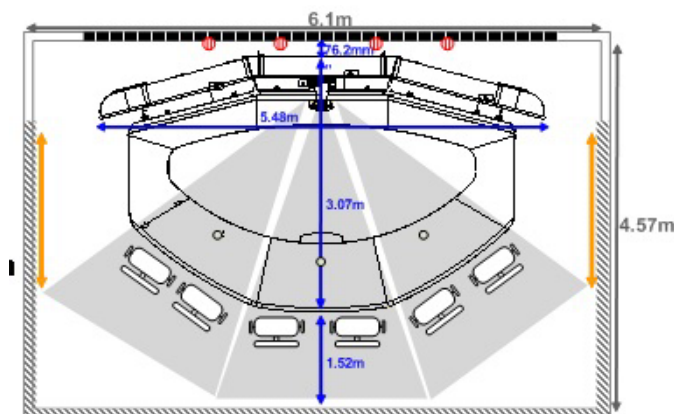
Koncepti koji su u potpunosti razrađeni u okviru ovog rješenja, tetiraju sve poznate situacije i u potpunosti su funkcionalni, a odnose se na razne tipove i smjerove poziva, na način prikazivanja, redosled i brzinu promjena na ekranima, kontrolu i upravljanje samim sistemom i kompletnom sinhronizacijom, kao i na planiranje i zakazivanje samih video konferencija.

Realizacija CTS rešenja zasnovana je na pretpostavci da će krajnji korisnik biti prosječan poslovni korisnik sa osnovnim poznavanjem korištenja telefonskog uređaja [3]. Kombinacija Cisco IP telefona 7970 i krajnje tačke

TelePresence sistema, u prostoriji predviđenoj za video konferencije, za krajnje korisnike treba predstavljati kompaktno okruženje u kojem su obje pomenute komponente nerazdvojni dio jednog entiteta, dok Cisco IP telefon predstavlja primarni korisnički interfejs koji ostvarivanje svake specifične zamisli krajnjeg korisnika osigurava u okviru usluge koja je dostupna izborom na samom telefonu.

3. TEHNICKI ZAHTJEVI I DIZAJN

Osim već navedenih (1+2) kodeka i IP telefona, TP3000 uključuje tri 65-o inčna HDTV ravna ekrana, tri HDTV kamere, tri mikrofona, tri (stereo) zvučnika i po jedan pomoćni audio i video ulaz. Raspored i pozicije elemenata sa dimenzijama [4] dati su na sl. 2. Dimenzije prostorije za video konferencije kreću se u okvirima datim u tabeli T. 1. u kojoj su date i preporučene vrijednosti.



Sl. 2. Specifikacija prostorije za CTS 3000

[m]	Širina	Dužina	Visina
Minimum	4.57	6.1	2.44
Preporuka	5.8	6.7	3.05
Maksimum	7.01	9.45	3.66

T. 1. Gabariti prostorije

Osvjetljenje u prostoriji je takođe precizirano i donja granica iznosi 300-Lux-a, uz napomenu da se TP3000 isporučuje s ugrađenim svjetlosnim izvorima koji će doprinijeti da nivo rasvjete u sobi bude kao da je u pitanju televizijski studio. Ukoliko na prostoriji postoje prozori neophodna je upotreba zavjesa sa "black-out" podlogom, čak i ako su prozori zatamnjeni. Zavjese takođe pružaju dodatna akustična poboljšanja koja smanjuju prostornu reverberaciju.

Zahtjevi za energetskom mrežom proizilaze iz komponenti i za TP3000 bili bi sledeći:

- 65 "Display 3 x 1200 W = 3600 W
 - Primary codec 1 x 600 W = 600 W
 - Secondary codec 2 x 360 W = 720 W
 - Rasvjeta interna 10 x 32 W = 320 W
 - Projektor 1 x 240 W = 240 W
 - Stoni utikači 6 x 240 W = 1440 Watts
- Ukupno = 7392 W (57.6A @ 120V - 28.8A @ 240V)

4. REALIZACIJA MREŽE

Na sl. 3. Prikazan je izgled mreže sa lokacijama i infrastrukturnim komponentama za realizaciju video konferencija korištenjem CTS (Cisco TelePresence Sistem)-a u okviru MT grupe, čiji je dio i Crnogorski Telekom. Na četiri lokacije nalaze se prostorije za video konferencije tipa TP3000, a jezgro sistema (CTM-Cisco TelePresence System Manager, CTMS – Cisco TelePresence Multipoint Switch, CCM – Cisco Call Manager, AD/Exchange) smješteni su u okviru Data Centra MT grupe.

Kao i Cisco Unified Communication Manager odnosno Cisco Call Manager, Cisco TelePresence System Manager i Cisco TelePresence System Multipoint Switch rade na Cisco-specifičnom Linux operativnom sistemu za Voice tehnologije. Cisco TelePresence System kodek takođe radi na Cisco-specifičnom Linux operativnom sistemu i pokreće ovaj operativni sistem sa "compact flash" drajva instaliranog na matičnoj ploči od kodeka. Ne postoji fizički ili logički pristup ovoj "compact flash" kartici ili mogućnost pristupa kroz operativni sistem preko nekog interfejsa.

U tabeli T. 2. dat je pregled hardverskih i softverskih komponenti Cisco TelePresence sistema.

Uređaj	Hardware	Software	Image
CTS-3000	CTS-TP3000	1.2.2(1076D)	SIPTS.1-2-2-1076D-k9.sbn
CUCM (CCM)	MCS7835H2-K9-CMA2	5.1(2)	5.1
CTM	MCS-7835-H2-CTS1	1.2.0.0(200)	CTSMAN-1.2.0.0-200.iso
CTMS	MCS-7845-H2-CTS1	1.0.3.0(15)	ctms-1.0.3.0-15.iso
2821	CE router	12.4(17)	
3560G-2	Access switch	12.2	
6509	Access switch	12.2	

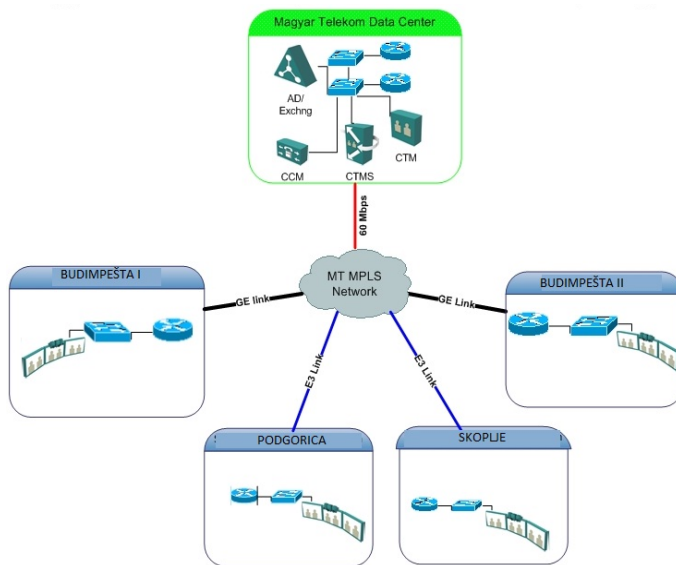
T. 2. Pregled komponenti

Zahtjevi CTS prema mreži odnose se na obezbijedjvanje određenog propusnog opsega i kontrolu zagušenja mreže. Propusni opseg koji treba obezbijediti na dijelu mreže proračunava se na osnovu kvantifikacije saobraćaja neophodnog za realizaciju video konferencije korištenjem CTS, uključujući i praskavu prirodu profila takvog saobraćaja. Propusni opseg koji se koristi ograničen je na klizni prozor kao osnovu za potrebnu količinu propusnog opsega, što daje mogućnost da količina saobraćaja ponekad bude veća i do 20% od prosječne maksimalne vrijednosti, ali ne više od toga, s tim što takav trend ne može biti kontinuiran. Pod pretpostavkom da je klizni prozor 1s i željeni propusni opseg, obzirom na HD video strimove, 4Mbps [5], to znači da bi u bilo kom periodu od 1s u toku ukupnog propusnog opsega ta vrijednost trebala biti na nivou 4Mbps u prosjeku. Klizni prozor znači da taj sekund može biti proizvoljno odabran. Za potrebe CTS TP3000 (u jednom smjeru) neophodno je obezbijediti:

- za 3 osnovna video-signalna (4Mbps svaki): 12Mbps
- za 3 osnovne audio stream (64kbps svaki): 192Kbps
- za 1 pomocni audio stream: 64kbps
- za 1 pomocne video stream: 400Kbps
- UKUPNO (prosjek): 12.656 Kbps
- UKUPNO (+ Burst): 15.3 Mbps

Za sve konfiguracije, tu su i dodatni VoIP pozivi od 64kbps koji mogu biti realizovani od strane TelePresence sistema, ali to neće biti saobraćaj između dviju krajnjih tačaka u TelePresence pozivu. Na primjer, to bi mogao biti poziv za VoIP telefon, MeetingPlace Most, ili poziv ka PSTN mreži ako bi bio postavljen Voice GW.

Kašnjenje između dvije krajnje tačke u TelePresence sistemu (za jedan smjer) treba biti <150ms. Kada se desi kašnjenje preko 200ms prikazaće se poruka “Experiencing network delay”, a ukoliko pređe 400ms poruka upozorenja glasi “Experiencing severe network delay”. Jitter unutar sistema treba biti manji od 5ms, ako pak pređe prag od 20ms prikazaće se poruka o pojavi mrežnog zagušenja, a u slučaju da pređe 40ms sistem će sam oboriti nivo kvaliteta obrade i u slučaju da takvo stanje potraje, poziv će biti prekinut uz obavještenje o prekomjernom zagušenju mreže. Gubitak paketa bi trebao biti manji od 0,05% između krajnjih tačaka sistema i u slučaju da pređe 0,1%, odnosno 0,2% sistem bi se ponašao kao i u prethodnom slučaju.



Sl. 3. Izgled CTS mreže

U slučaju multipoint sesije, tok razgovora između dvije krajnje tačke TelePresence sistema bi išao kroz Multipoint svič (CTMS). Kašnjenje, džiter i gubitak paketa između dvije krajnje tačke i dalje treba da bude kao da je u pitanju poziv između samo dvije tačke [6], što znači da kašnjenje između CTS krajnjeg uređaja i Multipoint sviča treba da bude pola kašnjenja između dva CTS krajnja uređaja umanjeno za kašnjenje koje dodaje CTMS. Maksimalno kašnjenje koje je dodao CTMS u bilo kojoj situaciji je 20ms i ovo kašnjenje bi trebalo biti tretirano u okviru usluge SLA (Service Level Agriment).

Pretpostavlja se da TelePresence podržava 802.1p/q označavanje paketa za QoS. To uključuje obilježavanje

paketa na temelju konfigurisanih VLAN ID-eva, kao i prioritete za različite klase saobraćaja: audio (5), video (4), signalizacija poziva (3) i upravljanje mrežom (6 ili 7). TelePresence takođe mora podržavati DiffServ codepoint (DSCP) označavanje za QoS, što uključuje obilježavanje paketa na bazi konfigurisanih IP Vrsta usluge (TOS-Type of Service), za različite klase mrežnog saobraćaja.

Da bi se postigao striktno zahtijevani kvalitet usluge, za TelePresence dizajn biće primijenjen strogi prioritet čekanja za ovu klasu saobraćaja u okviru mrežne infrastrukture. Ovo se odnosi na čekanja sa hardverskim prioritetom kod Catalyst svičeva i Low Latency Queuing (LLQ) unutar IOS rutera.

5. INTEGRACIJA SA CUCM

MT grupa se, u cilju podrške TelePresence sistemu, odlučila za uvođenje novog Call Manager klastera, koji će biti domaćin svih budućih krajnjih tačaka ovog sistema. Dizajn za integraciju sa Call Manager-om se prvenstveno bavi tipičnom konfiguracijom krajnjih tačaka, a potom i specifičnim konfiguracijama koje su potrebne do svake krajnje tačke. Call Manager klaster za TelePresence sistem će se registrovati na način naveden u tabeli T. 3. koja slijedi.

T. 3. način registracije Call Manager klastera

Za konfiguraciju krajnjih tačaka TelePresence sistema

	Publisher	TFTP	Subscriber	
			Primary	Alternate
TP_MT_PUB	Da	Da		Da
TP_MT_SUB		Da	Da	

koristi se administrativni interfejs Cisco CallManager-a. Svaki kodek je konfigurisan kao TelePresence uređaj u CallManager-u, uz pridruženi Cisco IP telefone 7970 koji se koristi za uspostavljanje TelePresence poziva. Stroga je preporuka da se prilikom konfiguracije, svi parametri koji se ne konfigurišu ostave sa prekonfigurisanim datim vrijednostima, a izuzetno je važno da su TelePresence kodek i IP telefon povezani u odgovarajuću vremensku zonu u okviru pripadajuće “datum/vrijeme” grupe, jer TelePresence kodek posebno dobija podešavanja za NTP server sa koga direktno čita vrijeme na osnovu koga se vrši sinhronizacija. Na CUCM mora biti kreirana i grupa korisnika za CTS Manager da bi se informacije o sastancima prosljedile na same telefonske urđaje. Takođe na CUCM potrebno je obaviti neke zadatke prije instalacije softvera na CTMS:

1. Kreiranje sigurnosnog SIP profila, koji će biti korišten na SIP trunk-u.
2. Kreiranje Session Initiation Protocol (SIP) trunk-a, koji se koristi za komunikaciju između CUCM i CTMS.
3. Kreiranje obrazaca za rutiranje, koji se koriste za usmjeravanje konferencijskih brojeva na CTMS preko SIP trunk-a, koji je kreiran u drugom koraku.

6. SIGURNOST TELEPRESENCE SISTEMA

Obzirom da se dio mreže prostire i kroz MPLS (Multiprotocol Label Switching) mrežu, za potrebe CTS

kreiran je poseban MPLS VPN samo za tu svrhu i sav TelePresence saobraćaj se odvija kroz pomenuti VPN. Mogućnost enkripcije medija i signalizacije postoji već od CTS softvera verzije 1.2 i njim su opskrbljene sve krajnje tačke TelePresence sistema. Pitanje autentifikacije regulisano je sertifikatima, jer CTS podržava X.509v3 digitalne sertifikate i sve komponente CTS-a dolaze sa preinstaliranim MIC (Manufacturing Installed Certificate) i podržavaju CAPF (Cisco Unified CallManager Certificate Authority Proxy Function) metod za preuzimanje LCS (Locally Significant Certificate)-a kao i preuzimanje CTL (Certificate Trust List)-e sa TFTP (Trivial File Transfer Protocol) servera na CCM-u. Ovi sertifikati i lista zatim se koriste za formiranje osnovnog odnosa povjerenja između Cisco TelePresence System-a i njegovog CallManager klastera.

7. ZAKLJUČAK

Realizacija video konferencije čija je glavna karakteristika da se učesnici vide u prirodnoj veličini, (Sl. 4.) i čuju kao da se nalaze na samo par metara udaljenosti, a uz sve to, mogu pratiti korištenje računara na svakoj lokaciji, riješnje je kojim je postavljen visok standard u oblasti video komunikacija.

Iskustvo je pokazalo da je ključni kriterijum za realizaciju visoko kvalitetne video konferencije sinhronizacija medija, jer se “voice” i “video” odvojeno transportuju kroz mrežu. Cisco-v TelePresence Sistem je uspio, u okviru kompletnog IP rješenja, povezati dvije i više udaljenih prostorija, koje imaju karakteristike kao da se radi o televizijskim studijima, u jednu virtualnu salu za konferencije.



Sl. 4. CTS video konferencija

Riješenja poput ovog, i pored visokih cijena, predstavljaju ekonomski isplative poduhvate, čija vrijednost i značaj vremenom rastu. Pravci daljeg razvoja, u svakom slučaju su mogućnost među-povezivanja ovakvih sistema, čije primjere već susrećemo, kao i sistem koji bi u potpunosti otvorio ova rješenja u smislu nezavisnosti i pripadnosti određenim entitetima.

LITERATURA

- [1] Hirche, S., Buss, M.: Telepresence control in packet switched communication networks. In: Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Control Applications, vol. 1, pp.236–241, IEEE (2004)
- [2] Ebara, Y., Kukimoto, N., Leigh, J., Koyamada, K.: Tele-Immersive Collaboration Using High-Resolution Video in Tiled Displays Environment. In: Proceedings of the 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, vol. 2, pp. 953–958, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA (2007)
- [3] Chen, W.C., Towles, H., Nyland, L., Welch, G., Fuchs, H.: Toward a compelling sensation of telepresence: demonstrating a portal to a distant (static) office. In: Proceedings of the conference on Visualization '00, pp. 327–333, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA (2000)
- [4] Cisco Systems: Cisco Telepresence Deployment Planning Guide. <http://www.cisco.com> (2007)
- [5] Cisco Systems: Cisco Telepresence Network Systems Design Guide. <http://www.cisco.com> (2009)
- [6] Cisco Systems: Cisco Telepresence Network Requirements, TSBU Technical Marketing, EDCS-553578 (November 2007)

SPLIT TUNNELING POVEZIVANJE NA PRIVATNU MREŽU PREKO INTERNETA SPLIT TUNNELING CONNECTING TO PRIVATE NETWORK VIA INTERNET

Čabak Milan, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet*
Vladimir Gazivoda, *Centar Informacionog Sistema Univerziteta Crne Gore*

Sadržaj – *Virtualne privatne mreže (VPN) predstavljaju siguran i jeftin način povezivanja udaljenih lokacija na privatne mreže preko Interneta. U radu je, nakon uvodnih definicija i pojašnjenja, dat pregled VPN tehnologija i protokola koji su danas u upotrebi. Predstavljena je split tunneling opcija, kao i konfiguracija Microsoft Windows VPN servera i Cisco ASA 5540 uređaja u cilju prihvatanja VPN konekcija sa udaljenih lokacija i uporedna analiza dva moguća rešenja VPN pristupa.*

Abstract - *Virtual private networks (VPN) are safe and inexpensive way to connect remote locations to private network via the Internet. The paper presents, after the introductory definitions and explanations, an overview of VPN technologies and protocols in use today. Presented to the split tunneling option, and configuration of Microsoft Windows VPN server and Cisco ASA 5540 device in order to accept VPN connections from remote locations and comparative analysis of two possible types of VPN access.*

1. UVOD

Virtualne privatne mreže su postale vrlo važan sigurnosni alat za ustanove i institucije kao što su Univerziteti. Sa povećanjem osoblja i fakultetskih jedinica raste potreba za pristup određenim servisima preko Interneta. VPN omogućava mrežnim administratorima da kreiraju privatne tunele preko Interneta, kako bi udaljeni korisnici ili korisnici iz drugih kampusa mogli da se sigurno povežu sa glavnom kampus mrežom. VPN autentifikuje korisnike i kriptuje saobraćaj izmedju klijenata i centralne lokacije.

U cilju obezbjeđivanja pristupa resursima Akademске mreže Univerziteta Crne Gore izvršeno je testiranje *Windows Server 2008R2* VPN servera i *Cisco ASA 5540* uređaja, kako bi se odabralo rešenja koje će ispuniti sve zahtjeve i biti najpotpunije u obezbjeđivanju resursa Akademске mreže udaljenim lokacijama. Takođe izvršeno je testiranje i nekih *opensource* VPN rešenja koja će biti pomenuta u radu.

VPN ima dva najčešća načina korišćenja: udaljeni pristup i *site-to-site*. U prošlosti se nije moglo birati između tehnologija i načina povezivanja. Obično su se koristile skupe iznamljene linije da bi se povezale udaljene lokacije. Sa rastom Interneta sve se promjenilo. Predstavljena je VPN tehnologija zasnovana na IPsec standardu i mnogo jeftiniji način povezivanja kancelarija na udaljenim lokacijama.

Za omogućavanje pristupa raznim servisima putem VPN tehnologije potrebno je odabrati odgovarajuću tehnologiju i protokol.

2. VPN TEHNOLOGIJE I PROTOKOLI

Virtualne privatne mreže su proširenje privatnih mreža koje obuhvataju linkove preko javne mreže kao što je Internet. VPN omogućava da se pošalju podaci izmedju dva računara preko javne mreže simulirajući *point-to-point* privatnu vezu. Da bi simulirali, *point-to-point* vezu, podaci se nalaze u zaglavlju koje sadrži informacije o rutiranju omogućavajući paketima da preko javne mreže dosegnu

svoju krajnju destinaciju. Simulacijom privatnog linka podaci koji se prenose su kriptovani i zaštićeni.

Dio veze kojom se prenosi saobraćaj sa privatnim podacima preko javne Internet mreže naziva se *tunel*, a dio veze u kojoj se nalaze šifrovani podaci je poznat kao Virtualna Privatna Mreža ili VPN.

Različiti protokoli su razvijeni da bi se komunikacije nesmetano odvijala:

PPTP – je *tunneling* protokol koji je implementiran na vrhu *point-to-point* protokola PPP. Najpopularnija implementacija VPN korišćena od strane *Microsoft* i korišćena za udaljeni pristup je upravo PPTP. Sigurnosni propusti *Microsoft* tehnologije PPTP su dobro dokumentovani. PPTP nije pogodan za druge upotrebe osim udaljenog pristupa.

L2TP – kombinuje *layer 2 forwarding* L2F i PPP da bi tunelovao krajnje sesije. Tradicionalno PPP udaljeni pristup kroz javnu infrastrukturu povezan je na *server/remote access server* (NAS/RAS). L2TP omogućava omotač oko PPP da bi transportovao podatke kroz javnu infrastrukturu kao što je Internet. U većini slučajeva Internet protokol IPsec se koristi da obezbjedi sigurnost na vrhu L2TP, dok L2TP paketi prolaze kroz javnu IP mrežu.

IP Security (IPsec) – Generalno prihvaćen kao opcija koja nudi najveći stepen sigurnosti na Internetu. Omogućava mnoštvo sigurnosnih opcija za IP i sve protokole višeg nivo bez uticaja na korisničku aplikaciju. Pogodan je za udaljeni pristup, *site-to-site*, kao i druge mrežne VPN scenarije. Evoluirao je u standard koji obezbjeđuje zapravo IP sigurnosne servise. U IPv4 protokolu implementiran je u klijentima i serverima da bi obezbjedio dodatnu sigurnost.

Secure Socket Layer (SSL) - SSL rešenje, radi na aplikativnom nivou. Zato što se SSL bazira na platformi pretraživača, korisnici mogu da koriste bilo koji uređaj da bi se sigurno logovali na server. [1]

Zaštita Akademske mreže jedan od glavnih prioriteta, stoga treba posebnu pažnju posvetiti opciji IPSec VPN *split tunneling*. Nastaje kompromis između *full tunneling* i *split tunneling* opcija, da li dozvoliti samo lokalni pristup mreži ili istovremeno dozvoliti i pristup Internetu.

Split tunneling je kreiran da dozvoli pristup Internet mreži ili nekoj drugoj mreži i povezivanje sa centralnom lokacijom istovremeno. Benefiti *split tunneling* tehnologije je da se može uštediti *bandwidth* koji je potreban za Internet pristup, kao i da smanji opterećenost VPN *gateway* uređaja. Sa tačke gledišta na performanse, *split tunneling* je najbolje moguće rešenje

Nedostatak se pojavljuje ukoliko je računar koji ostvaruje VPN konekciju nedovoljno zaštićen ili VPN server, zlonamjerni korisnici sa Interneta mogu iskoristiti VPN klijent vezu da bi pristupili resursima centralne lokacije kroz autentifikovanu VPN konekciju odnosno tunel. Ranjivosti operativnog sistema i aplikacija koje su pokrenute na klijentu mogu da ugroze VPN, jer se klijentska mašina u ovom slučaju ponaša kao ruter. [2]

Kada je *split tunneling* aktiviran, sav saobraćaj koji je namjenjen za mrežu van centralne lokacije, u mnogim slučajevima Internet, se šalje kao ne kriptovan, samo dio saobraćaja ide preko tunela se kriptuje. U zavisnosti od konfiguracije može se zabraniti *split tunneling* za određene IPSec klijente ili za sve klijente.

VPN server se konfigurise tako da bude mrežni servis i na njemu definišu pravila, a korisnicki VPN klijenati na osnovu pravila vrše inteligentno rutiranje bazirano na destinacionoj adresi svakog paketa. Ako je paket adresiran na centralnu lokaciju on ide kroz VPN tunel. Ako je adresiran na eksternu adresu ide direktno do destinacionog host-a na Internetu.

Full Tunneling konfiguracija podrazumjeva da VPN server propušta Internet saobraćaj dva puta (zahtjev klijenta kao i odgovor Internet servera klijentu), koji ne bi morao da propusti ni jednom da je *split tunneling* opcija aktivirana. Ovo usporava vrijeme odgovora servera, povećava zauzetost algoritama za kriptovanje i povećava zauzetost linka na VPN server uređaju. Internet saobraćaj se propušta kroz jednu tačku sigurnosti kada je VPN aktivan, a to je centralni *firewall* uređaj. Na centralnoj lokaciji dobro je imati *intrusion detection and prevention system* (IDPS), filtriranje paketa, kao i dobar monitoring.

Ako imamo dobro razrađen plan koji zadovoljava sigurnosne polise i odobrava *split tunneling*, *split tunneling* opcija je obično jedan od najpogodnijih načina za implementaciju. Ako nismo u mogućnosti da zadovoljimo sve mjere bezbjednosti ili jednostavno ne raspoložemo sredstvima koja bi osigurala maksimalnu sigurnost onda se moramo opredjeliti za *full tunneling* opciju. *Bandwidth* je taj koji će biti ugrožen ili pak ne ako imamo manji broj konekcija i dobar protok.

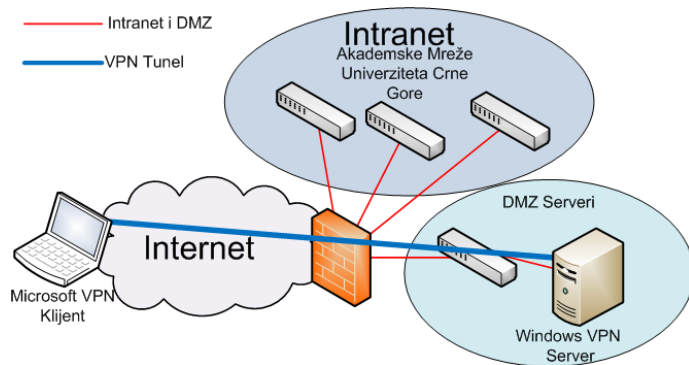
Windows Server 2008R2 odnosno *DirectAccess* uvodi opciju *split tunneling* kao podrazumjevanu, dok Cisco ASA 5540 uređaja zahtjeva dodatna podešavanja standardne konfiguracije.

3. MICROSOFT WINDOWS 2008R2 VPN SERVER

Windows Server 2008R2 sadrži VPN server i omogućava siguran pristup sa bilo koje lokacije na Internetu. Sa VPN svaki paket koji se prenese kroz mrežu je kriptovan i samo korisnici koji mogu da dokažu svoj identitet mogu uspješno da se povežu sa serverom i dekriptuju podatke.

Konfiguracija svih dijelova VPN hadvera i softvera iziskuje dosta vremena i određeni stepen znanja iz ove oblasti.

Serveru se mora dodjeliti statička javna IP adresa, kako bi server bio vidljiv iz ostalih mreža na Internetu. Za konekciju nije potrebno domen ime, ali svakako pomaže. Slika 1. prikazuje povezivanje VPN klijenta na server iza centralnog *firewall* uređaja. Za potrebe VPN servisa na *Windows 2008R2* serveru neophodna je aktivacija više serverskih servisa i to: *Network Policy and Access Services*, *Active Directory Doman Services*.



SI.1. Windows Server 2008R2 VPN uspostavljanje tunela.

Network Policy and Access Services odnosno *Ruting and Remote Access* server ima ulogu interfejsa između lokalne mreže i Interneta. Ovakav server zahtjeva dva mrežna interfejsa – jedan da šalje i prima podatke preko Interneta i drugi da rutira podatke kroz lokalnu mrežu. Takođe treba izvršiti podešavanje *firewall* na Windows serveru, da bi se povećao stepen bezbjednosti samog servera.

Active Directory Doman Services je domen kontroler. Koji sadrži korisnicka imena, lozinke i dozvole za korisnike. Ova dva server-a mogu da rade na istom hadveru. Za domen kontroler se koristi *Active Directory Users and Computers* da kontrolise pristup i čuva korisničke naloge.

Postavljanje dozvola za autorizovane korisnike se vrši podašavanjem korisničkih naloga kroz *Windows Active Directory* moguće je kontrolisati pristup podacima određenim korisnicima. Korišćenjem *Network Policy Server-a*, možemo kontrolisati pristup našoj virtuelnoj mreži. Na primjer, možemo zabraniti pristup grupi korisnika da pristupaju samo u određeno doba dana, tip autentifikacije, tip enkripcije. Raspoloživi nivoi enkripcije su: *Basic* (56-bit DES), *Strong*, *Strongest* (3DES) kod L2TP/IPSec konfiguracije. [3]

Određiti način dodjele IP adresa klijentima. Da bi dozvolili korisnicima pristup odgovarajućim dijelovima lokalne mreže i određenim servisima, potrebno je otvoriti

odgovarajuće portove i protokole koji su potrebni uz pomoć *IP Filters* opcije izmjenom *Network Policy Server* podešavanja .

Sledeća opcija koju treba razmotriti jeste koliki nivo sigurnosti želimo. Ako štitimo podatke koji su jako važni, onda treba odabrati najsigurniji mogući protokol. Jedan od tih protokola je *Layer Two Tunneling Protocol* sa *IP Security* odnosno *L2TP/IPSec* sa *Strongest* (3DES) metodom kriptovanja. 3DES je standardni DES primjenjen tri puta čime se postiže veći stepen sigurnosti podataka koji se prenose tunelom.

Koristeći digitalne sertifikate i javne ključeve, podiže sigurnost na veći nivo. Druga opcija koju je moguće iskoristiti su *preshared* ključevi ukoliko želimo da izbjegnemo korišćenje sertifikata. Digitalni sertifikati znače podizanje dodatnog servera (servisa).

Prije nego što se odlucimo za *L2TP/IPSec* protokol treba razmotriti i druge mogućnosti. Prevelika, nekad možda i ne tako opravdana sigurnost može dovesti do pada performansi VPN mreže.

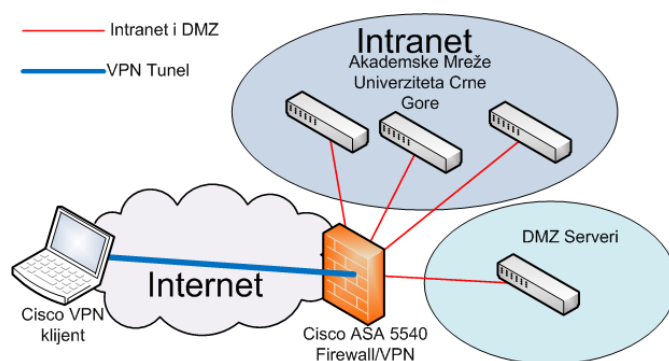
Alternativa je *Point-to-Point Tunneling Protocol* ili *PPTP*. On podržava 128-bitnu sigurnost, koja je više nego dovoljna. Prednost ovog protokola jeste sto je kompatibilan sa velikim brojem operativnih sistema uključujući sve verzije *Windows-a*, *Linux* operativnih sistema kao i *iPhone* mobilnih uređaja. Posledica toga je njegova dugogodišnja primjena i zastupljenost kod brojnih *opensource* VPN rešenja. Ali i nešto manji stepen pouzdanosti u odnosu na *L2TP/IPSec* protokol.

Instalacija klijentskog softvera je vrlo jednostavna ukoliko se koristi neki od *Windows* operativnih sistema. Konekcija se uspostavlja preko već ugrađenog klijenta koji nas vodi kroz proces instalacije i podešavanja. Na taj način kreiramo našu VPN ikonicu koja sadrži ime VPN konekcije i detalje o protokolu koji se koristi. Koristeći “*strong*” pasvorde za autentifikaciju mreža ostaje sigurna.

4. CISCO ASA 5540 VPN SERVER

Cisco ASA 5540 (adaptive security appliance) prihvata *remote-access* *IPSec* VPN konekcije preko ugrađene VPN funkcionalnosti.

Za ovakav tip VPN konfiguracije prikazan na slici 2., klijenti koriste *Cisco* VPN klijent softver da bi se konektovali na *ASA* uređaj. To ne prestavlja ograničenje, jer je moguće koristiti i ugrađene *Microsoft* VPN klijente ukoliko se to odredi konfiguracijom na uređaju. Međutim zbog raznolikosti autentifikacionih protokola koji se podešavaju na serveru, a koji se moraju podesiti i na *Microsoft* VPN klijentu (*PAP*, *CHAP*, *MS-CHAP v1* i *MS-CHAP v2*) može dovesti do poteškoća prilikom usaglašavanja konfiguracije i tehnologija. Sledeća prepreka poznata kod *Windows Vista* operativnih sistema jeste da istovremeno samo jedan VPN klijent može biti povezan sa VPN serverom. Zato je najbolja opcija koristiti *Cisco* VPN klijent, zbog lakoće konfigurisanja i nepostojanja problema prilikom povezivanja usled različitosti tehnologija.



SI.2. Cisco ASA 5540 VPN uspostavljanje tunela.

Prvi i osnovni korak je odabir VPN tunela *Site-to-Site* ili *Remote Access*. U našem slučaju to za povezivanje udaljene lokacije koristi se *Remote Access*. Zatim potrebno je izabrati tip VPN klijenta sa kojim će se udaljeni korisnici povezivati sa *ASA* VPN serverom.

Odabir tip autentifikacije za VPN klijente podrazumjeva izbor lokalnog servera za autentifikaciju ili nekog od *authentication, authorization, accounting* (AAA) servera koji su podržani od strane uređaja, a to su *RADIUS*, *TACACS+*, *SDI*, *NT*, *Kerberos* i *LDAP*. Za potrebe testiranja odabrana je lokalna baza korisnika u kojoj su konfigurisani korisnički nalozi i dodjeljeni pasvordi. [4]

Prilikom konfiguracije neophodno je odrediti opseg *IP* adresa koje će se koristiti za *IP pool*. Ove adrese se dodjeljuju udaljenim VPN klijentima kada se uspješno konektuju, kao i korisnike koji će biti smješteni u lokalnu bazu.

Dalji koraci konfiguracije zahtjevaju osnovne podatke o mreži: *IP* adresa primarnog i sekundarnog *DNS* servera, podrazumjevano domen ime, lista *IP* adresa za lokalne hostove, grupe i mreže koje će biti dostupne autentifikovanim udaljenim klijentima.

Potrebno konfigurisati *Internet Key Exchange* (*IKE*) protokol. *IKE* je protokol koji uključuje enkripciju da bi osigurao privatnost, to je takodje metoda za autentifikaciju. Moguće je odabrati enkripcije (*DES* /*3DES*/ *AES*), algoritme za autentifikaciju (*MD5*/*SHA*) i *Diffie-Hellman* grupu (*1/2/5/7*). Treba izabrati maksimalni level enkripcije koji je dovoljan za organizaciju, a neće prouzrokovati preveliko opterećenje na uređaju. 1024bit enkripcija je sjajna, ali zahtjeva veći trošak procesorskog vremena na strani klijenta i servera, rezultujući ograničen broj korisnika koji mogu da koriste VPN. U opštem slučaju dobro je koristiti 3DES kriptovanje za *IPSec* VPN. Algoritme za enkripciju i autentifikaciju treba pažljivo odabrati, shodno stepenu sigurnosti i performansama uređaja.

Da bi se sigurnost mreže podigao na viši nivo pristupa se kreiranju *group policies* i *client policies* prava pristupa pojedinim mrežnim resursima (servisima). VPN garantuje puni pristup mrežnim resursima, stoga *IT* administratori trebaju da spriječe pristup pojedinim korisnicima koristeći *Access Control Lists* (*ACL*) ili djeljenjem mreže na segmente. *ACL* liste sadrže *IP* adrese hostova (servisa) ili pojedine pod mreže kojima VPN klijenti mogu da pristupaju. Slično kao *IP Filters* opcija koju smo imali kod *Windows*

VPN Servera, ali kod ASA VPN servera proces je mnogo jednostavniji zato što sama ASA sadrži sve podatke o mreži u kojoj se nalazi.

5. UPOREDNA ANALIZA VPN REŠENJA

Prva opcija koja je bila razmatrana kao rešenje koje će ispuniti zahtjeve povezivanja udaljenih lokacija je bio *Microsoft Windows 2008R2 VPN Server*.

Pokazalo se da *Microsoft Windows VPN Server*, nudi dobro rešenje za realizaciju virtuelene privatne mreže i povezivanje udaljenih lokacija. Troškovi dodatnog hardvera za VPN server nisu veliki, ali ukoliko se krene u nešto složeniju konfiguraciju potrebno je posjedovati dva hadverski odvojena servera. Na tu prepreku ćemo naići ukoliko budemo željeli da implementiramo novo VPN rešenje koje dolazi od strane Microsoft-a zvano *DirectAccess* koje dodaje *split tunneling* mogućnost VPN tehnologiji. Nedostatak je što *DirectAccess* podržava samo *Windows7* operativne sisteme.

Za nesmetan rad mora se voditi računa o portovima koji su otvoreni prema *Microsoft Windows 2008R2 VPN serveru*, pošto se server kao i svi drugi serveri nalazi iza centralnog *firewall* Akademske mreže. Radi se o dobro poznatim brojevima portova shodno tipu VPN protokola koji smo odabrali, a koje smo nabrojali u predhodnom poglavlju.

Takođe urađena je i analiza brojnih *opensource* rešenja poput: *pfSense*, *OpenVPN*, *Adito SSL VPN*, *ClearOS*, *ZeroShell*, svako od ovih rešenja ima *firewall/vpn* mogućnosti, kako bi mreža bila bezbjedna sa aspekta napada i malicioznih aktivnosti.

Drugo rešenje opisano u radu, a za koje smo se opredjelili da bude i rešenje koje će obavljati povezivanje udaljenih lokacija jeste *Cisco ASA 5540* uređaj, koji ima integrisan VPN server.

Prednosti *Cisco ASA 5540* u odnosu na *Microsoft Windows 2008R2 VPN Server* je u tome što ovaj uređaj predstavlja samo jezgro mreže, čime se dobija centralizovano rešenje koje nudi funkcionalnosti VPN servera, a pored toga i neke dodatne opcije. Sa stanovišta sigurnosti prednost leži u tome što su u *Cisco ASA 5540* implementirani najsavremeniji mehanizmi zaštite, odnosno *firewall/IDPS* tehnologije. *Opensource* alat *ClearOS* takođe posjeduje *firewall/IDPS* tehnologiju i više tipova VPN tehnologije, međutim ovakva rešenja se koriste kod nešto manjih mreža ili kao alternativa skupim rešenjima u nedostatku sredstava.

ASA predstavlja specijalizovan hadver za *security* sa mogućnošću VPN funkcionalnosti, stoga je manje podložna napadima nego *Windows Server*. Kod *Windows Servera* se mogu iskoristiti sigurnosni propusti ukoliko server nije ažuriran, zaštićen ili pravilno iskonfigurisan, dok je to teže uraditi kod *Cisco ASA* uređaja koji ima prvobitnu namjenu

da osigura sigurnost mreže. ASA ima AES algoritme kriptovanja u poređenju sa *Windows VPN serverom* koji svoju "*Strongest*" enkripciju prepušta 3DES algoritmima.

AES se odlikuje brzinom u radu i većom sigurnošću usled većih blokova i dužih ključeva. AES koristi 128-bit blokove fiksne veličine i radi sa 128, 192 i 256-bit ključevima.

Uključivanje *Split Tunneling* opcije moguće je uraditi na serverskoj strani, što nije slučaj kod *Windows VPN servera* gdje se ta opcija konfiguriše na strani klijenta, što je teško kontrolisati ukoliko izričito zahtjevamo korištenje ovakve konfiguracije. Sami uređaj ima sve podatke o mreži tako da se na jednostavan način mogu kreirati *Access Control Lists* (ACL), razne korisničke i grupne polise koje podižu nivo sigurnosti. Možemo se opredjeliti za dva VPN rešenja to su IPsec ili SSL VPN. Stariji protokol kao što je PPTP nisu podržani. Nedostatak je sama cijena uređaja, koja umnogome prevazilazi cijenu koštanja *Microsoft Windows 2008R2 VPN servera*, a posebno *opensorce* dostupnih rešenja poput *OpenVPN* tehnologije.

6. ZAKLJUČAK

Prilikom izbora VPN rešenja za povezivanje udaljenih lokacija na centralnu lokaciju treba obratiti pažnju na više aspekata. Prvo treba sagledati potrebe udaljenih lokacija, odnosno u koje svrhe će VPN rešenje biti korišteno i za obezbjeđivanje koje vrste servisa, zatim odabrati adekvatno VPN rešenje koje će ispuniti potrebne zahtjeve.

Cisco ASA VPN server u ovom slučaju je bolje rešenje nego *Microsoft VPN server* zbog većeg broja funkcionalnosti, podrškom za razne AAA servere, AES algoritme, ujedno predstavlja centralizovano rešenje sa fizičkom vezom sa svim podmrežama, nije potreban dodatan hadver u mreži, dostupnost VPN servisa je zagantovana, jednostavna konfiguracija i lakoća korištenja, sigurnost na visokom nivou. Jedini nedostatak je cijena uređaja.

Ukoliko nam nisu potrebne sve funkcionalnosti *Cisco ASA* uređaja onda *Microsoft VPN server* predstavlja dobro rešenje, sa odličnom podrškom za VPN servis. Ukoliko želimo da troškove smanjimo na minimum onda treba uzeti u obzir neko od *opensource* rešenja kao što je *OpenVPN*.

LITERATURA

- [1] Narasimhan Raghavan, Rajat Gopal, "Virtual private networks and their role in e-business"
- [2] Sean Convery, "Network Security Architectures", Cisco Systems, Inc.
- [3] Microsoft, <http://technet.microsoft.com/en-us/library/ff687780%28WS.10%29.aspx>
- [4] Cisco Systems, Inc, Cisco ASA 5505 Getting Started Guide

PRILOG PARALELIZACIJI PROGRAMA SINHRONIZACIJOM NITI CONTRIBUTION TO THE PARALLELIZATION BY SYNCHRONIZED THREADS

Maja Lakičević, Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj - U ovom radu je prezentovan doprinos sinhronizacije niti paralelizaciji obrade predstavljanjem novih alata za sinhronizaciju koje nudi programski jezik Java. Na početku je dat kratak opis višenitnog programiranja i sinhronizacije, nakon čega su predstavljeni novi alati uz pomoć kojih se uspješno rješavaju neki od problema koji nastaju prilikom sinhronizacije.

Abstract - This paper presents contribution of the threads synchronization in parallel processing giving introduction of new tools for synchronization provided by Java. First is given short description of multithreading and synchronization. After that are presented new tools which help us to solve problem that occur during synchronization.

1. UVOD

Posljednjih godina, zajedno sa ubrzanim širenjem računarstva rastu i zahtjevi za njegovim korišćenjem. Zapravo, zahtjeva se obrada sve veće količine podataka, koji u zadatom vremenu ne mogu da se obrade na tradicionalnom procesoru. U takvim situacijama stupaju na scenu paralelni procesori. Paralelno programiranje koristi posebne metode za razdvajanje algoritama ili problema na njegove osnovne dijelove, koji se izvode istovremeno na više računara ili centralnih jedinica - tj. paralelno. Ovim načinom izvođena programa moguće je smanjiti vrijeme koje je potrebno za pronalaženje rješenja. Pojava višejezgarnih procesora povukla je kompletnu softversku scenu i u prvi plan sada je dospjelo pomalo zaboravljeno paralelno programiranje. Dakle, došlo je do potpunog zaokreta koji je poveo tehnologiju u pravcu razvoja ne jedne, ultrabrze procesorske jedinice, već u početku dvije, zatim četiri, a 2007. Intel je uspio da proizvede čip sa 80 jezgara. Zbog ovoga sada se uspostavljaju nova pravila igre na softverskoj sceni, tjerajući je da se mijenja, kako bi se postigle željene performanse.

2. MULTITHREADING

U višejezgarnim procesorima još jedan bitan pojam dobija na snazi, a to je višenitno programiranje (*multithreading*). Korišćenjem ove tehnologije jedan proces (aplikacija) dijeli se na više manjih koje se nazivaju nitima (*threads*). Niti dijele adresni prostor procesa roditelja i jednostavno i brzo razmjenjuju rezultate svoga rada. Na ovaj način, povećava se

konkurentnost u radu, efikasnije se koriste jezgra i sistem je pouzdaniji. Osnovni dobitak u brzini izvršavanja vidljiv je kroz smanjenje čekanja na rezultat neke operacije. Ipak, paralelizacija programa, danas, još uvijek nije jednostavan posao. Prvo, jer su kritični dijelovi programa (djelovi koji traju dugo ili u kojima se obrađuje velika količina podataka) specifični, pri čemu, neki od njih, mogu da se manje-više uspješno paralelizuju, dok drugi mogu da se izvrše isključivo sekvencijalno. Drugo, što je paralelna obrada podataka širok pojam – različiti procesori podržavaju različite oblike paralelizma – i zbog toga, za efektivniju paralelizaciju datog programa (ili dijela programa) potrebno je koristiti različite procesore.

3. SINHRONIZACIJA

Višenitni rad uvodi asinhrono ponašanje u programe. Međutim, nekada je potrebno spriječiti jednu nit da upisuje podatke baš u trenutku kad ih druga nit iščitava. Bankovni aplikacijski program je jedan od primjera u kojem je neophodna sinhronizacija. Ako se prepostavi da je svaka nit povezana samo sa jednim bankomatom i da pri tom niti nisu sinhronizovane, može se dogoditi: Ukoliko dva prijatelja, na dva različita bankomata u približno isto vrijeme podižu pare sa istog računa, bankomati će im prikazivati stanje na računu kao da je izvršena samo jedna transakcija. Da banke ne bi ostale bez para, rješenje ovog problema je sinhronizacija metode koja vrši smanjivanje iznosa pri svakom podizanju novca sa bankomata.

Za sinhronizaciju Java je obezbijedila elegantnu varijantu starog modela za sinhronizovanje procesa: monitor. Kada u monitor uđe jedna nit, sve druge moraju da čekaju dok ona ne izađe. Na taj način monitor može da spriječi da više niti istovremeno radi sa istim dijeljenim resursom. Java je napravljena tako da svaki objekat unaprijed sadrži svoj monitor u koji se automatski ulazi čim se pozove neka od sinhronizovanih metoda objekta. Kada se nit nađe unutar sinhronizovane metode (sinhronizovana metoda se najlakše prepoznaje po ključnoj riječi **synchronized** koja stoji ispred tipa podatka koji vraća ta metoda), nijedna druga nit ne može da pozove bilo koju sinhronizovanu metodu istog objekta. Java takođe obezbjeđuje i elegantan mehanizam za komunikaciju između procesa pomoću metoda:

1. **wait()** - naređuje niti koja ju je pozvala da napusti monitor i da prestane da se izvršava sve dok neka druga nit ne zauzme isti monitor i ne pozove metodu **notify()**;
2. **notify()** - ponovo pokreće prvu nit koja je pozvala metodu **wait()** istog objekta;
3. **notifyAll()** – ponovo pokreće sve niti koje su pozvale metodu **wait()** istog objekta.

Neophodno je napomenuti i to da se unutar sinhronizovanih metoda koje pozivaju **notify()** mijenja i vrijednost djeljene promjenljive tako da ako se slučajno pozove **wait()** poslije **notify()** dolazi do uzajamne blokade (*deadlock*). Uzajamna blokada je termin koji označava situaciju kada nit A čeka da nit B otključa neki monitor, ali B ne može da ga otključa jer u tom trenutku čeka da nit A otključa neki drugi monitor. U takvoj situaciji obje niti čekaju jedna drugu i situacija je nerješiva. Rješenje ove situacije je upotreba novih alata za paralelan rad.

4. NOVI ALATI ZA PARALELAN RAD

Novi alati za paralelan rad nalaze se u paketu **java.util.concurrent** koji definiše osnovne komponente koje podržavaju alternative prvobitno ugrađenih pristupa sinhronizaciji i komunikaciji između niti. U ovom paketu definisani su sljedeće klase sinhronizatora:

Klasa	Značenje
Semaphore	Realizuje klasičan semafor
CountDownLatch	Čeka dok se ne odigra zadati broj događaja
CyclicBarrier	Omogućava da grupa niti čeka ispred "barijere"
Exchanger	Razmjenjuje podatke između niti

4.1 KLASA SEMAPHORE

Semaphore je klasa za sinhronizaciju koja kontroliše pristup dijeljenom resursu pomoću brojača. Brojač broji dozvole (*permits*) koje omogućavaju pristup dijeljenom resursu. Ukoliko je sadržaj brojača veći od nule, nit će dobiti dozvolu, a sadržaj brojača će se smanjiti za jedan. U protivnom, nit će biti blokirana dok ne dobije dozvolu. Kada niti više nije potreban pristup dijeljenom resursu, ona svoju dozvolu prepušta drugima, a sadržaj brojača povećava za jedan. Klasa **Semaphore** ima sljedeća dva konstruktora:

```
Semaphore(int broj)
```

```
Semaphore(int broj, boolean dozvola)
```

gdje *broj* zadaje početni broj dozvola, odnosno koliko niti može istovremeno pristupiti dijeljenom resursu. U prvom konstrukturu, nitima koje čekaju na dozvolu, dozvole se podrazumijevano dodjeljuju po proizvoljnom redosljedu dok u drugom konstrukturu ukoliko parametar *dozvola* ima vrijednost **true** dozvole će nitima biti dodijeljene po redu po kojem su ih niti zahtijevale. Da bi pribavila dozvolu nit treba da pozove metodu **acquire()** koja ima sljedeća dva oblika:

```
void acquire() throws InterruptedException
```

```
void acquire(int broj) throws InterruptedException
```

Prvi, i najčešće upotrijebljen oblik dodjeljuje jednu dozvolu, a drugi *broj* dozvola. Ukoliko se dozvola ne može dobiti u trenutku poziva ove metode, pozivajuća nit će biti suspendovana dok ne dobije dozvolu. S druge strane, da bi nit svoju dozvolu prepustila drugima potrebno je pozvati metodu **release()** koja ima sljedeći oblik:

```
void release()
```

```
void release(int broj)
```

Prvi oblik oslobađa jednu dozvolu, a drugi *broj* dozvola.

Primjer upotrebe semafora:

```
import java.util.concurrent.*;
```

```
public class Semafor {
```

```
    public static void main(String[] args) {
        Semaphore semafor = new Semaphore(1);
        new NitPovecava(semafor, "A");
        new NitSmanji(semafor, "B");
    }
```

```
public class DijeljeniResurs {
```

```
    static int brojac = 0;
```

```
}
```

```

public class NitPovecava implements Runnable {
    String ime;
    Semaphore semafor;
    NitPovecava(Semaphore sem, String str) {
        ime = str;
        semafor = sem;
        new Thread(this).start();
    }
    public void run() {
        System.out.println("Krece " + ime);
        try {
            System.out.println(ime + " ceka dozvolu");
            semafor.acquire();
            System.out.println(ime + " dobila dozvolu");
            for (int i = 0; i < 5; i++) {
                DijeljeniResurs.brojac++;
                System.out.println(ime + "" + DijeljeniResurs.brojac);
                Thread.sleep(50);
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            System.out.println("IzUzEtAk");
        }
        semafor.release();
        System.out.println(ime + " je oslobodila dozvolu");
    }
}

```

```

public class NitSmanji implements Runnable {
    String ime;
    Semaphore semafor;
    NitSmanji(Semaphore sem, String str) {
        ime = str;
        semafor = sem;
        new Thread(this).start();
    }
    public void run() {
        System.out.println("Krece " + ime);
        try {
            System.out.println(ime + " ceka dozvolu");
            semafor.acquire();
            System.out.println(ime + " dobila dozvolu");
            for (int i = 0; i < 5; i++) {
                DijeljeniResurs.brojac--;
                System.out.println(ime + "" + DijeljeniResurs.brojac);
                Thread.sleep(50);
            }
        } catch (InterruptedException e) {

```

```

        System.out.println("IzUzEtAk");
    }
    semafor.release();
    System.out.println(ime + " je oslobodila dozvolu");
}
}

```

Rezultat programa je sljedeći:

```

<terminated> Semafor [Java Application] C:\Program Files\Java\jdk1.6.0_12\bin\javaw.exe (05.09.2009 16:23:25)
Krece A
A ceka dozvolu
A dobila dozvolu
A1
Krece B
B ceka dozvolu
A2
A3
A4
A5
A je oslobodila dozvolu
B dobila dozvolu
B4
B3
B2
B1
B0
B je oslobodila dozvolu

```

Na samom početku, unutar metode **main()**, korišten je prvi oblik konstruktora **Semaphore** i dodijeljena je jedna dozvola. Dalje, semafor je upotrijebljen za kontrolu pristupa statičkoj promjenljivoj **brojac** unutar klase **DjeljeniResurs**. Ova promjenljiva se u metodi **run()** klase **NitPovecava** povećava 5 puta dok se u **run()** metodi klase **NitSmanjuje** smanjuje 5 puta. Takođe, unutar **run()** metode semafor poziva metodu **acquire()** kako bi pribavio dozvolu i kada se vrijednost brojača promijeni (u klasi **NitPovecava** **brojac** se povećava, a u klasi **NitSmanjuje** vrijednost **brojaca** se smanjuje svakim prolaskom kroz for petlju) semafor poziva metodu **release()** kako bi oslobodio dozvolu. Pored ovoga u metodi **run()** poziva se metoda **sleep()** koja prouzrokuje pauziranje pozivajuće niti između dva pristupa resursu **DjeljeniResurs.brojac**. To bi inače omogućilo izvršavanje druge nit. Međutim, druga nit mora sačekati dok prva nit ne oslobodi dozvolu, što se dešava tek kada prva nit završi sve svoje pristupe resursu. Drugim riječima, da nisu korišćene metode **acquire()** i **release()** niti bi resursu **DjeljeniResurs.brojac** pristupale istovremeno pa bi povećavanje i smanjivanje bili naizmjenični.

Za razliku od metoda **wait()** i **notify()** kod kojih je redosljed poziva ovih operacija bitan, brojanje dozvola u klasi **Semaphore** ne zavisi od redosljeda poziva metoda

acquire() and **release()** koje su same po sebi već sinhronizovane.

5. ZAKLJUČAK

Kako uslovi života stvaraju potrebu za obradom sve veće količine podataka, paralelno programiranje će se i dalje ubrzano razvijati, unapređujući pri tom sve svoje metode i alate. Danas se već u svijetu javlja potreba za objedinjavanjem pružanja različitih usluga na samo jednom šalteru. Koliko bi samo značilo da se danas u Crnoj Gori povežu CRPS (Centralni Registar Privrednog Suda), Monstat, Uprava Prihoda CG i Ministarstvo finansija CG, u smislu olakšanog poslovanja, slobodnog pristupa svim potrebnim informacijama i naročito u pogledu drastičnog smanjenja troškova. Već danas paralelno programiranje uz

pomoć savremenih metoda i alata može odgovoriti ovom izazovu.

LITERATURA:

- [1] Herbert Schildt : Java J2SE 5: kompletan priručnik, Mikro knjiga, Beograd 2006.
- [2] <http://www.herongyang.com/Java/Synchronization-Needed-in-Multi-Threading-Applications.html> posljednji put pristupano ovoj adresi 08.02.2011. godine.
- [3] <http://sr.wikipedia.org/>
- [4] http://news.cnet.com/Intel-shows-off-80-core-processor/2100-1006_3-6158181.html posljednji put pristupano ovoj adresi 09.02.2011. godine.

PRIMJER KONVERTOVANJA FIZIČKOG U VIRTUELNI SERVER AN EXAMPLE OF CONVERTING PHYSICAL TO VIRTUAL SERVER

Marina Matijević, *Ministarstvo prosvjete i sporta*
Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj - U ovom radu je prezentovan primjer virtualizacije servera u Ministarstvu prosvjete i sporta Crne Gore. Prikazan je i primjer konvertovanja kompletne fizičke mašine u virtuelnu. Navedene su prednosti virtualizacije servera kao i prednosti korišćenja programa za konvertovanje fizičke mašine u virtuelnu (Vmware Converter).

Abstract - Example of server virtualisation in the ministry of education and sport was in this paper presented. An example of converting a complete physical machine into a virtual one was presented as well. Benefits of server virtualization and usage of programs for converting physical machines into virtual ones (Vmware Converter) were listed as well.

1. UVOD

U proteklih nekoliko godina došlo je do naglog porasta broja servera u datacentrima i to zbog brzog napretka u performansama serverskog hardvera i aplikativnog serverskog softvera. Povećanje broja servera donijelo je preduzećima nove troškove kako za kupovinu velikog broja fizičkih servera tako i za potrošnju električne energije za napajanje i klimatizaciju prostora u server salama. Isto tako, javila se potreba za velikim i skupim server salama što povlači za sobom i neekonomično hardversko i softversko održavanje i upravljanje.

Pored svega toga uočeno je da se mogućnosti servera neadekvatno koriste i da zahtjevi softvera nisu ispratili brzi rast performansi hardvera. Relevantna istraživanja pokazuju da prosječno iskorišćenje procesorskih i memorijskih kapaciteta servera u datacentrima nije prelazilo 10%.

Posljednih godina veoma je aktuelna tehnologija virtualizacije koja je riješila ovaj problem.

2. . VIRTUALIZACIJA SERVERA

Virtualizacija je tehnologija koja omogućava izvršavanje većeg broja virtualnih mašina na jednoj fizičkoj. Najznačajnije prednosti virtualizacije servera su:

- Smanjenje broja fizičkih servera potrebnih za razvoj odgovarajuće serverske infrastrukture
- Ušteda na potrošnji električne energije serverskog hardvera
- Ušteda potrošnji električne energije sistema za hlađenje
- Manji broj potrebnih aktivnih mrežnih komponenti
- Manji prostor za postavljanje serverske infrastrukture
- Centralizovan metod administracije sistema kroz jednostavnu konzolu za upravljanje
- Nezavisnost virtuelnih servera od hardvera na kome se izvršavaju

- Značajno smanjenje cijene, kompleksnosti i brzine izrade backup-a.

Kompanija VMware je jedna od najpoznatijih na polju softvera za virtualizaciju. VMware Infrastructure 3 je VMware-ovo rješenje za virtualizaciju koje se sastoji od više nezavisnih softverskih komponenti. One se mogu kupovati nezavisno, ili u sklopu posebnih skupova tih komponenti - edicija, zavisno od potrebe. Te komponente su:

- ESX Server (osnovna komponenta), server na kome se vrte virtualne mašine;
- Virtual SMP omogućava virtuelnoj mašini da koristi do 4 virtuelna procesora;
- High Availability omogućava automatsko restartovanje virtuelne mašine na drugom dostupnom ESX serveru, ukoliko onaj ESX na kome se nalazila virtuelna mašina iz nekog razloga ne radi;
- Vmotion vrši prebacivanje virtuelnih mašina sa jednog ESX servera na drugi, bez njihovog gašenja, a korisnici ne primjećuju nikakvo usporenje niti prekid u radu dok se virtuelna mašina na kojoj rade prebacuje;
- Distributed Resource Scheduler omogućuje praćenje zauzeća resursa (CPU, memorija, disk, mreža) na ESX serverima i po potrebi vrši preraspodjelu virtuelnih mašina po ESX serverima tako da budu optimalno opterećeni;
- VMFS je fajl sistem na kome je zasnovan ESX i koristi se za skladištenje fajlova koji pripadaju virtuelnim mašinama;
- Consolidated Backup omogućuje direktan backup fajlova koji pripadaju virtuelnim mašinama, ali i backup fajlova unutar podignutih virtuelnih mašina. Isto tako, omogućuje backup virtuelnih mašina u obliku image-a koje mogu da se "raspakuju" i dok su one podignute;
- Update Manager je menadžment zavrpa, kako na nivou ESX-a tako i na nivou samih operativnih sistema na virtuelnim mašinama;

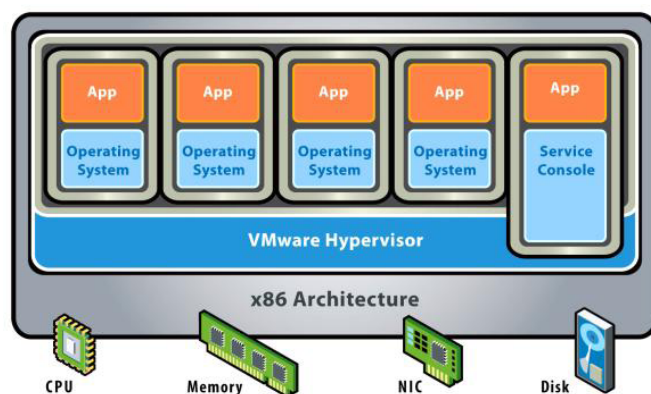
- Storage Vmotion obavlja prebacivanje virtuelnih mašina sa jednog storage-a na drugi dok su one same podignute i koriste se;
- Virtual Center je sistem za manipulaciju i pregled kompletne virtuelne infrastrukture kao i upravljanjem svih gore navedenim softverskim paketima.

Pored već pomenutih, Vmware nudi još mnogo programa za virtualizaciju za različite potrebe. Neke od njih su:

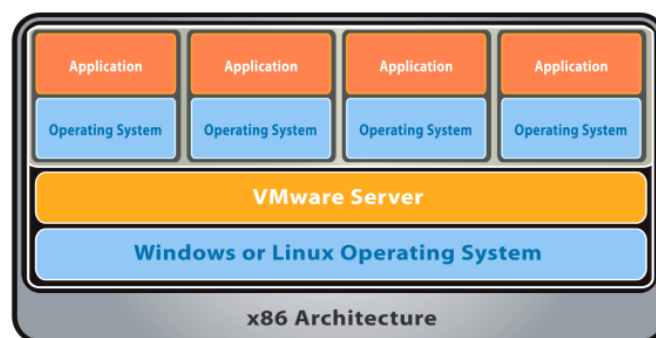
- Vmware Server – host OS based varijanta hypervisora;
- Vmware Workstation – komercijalna host OS based varijanta hypervisora, omogućuje snapshot-ove, pa je bolja za testiranje softvera;
- Vmware Fusion – host OS based varijanta hypervisora za Mac OS X na Intel platformi;
- Vmware Player daje mogućnost upotrebe već kreiranih virtuelnih mašina bez njihove modifikacije;
- Vmware Converter – besplatni dodatak za Virtual Center koji omogućuje prebacivanje fizičkih u virtualne mašine i obrnuto;
- Vmware Capacity Player – besplatni dodatak za Virtual Center, wizard koji pretražuje mašine na lokalnoj mreži i daje predloge za virtualizaciju;
- Vmware Site Recovery Manager - napredne mogućnosti backup-a i oporavka virtuelne infrastrukture između više sajtova;
- Vmware VDI (View) – Virtual Desktop Infrastructure – kreiranje, kloniranje i napredno upravljanje i administracija korisničkih desktop mašina;
- Vmware ACE – skup alata za kreiranje virtuelnih mašina sa operativnim sistemom, predefinisanim setom aplikacija, security podešavanjima itd.
- Vmware Lab Manager – paket optimizovan za kreiranje, testiranje aplikacija, omogućuje kreiranje predefinisanih paketa virtuelnih mašina koje se paralelno koriste, kreiranje snapshot-a, grupni rad, itd.

Kod virtualizacije je u pitanju slojevita infrastruktura. Na dnu je sloj fizičkog hardvera. Operativni sistemi ne pristupaju direktno hardveru, nego dodijeljenom mu virtuelnom hardveru u virtuelnoj mašini. Operativni sistem taj virtuelni hardver vidi kao neku podržanu komponentu – npr. u slučaju Vmware-a, OS kao chipset vidi Intel 440 koji podržava veliki broj operativnih sistema koji se danas koriste. Virtualizacioni sloj, odnosno hypervisor se, kroz svoje menadžment module brine o pristupu fizičkom procesoru, memoriji, mrežnoj kartici, diskovima i ostalim komponentama.

Postoje dvije vrste hypervisora: onaj koji pristupa direktno hardveru (bare-metal hypervisor – Slika 1), i onaj za čiji je rad potreban operativni sistem sa instaliranim svim drajverima za fizičke uređaje (host OS based hypervisor – Slika 2).



Slika 1: Bare-metal based



Slika 2: Host – OS based

3. PRIMJER VIRTUALIZACIJE SERVERA U MINISTARSTVU PROSVJETE I SPORTA

Ministarstvo prosvjete i sporta je posljednjih 4 godine uvelo nekoliko novih servisa zbog čega se značajno povećala potreba za velikim brojem servera. U toku 2009. godine Ministarstvo je za potrebe projekta nabavilo šasiju sa dva ESX servera, serverom na kojem se nalazi Virtual Centar, storage-om i backup serverom.

Dakle, postoje dva Vmware ESX-a na HP Blade 460c G6 serverima. Treći blade server je BL460c G6 i on je iskorišten za instalaciju Windows Servera 2003 R2 Enterprise (32bit), na kome je, uz DNS i Symantec Backup Exec servise, podignut vSphere vCenter server za upravljanje ESX serverima (Slika 3). U sklopu vCenter servera kreiran je "MPN Datacenter" datacenter. U sklopu njega je kreiran "MPN Cluster" High Availability i DRS cluster. U taj klaster su dodata oba ESX servera. Na oba ESX servera su kreirana dva virtuelna switch-a: "vSwitch0" koji je prvenstveno namijenjen za menadžment i vMotion, i "vSwitch1" prvenstveno namijenjen za komunikaciju virtuelnih mašina sa spoljnim svijetom. ESX serveri vide dva LUN-a koja su kreirana na HP EVA 4400 storage sistemu. Ti LUN-ovi su formatirani pod VMFS fajl sistemom, i mapirani su pod imenima "ISO" (oko 50 GB, prvenstvene namjene za čuvanje ISO instalacionih imidža) i "VMFS" (oko 1 TB, prvenstvene namjene za držanje fajlova koji pripadaju virtuelnim mašinama).



Slika 3: Prednja i zadnja strana šasije

Trenutno su “podignute” četiri virtualne mašine i to:

- Prvi – na kojem je instaliran Windows 2008 Enterprise Server, SQL Server 2008, IIS i aplikacija za eNID projekat.
- Drugi – na kojem je instaliran Windows 2008 Enterprise Server, SQL Server 2008, IIS i aplikacija za NQF projekat;
- Treći – na koje je instaliran SUSE Linux Enterprise 10 SP3, Oracle 10g database, Oracle app server 10.1.3.1.0 i testna aplikacija za MEIS projekat;
- Četvrti – kojim je uz pomoć Vmware Convertera kreirana virtualna mašina od fizičke.

4. KONVERTOVANJE FIZIČKOG U VIRTUELNI SERVER

Na serveru, koji je sa fizičke mašine konvertovan u virtualnu, bio je instalisan Windows 2003 Enterprise Server i SharePoint Portal. Na njemu su aktivna četiri portala od kojih se dva mnogo koriste i na njima se često radi upload fajlova od strane velikog broja korisnika. Zbog toga se pojavila potreba za proširenjem kapaciteta hard diska na tom serveru.

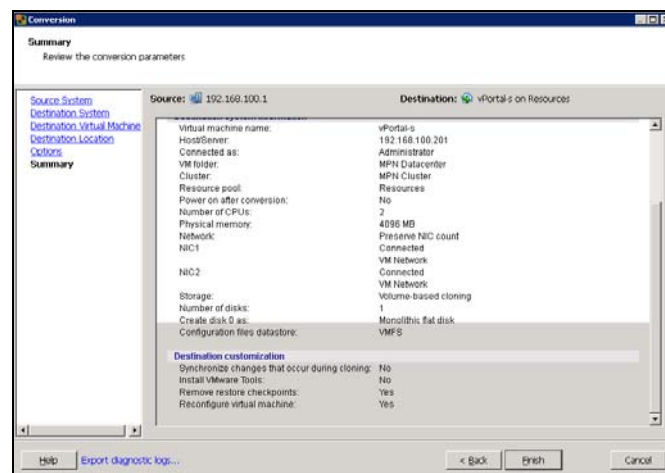
Kako smo imali u tom trenutku dovoljno prostora na storage-u, gdje nam se nalaze virtualne mašine, za rješavanje ovog problema mnogo nam je pomogao Vmware Converter koji je besplatan. Ovaj program može da se preuzme sa <http://www.vmware.com/products/converter/>. Uz pomoć njega bez ikakvog problema konvertovali smo cijelu fizičku mašinu u virtualnu. Cijelo vrijeme fizička mašina je bila konektovana na internet i sva četiri portala su svo vrijeme bila dostupna.

Da bi mogli da odradimo proces konvertovanja prvo je potrebno fizički povezati server koji želimo da konvertujemo u virtualni sa serverom na kojem je instaliran Vcenter i Vmware Converter. Prilikom povezivanja ta dva servera iskoristili smo jednu mrežnu karticu fizičkog servera koji želimo da konvertujemo i dodjelili mu odgovarajuću IP adresu dok je i dalje druga mrežna kartica služila za produkciju. Na drugoj strani, povezali smo taj server sa switch-em koji služi za menadžment (vSwitch0). Ovdje je veoma važno da se ne poveže na pogrešan switch jer je drugi switch (vSwitch1) za produkciju.

Prilikom instalacije Vmware Converter-a potrebno je obratiti pažnju da li odaberi Standalone ili Server-Client. U ovom primjeru konvertovanja odabrali smo Standalone. Vmware Converter se koristi pomoću Wizard-a. Kada se

pokrene Vmware Converter potrebno je navesti nekoliko podataka o fizičkoj mašini kao što su IP adresa, administratorski user name i password. Pored toga potreban je podatak da li je Windows ili Linux operativni sistem na tom serveru i da se odabre opcija da će se konvertovati upaljena fizička mašina. U sljedećem koraku pojavljuje se poruka da je potrebno na fizičkoj mašini instalirati Vmware agenta za konvertovanje. Isto tako, nudi nam da izaberemo da li da automatski deinstalira agent nakon završetka konvertovanja ili da se to uradi kasnije.

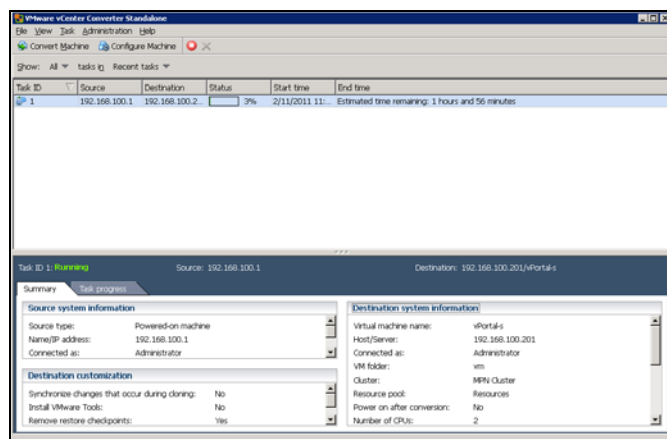
U narednom koraku potrebno je definisati IP adresu, administratorski username i password servera na kojem se nalazi Vcenter kao i opciju da se kreira novi virtualni server. Za novi virtualni server potrebno je da se odredi njegovo ime kao i mjesto gdje će da bude smješten. Kako je za virtualne servere predviđen u ovom slučaju LUN VMFS, odabrali smo taj LUN za smještanje i ove virtualne mašine. U tom istom koraku možemo provjeriti koliko nam je potrebno prostora za server koji konvertujemo kao i koliko imamo trenutno slobodno prostora u tom LUN-u. U sljedećem koraku dobijamo informaciju o karakteristikama virtualne mašine koja će se kreirati kao i mogućnost da se izmjene neki detalji. U tom koraku vidimo da je moguće uključiti sinhronizaciju te dvije mašine tako da se fizička mašina isključi nakon završetka konverovanja a da se virtualna automatski uključi. Nakon toga dobijamo sumarne podatke o novoj virtualnoj mašini (Slika 4), gdje možemo primjetiti da će karakteristike virtualne mašine biti potpuno iste kao fizičke koju konvertujemo (ista veličina RAM memorije i hard diska, isti broj procesora itd).



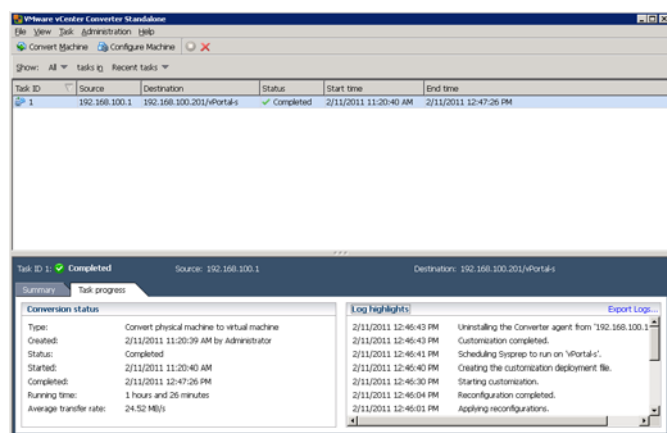
Slika 4: Karakteristike novokreirane virtualne mašine

Nakon navedenih podešavanja, počinje konvertovanje (Slika 5). Veoma je važno naglasiti da je za server koji ima 136GB zauzet hard disk potrebno svega sat ipo da se kompletno sve konvertuje u virtualni server (Slika 6). U toku konvertovanja nije se pojavio ni jedan problem niti ijedna poruka sa upozorenjem. Pošto se konvertovanje završilo upalili smo virtualnu mašinu, ulogovali se sa istim usermanom i password-om kao i na fizičkoj. Provjerili smo da li se na virtualnoj mašini nalazi sve što i na fizičkoj. Jedino što je potrebno uraditi nakon konvertovanja podešavanje mrežnih parametara kao serijskog broja instalacije operativnog sistema. Važno je napomenuti da smo u toku trajanja

konvertovanja pristupali portalima, logovali se, radili upload fajlova, brisali fajlove itd, i nije se primjetio nikakav problem u radu tih servisa.



Slika 5: Konvertovanje



Slika 6: Završen proces konvertovanja

Kao što se primjećuje na veoma lak i jednostavan način može da se odradi konvertovanje fizičke u virtuelnoj mašini a prednosti su značajne.

Najznačajnija korist koju smo imali prebacivanjem fizičke mašine u virtuelnu je ta što nam je usred trajanja konkursa za kreativnu nastavu kada je radeno prijavljivanje

velikog broja profesora na konkurs, došlo do prestanka rada jednog ESX-a zbog hardverskog kvara. Sve servere je preuzeo drugi ESX i uopšte se nije primjetio nikakav prekid u radu jer je trajanje tog prebacivanje svega nekoliko sekundi.

5. ZAKLJUČAK

Pored veoma jednostavne upotrebe Vmware Convertera postoje mnoge prednosti zbog koje je jednostavnije konvertovati fizički u virtuelni server nego se odlučiti za neko drugo rješenje. Prije svega, već smo spomenuli da je sigurnost u radu znatno veća jer ako i dođe do otkazivanja nekog dijela hardvera uvijek imamo drugi koji preuzima rad a da taj problem korisnici uopšte ne primjete jer u nijednom trenutku ne dolazi do prekida rada servisa. Pored toga, nemamo potrebu za pronalaženjem drajvera, a i sam proces konvertovanja je veoma brz.

Isto tako, mogućnost sinhronizacije u toku konvertovanja, da se fizička mašina ugasi nakon završenog procesa konvertovanja a automatski upali virtuelna, velika je prednost ovog programa jer na taj način ne dolazimo u situaciju da se u međuvremenu uradila neka promjena na fizičkoj mašini a da tu promjenu nemamo u virtuelnoj mašini.

LITERATURA

- [1] Hoopes, J.: Virtualization for Security: Including Sandboxing, Disaster Recovery, High Availability, Forensic Analysis, and Honeypotting
- [2] www.vmware.com
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/VMware>
- [4] <http://vmware-converter.en.softonic.com/>
- [5] <https://www.vmware.com/tryvmware/?p=converter>

UPRAVALJANJE BLDC MOTOROM POMOĆU MCK 2407 DSP RAZVOJNOG ALATA CONTROL OF BLDC MOTOR USING MCK 2407 DSP DEVELOPMENT TOOLS

Novak Vojinović, Vladan Vujičić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj - U ovom radu opisan je uređaj "MCK 2407-kit", koga čine trofazni inverter PM 50 V3.0 i MSK 2407 DSP ploča, koji se koristi za upravljanje motorom jednosmjernje struje bez četkica (BLDC – Brushless DC). Takođe, diskutujemo o njegovim performansama i opštoj primjeni u praktičnom smislu kao i o softverskom paketu "MSK2407 DSP Motion Control Tools" (DSPMOT) u kojem je realizovana aplikacija za upravljanje BLDC motorom.

Abstract - This works describes „MCK-2407-kit“, made by three phase inverter PM 50 V3.0 and MSK 2407 DSP board, used for Brushless DC (BLDC) motor controlling. Also, here we discuss about its performances and general purpose in practical way, and about software package "MSK2407 DSP Motion Control Tools" (DSPMOT) which is used for BLDC motor control.

1. UVOD

Do prije dvadesetak godina, u elektromotornim pogonima, koristio se uglavnom motor za jednosmjernu struju zahvaljujući njegovim dobrim upravljačkim svojstvima koja proizilaze iz mogućnosti jednostavne realizacije nezavisnog upravljanja elektromagnetskim momentom motora i magnetskim fluksom u vazdušnom procijepu. Međutim, motor za jednosmjernu struju ima mnogo nedostataka, među kojima se izdvajaju izazivanje elektronskih smetnji i to što kao posledica iskrenja dolazi do oštećenja samog komutatora, što zahtjeva čest rad na održavanju motora [1]. Motor naizmjenične struje nema ove nedostatke. Međutim, prepreke njegovom korišćenju u elektromotornim pogonima bile su visoka cijena i složenost odgovarajućih energetske pretvarača, kao i nelinearna struktura motora za naizmjeničnu struju kao objekta upravljanja. Pojavljivanjem bržih i jeftinijih mikroprocesora i posebno digitalnih signalinih procesora (DSP - Digital Signal Processor) postigla su se ista upravljačka svojstva naizmjeničnih i jednosmjernih elektromotornih pogona [2]. Korišćenje kvalitetnih magnetskih materijala s visokom koncentracijom magnetske energije po jedinici volumena (materijali na bazi rijetkih zemalja, samarij-kobalt (SmCo5), neodij-željezo-bor (NdFeB) itd.) te smanjenjem cijena i razvojem energetske pretvarača sa tranzistorima koji rade na visokim učestanostima (MOSFET, IGBT itd.) rezultiralo je povećanim interesom za primjenu motora sa klasičnim trofaznim namotajem na statoru i permanentnim magnetima na rotoru. Danas su u upotrebi dva osnovna tipa ovih motora [3], a to su:

- Motor sa trapeznim oblikom indukovanih faznih napona i kvazi-pravougaonim oblikom faznih struja - Brushless DC (BLDC) motor.

- Motor sa sinusnim oblikom indukovanih faznih napona i sinusnim oblikom faznih struja - Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM).

Analogni naponi i struje se mogu koristiti za direktnu kontrolu uređaja, to je jako jednostavan i jasan način kontrole, ali nije uvijek praktičan i isplativ. Analogna kontrola ima razne nedostatke kao što su velike dimenzije

komponenti i njihova težina, promenljive karakteristike komponenti tokom vremena, velika potrošnja, grijanje, osjetljivost na šum itd. Korišćenjem digitalnih signala za upravljanje analognim kolima, cijena sistema za kontrolu i potrošnja energije se mogu drastično smanjiti jer širinsko impulsna modulacija (PWM – Pulse Width Modulation) predstavlja ekonomičan, energetski efikasan i imun na šum način za kodiranje analognih signala [4]. Mnogi današnji kontroleri imaju ugrađene PWM periferije što dodatno olakšava implementaciju. PWM je veoma moćna tehnika kontrolisanja analognih kola preko digitalnih izlaza procesora. Digitalni signal se dovodi do analognog primaoca kao serija impulsa, a informacija o amplitudi analognog signala se predstavlja širinom (trajanjem) impulsa PWM signala. PWM ima vrlo široku primjenu, koristi se pri mjerenju, komunikaciji, kontroli napajanja, kontroli motora, kao i u raznim vrstama pretvarača. Amplituda PWM signala je najčešće fiksna i nije od značaja, ali se u nekim slučajevima može koristiti za prenos dodatnih informacija. U suštini, PWM predstavlja način digitalnog kodiranja nivoa analognih signala. Korišćenjem brojača visoke rezolucije, pravougaoni signal se moduliše tako da predstavlja specifični nivo analognog signala.

Ovaj rad se bavi problematikom digitalnog upravljanja i regulacije brzine BLDC motora. U radu je ukratko opisan digitalni pogonski kontroler, koji je dizajniran hardverski i baziran na Texas Instruments digitalnom procesoru signala. Eksperimentisanje sa digitalnim pogonskim kontrolerom omogućeno je softverskim paketom "MSK2407 DSP Motion Control Tools" (DSPMOT), pomoću kojeg je i realizovno upravljanje BLDC motora oznake "Pittman 3441". Na kraju rada, prikazani su rezultati upravljanja motorom za različite vrijednosti parametara proporcionalno –intergralnog regulatora brzine.

2. BRUSHLESS DC MOTOR

Kako samo ime kaže brushless (bez četkica) znači da ova vrsta motora nema četkice i da radi na malo drugačijem principu u odnosu na motor za jednosmjernu struju. Zbog nedostataka koje uzrokuje komutator u novije vrijeme

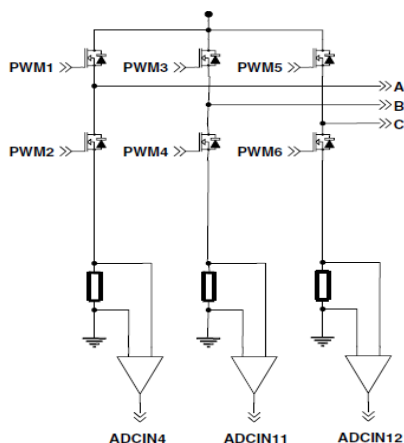
razvijen je motor jednosmjerne struje bez četkica koji na rotoru ima permanentni magnet, dok se kroz statorske namotaje propušta struja koja dovodi do zakretanja rotora. Strujom koja prolazi kroz statorske namotaje upravlja se elektronskim komutatorom, koji zamjenjuje klasični komutator. Kada se jednosmjerni napon dovede na statorov namotaj, struja koja protekne kroz namotaj u interakciji sa fluksom koji stvaraju polovi na rotoru stvara moment. Da bi se moglo ispravno odrediti kroz koji namotaj će elektronski komutator poslati struju, i struju kojeg smjera, takav motor mora imati senzor položaja rotora na osnovu čega se upravlja radom samog komutatora. U cilju određivanja trenutaka kada treba uključiti neku od faza na statoru, najčešće se koriste senzori postavljeni na statoru, koji počivaju na Holovom efektu, tzv. Holovi senzori čija konstrukcija u osnovi predstavlja kriške poluprovodnika indijuma ili antimona [1].

BLDC motora ima dvije vrste: obični i “out runner-i”. Kod običnih brushless motora na statoru se nalaze namotaji a stalni magneti na rotoru. Out runner-i imaju obrnutu koncepciju. Na kućistu su magneti koji se vrte a namotaji su u sredini i stoje fiksirani. BLDC motori u odnosu na motore jednosmjerne struje imaju mnoge prednosti kao što su: visoka pouzdanost, bešuman rad, velike brzine, visok maksimalan moment itd. [1].

3. MCK 2407 – kit

Upravljanje BLDC (brushless DC) motrom realizovano je pomoću “MCK 2407-kit” koji možemo posmatrati kao dvije nezavisne cjeline koju čine PM50 V3.0 modul snage i MSK 2407 DSP ploča [5].

PM50 V3.0 modul snage u svojoj osnovi predstavlja trofazni invertorski pretvarač realizovan pomoću šest MOSFET tranzistora koji rade u prekidačkom režimu.



Slika 1. Trofazni inverter

Uz pomoć trofaznog tranzistorskog invertora prikazanog na slici 1 mogu se nezavisno kontrolisati struje kroz statorske namotaje BLDC motora. Gornji i donji tranzistor u svakoj grani invertora rade u komplementarnom režimu. Kada je gornji tranzistor provodan, donji je zakočen i obrnuto. Pri ovome je važno napomenuti da proces uključivanja i isključenja tranzistora nije trenutna već je za to potrebno konačno mnogo vremena. Da bi se ta komutacija ispravno izvršila potrebno je sačekati izvjesno vrijeme (tkzv. mrtvo

vrijeme). Kod PWM-a modulišući signal je testerastog oblika sa maksimalnom vrijednošću koja je jednaka amplitudi referentnog signala. On se upoređuje sa referentnim signalom i kada se oni izjednače, daje se impuls za uključivanje odgovarajućeg tranzistora što rezultuje naizmjeničnim signalom u vidu češlja, koji predstavlja napon na izlazu iz invertora. Učestanost referentnog nosioca određuje učestanost izlaznog napona. Da bi se na izlazu dobio zadovoljavajući oblik napona, učestanost testerastog nosioca trebalo bi da bude bar 10 do 15 puta veća od učestanosti referentnog nosioca. Posmatrajući tranzistore T1-T6 kao prekidače, na osnovu svega rečenog, zaključuje se da je za adekvatno opisivanje stanja sistema neophodno poznavati status tri gornja tranzistorska prekidača (da li su uključeni ili isključeni) [6].

PM50 V3.0 MC bus interfejs uključuje šest PWM komandnih ulaza (TTL/CMOS kompatibilni), označenih sa PWM1 do PWM6, preko kojih se posredstvom kontrolne jedinice može upravljati tranzistorima invertora. U kontrolnoj jedinici, koja primjenjuje princip širinsko impulsne modulacije, generišu se signali koji naizmjeničnim uključivanjem i isključivanjem tranzistora u invertoru zapravo generišu izlazni fazni napon napajanja motora. Mjerenje struje omogućeno je pomoću A/D izlaza ADCIN4, ADCIN11 i ADCIN12 [6].

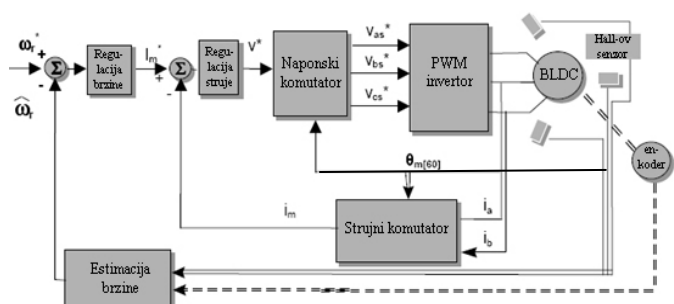
MCK 2407 DSP ploča je digitalni pogonski kontroler baziran na Texas Instruments digitalnom procesoru signala TMS320LF2407. Digitalni procesor signala sa oznakom TMS320LF2407 je dio 240x familiji Texas Instruments DSP –ova, čija je osnovna primjena u oblasti digitalne kontrole motora i kontrolnim aplikacijama [7]. Familija je zasnovana na 16 bitnoj centralnoj procesorskoj jedinici (*Central Processing Unit* - CPU) koja radi sa fiksnim zarezom. Procesor radi sa šesnaestobitnim riječima i to je bazna adresabilna jedinica podataka. Postoje tri memorijska prostora: programski, memorijski prostor namenjen za podatke i memorijski prostor namjenjen za U/I. Veličina svakog od ova tri adresabilna memorijska prostora je 64K šesnaestobitnih riječi. Kod procesora TMS320LF2407 u programskom memorijskom prostoru veći dio zauzima FLASH memorija. Dio memorijskog prostora za podatke sadrži i brzu on-chip RAM memoriju sa dvostrukim pristupom. Ono što ovu familiju izdvaja jeste činjenica da je opremljena sa širokim spektrom perifernih jedinica koji su optimizovane za kontrolu motora. Familija 240x koristi harvardsku arhitekturu koja maksimizira procesorsku moć na taj način što postoje dvije magistrale i to: programska magistrala i magistrala podataka. Ovo omogućava istovremeno čitanje podataka i instrukcija. Na taj način je pogodno smjestiti koeficijente u RAM a sam kod u programsku memoriju što eliminiše potrebu za posebnim ROM-om koeficijenata. Ovo u kombinaciji sa četverostrukim *pipeline*-om pruža mogućnost da se većina instrukcija izvrši u jednom mašinskom ciklusu. Da bi se postigle maksimalne performanse, sledeća instrukcija se dobavlja dok se tekuća izvršava. Broj ciklusa potrebnih za izvršenje instrukcije varira u funkciji od lokacije operanda koji se može nalaziti bilo u internoj ili eksternoj memoriji. Najbolje performanse se postižu ako su svi podaci smešteni u brzu internu RAM memoriju a programski kod u interni *flash*. Upravo na taj

način je osmišljen ovaj sistem. Familija 240x podržava četiri načina adresiranja: direktno, indirektno, neposredno i registarsko adresiranje dok njena CPU sadrži šesnaestobitni pomjerač, 16x16 bita paralelni množač, tridesetdvobitnu centralnu aritmetičko-logičku jedinicu (*Central Arithmetic Logic Unit* - CALU), tridesetdvobitni akumulatore kao i dodatne pomjerače na izlazu akumulatora i množača.

TMS320LF2407 je opremljen sa čak šesnaest multipleksiranih analognih ulaza sa zavidnim karakteristikama analognog-digitalne konverzije čime se praktično eliminiše potreba za eksternim konvertorima što doprinosi jednostavnosti hardverske realizacije. Ulazi su multipleksirani i u samom procesoru postoji samo jedan AD konvertor desetobitne rezolucije sa ugrađenim *Sample and Hold* kolom dok je vrijeme konverzije veoma malo, svega 500 ns. Analogni ulazi su sa AD konvertorom povezani preko dva osmokalna sekvencera koji mogu raditi i kao jedinstveni šesnaestokanalni sekvencer. Sekvenceri dijele resurse jedinstvenog AD konvertora i dopuštaju da se preko analognog multipleksera formira sekvenca od osam odnosno šesnaest ulaza koji čekaju na konverziju [7].

4. UPRAVLJANJE BLDC MOTOROM

Strukturna šema aplikacije upravljanja BLDC motorom prikazana je na slici 2. Kao što se može vidjeti, šema je bazirana na odnosu vrijednosti struja dvije faze i pozicije motora.



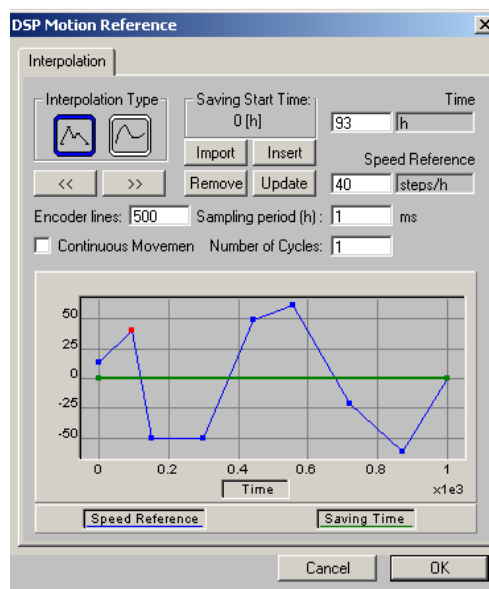
Slika 2. Strukturni blok dijagram upravljanja motorom

Estimacija brzine vrši se na osnovu informacija dobijenih iz Hall-ovih senzora i enkodera. Mjerenje struja faza i_a i i_b koristi se za određivanje ekvivalentne jednosmjerne struje motora, na bazi informacija o poziciji iz Hall-ovih senzora. Napomenimo da Hall-ov senzor daje informaciju o poziciji u rasponu od 60 električnih stepeni. Kontroleri brzine i struje su proporcionalno-integralni (PI) diskretni kontroleri. Blok za "naponsku komutaciju" obezbjeđuje (softverski), izračunavanje referentnih napona V_{as}^* , V_{bs}^* i V_{cs}^* dovedenih na ulaz invertora. Praktično, program upravlja sa 6 potpunih poređenja PWM izlaza DSP kontrolera, na bazi referentnih napona. U slučaju BLDC motora, samo četiri invertorska tranzistora se kontrolišu za datu poziciju motora. Signal referentne brzine je dobijen upotrebom referentnog generatora DSPMOT-a, koji se nalazi u aplikaciji za upravljanje BLDC motorom [5,6].

Upravljanje BLDC motorom vrši se koristeći dva PI regulatora. Jedan regulator se koristi za upravljanje strujom, a jedan za regulisanje brzine. Dakle, prvi PI regulator kao

ulaz dobija grešku, to jest razliku između referentne vrijednosti brzine i stvarne vrijednosti. Naravno, stvarna vrijednost se dobija proračunom iz senzora. Izlazna veličina regulatora je signal I_m^* koji predstavlja referentnu vrijednost za regulator struje.

Eksperimentisanje sa MSK2407 DSP pločom i TMS320LF2407 DSP kontrolerom, u aplikacijama digitalnog upravljanja kretanjima, omogućeno je softverskim paketom MSK2407 DSP Motion Control Tools. Ovaj softver omogućava da se aplikacija prenese na ploču, da se programske promjenljive podešavaju i nadgledaju kao i da se startuje sama aplikacija. Jednostavnim povezivanjem već gotovih funkcija u DSP programu mogu se aktivirati vrlo korisni moduli: komunikacija, nadgledanje podataka ili grafičko zadavanje reference. Ova platforma za analizu i evaluaciju raznovrsnih upravljanja u svakoj aplikaciji sadrži veliki broj fajlova i informacija o podesivim parametrima, tako da je neophodno da se jednom podešeno okruženje može ponovo učitati. To je i omogućeno, a sve potrebne informacije jednog radnog okruženja čuvaju se u fajlu sa ekstenzijom .mot [5]. Treba imati u vidu da se promjenljive ne mogu pratiti on-line, već se odabrane promjenljive snimaju u memoriji kontrolera, da bi se po stopiranju aplikacije učitale. Razlog za of-line snimanje podataka je taj što bi čitanje podataka u toku izvršenja programa oduzelo mnogo procesorskog vremena, jer je komunikacija između ploče i računara vrlo spora. Takođe, treba naglasiti da je kod upravljanja BLDC motorom opterećen malim periodom semplovanja prilikom kontrole struje, a i kontrola brzine nije zanemarljiva.

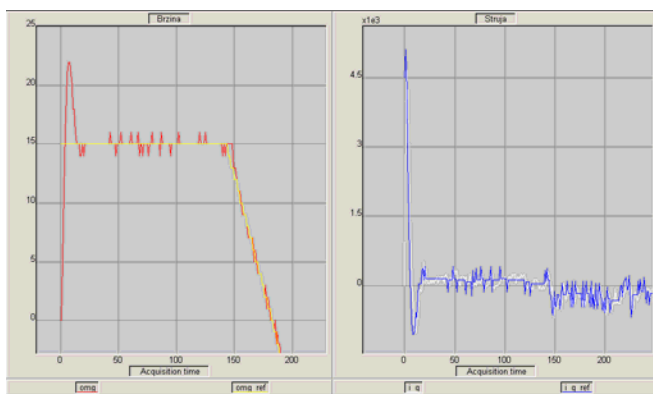


Slika 3. Zadavanje reference

Jedan od ugrađenih modula DSPMOT-a omogućava definisanje referentnog signala koristeći grafički interfejs, predstavljen na slici 3. Zadavanje reference se postiže pomoću tačaka sa definisanim vrijednostima koje se upisuju u polja "Time" i "Speed Reference". Ukoliko zatim pritisnemo "Insert", tada će se na grafiku pojaviti nova tačka sa zadatim vrijednostima. Međutim, ukoliko pritisnemo "Update", tada će trenutno aktuelna tačka (ona koja je obilježena crvenom bojom) dobiti novu vrijednost. Ipak, najjednostavniji pristup je korišćenje miša. Naime, ukoliko se

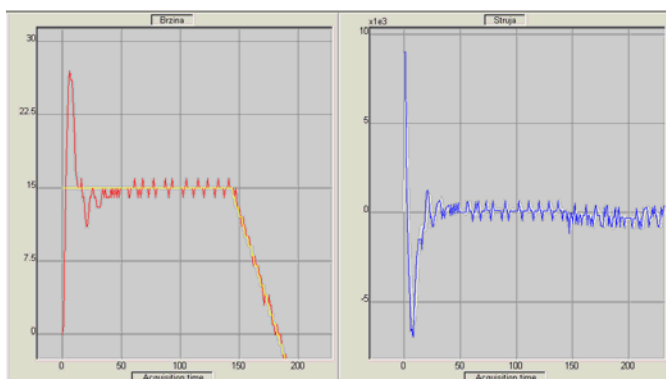
strelica miša dovede do tačke čiju vrijednost želimo da promjenimo, tada se ona može pomjeriti strelicom ako istovremeno držimo pritisnut lijevi taster miša. Ovaj metod je vrlo pogodan, ali je neprecizan. Preporučuje se kombinovanje obje tehnike. Ukoliko želimo da izbrišemo neku tačku, poslije selektovanja jednostavno pritisnemo "Remove". Naredbom "Import" se mogu učitati podaci za tačke iz neke datoteke, ali treba imati u vidu da je maksimalan broj tačaka 100. Opcija "Continuous Movement" se koristi ukoliko želimo da se zadati ciklus beskonačno ponavlja, za razliku od opcije "Number of Cycles" kojim definišemo broj ciklusa. Opcijom "Interpolation Type" se definiše tip funkcije koja prolazi kroz zadate tačke. Odnosno, da li je ona dio-po-dio linearna, ili je kontinualna.

Sa različitim vrijednostima parametara PI regulatora, sistem će naravno imati različite performanse. To ćemo pokazati na sledećim primjerima, u kojima ćemo mijenjati samo parametre regulatora brzine. U prvom slučaju, slika 4, parametri će imati sledeće vrijednosti: koeficijent proporcionalnog dejstva (K_p) = 300, koeficijent integralnog dejstva (K_i) = 40 i period odabiranja (h) = 1ms.



Slika 4. Odziv sistema za $K_p=300$, $K_i=40$, $h=1$ ms
(za regulator brzine)

Međutim, ukoliko povećamo koeficijent proporcionalnog dejstvo na vrijednost 600 (dva puta više), tada će se sistem pri istoj referenci odazvati kao na slici 5.



Slika 5. Odziv sistema za $K_p=600$, $K_i=40$, $h=1$ ms
(za regulator brzine)

5. ZAKLJUČAK

Osobine DSP procesora mogu se koristiti u cilju što jednostavnijeg i što bržeg procesiranja postojećih algoritama, kao i poboljšanja dinamičkog odziva sistema, ili, u mnogim slučajevima, za primjenu u mnogo kompleksnijim sistemima zatvorenih petlji bez senzora gdje kontrolni algoritmi koriste predviđanje za ključne promjenljive u povratnoj sprezi, rađe nego stvarna mjerenja. Ova mogućnost upravljanja električnim motorima sa manjim brojem senzora dovodi do velikog smanjenja cijene kao i ukupnog poboljšanja osobina elektromotornih pogona. Korišćenjem DSP kontrolora omogućava se primjena kompleksnih funkcija kotrole koristeći fleksibilne softvere, što je mnogo jednostavnije konstruisanje hardvera za specifične funkcije i primjene [2].

LITERATURA

- [1] Prof. dr Đurović Momir i dr Gojko Joksimović, *Specijalne električne mašine*, Podgorica 2001.
- [2] Prof. dr Đurović Momir, *Upravljanje u realnom vremenu*, Podgorica 1999.
- [3] Padmaraja Yedamale, *Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals*, Microchip Technology Inc, 2003.
- [4] V. Ambrožič, *Pretvarači i modulacijske metode*, Rijeka 2001.
- [5] Texas Instruments, *MSK2407&MCK2407 User Manual*, Tehnosoft S.A, Switzerland 2002.
- [6] Texas Instruments, *DMCode-S (BL) User Manual*, Tehnosoft S.A, Switzerland 2001.
- [7] Texas Instruments, *TMS320LF/LC240x DSP Controllers Systems and Peripherals Reference Guide*, Tehnosoft S.A. 2000.

OBEZBJEĐIVANJE KVALITETA KOD UČENJA NA DALJINU QUALITY ASSURANCE IN DISTANCE LEARNING

Aleksandra Radulović, *Center of Information Technology - University of Montenegro*
Božo Krstajić, *Faculty of Electrical Engineering*

Sadržaj – U radu su, nakon uvodnih razmatranja o potrebi obezbjeđivanja kvaliteta kod učenja na daljinu, prezentovani standardi i relevantne preporuke. Kako je učenje na daljinu jedan od vidova visokoškolskog obrazovanja, dat je pregled usvojenih evropskih standarda za obezbjeđenje kvaliteta u visokom obrazovnju. Pošto u Evropi ne postoji jedinstven standard za obezbjeđivanje kvaliteta kod učenja na daljinu dat je primjer i osnovna načela nacionalnog standarda UK.

Abstract – After the introductory discussion about the need to provide quality in distance learning, relevant standards and recommendations is presented in this paper. A review of the adopted European standards for quality assurance in higher education is given, as distance learning is one aspect of higher education. An example of the basic principles of national standards UK is provided, because in Europe there is no single standard for quality assurance in distance learning.

1. INTRODUCTION

E-learning signify all forms of technology-supported learning, such as distance learning, online learning, online education, distance education, technology-enhanced education, flexible learning, flexible education and IT-supported education. The concept of e-learning is relevant both in distance education and campus-based learning [1].

Quality assurance is one approach, defined as “the assembly of all functions and activities that bear upon the quality of a product or service so that all are treated equally, planned, controlled and implemented in a systematic manner”. More specifically, a Quality Assurance (QA) system documents procedures with the aim of ensuring that the overall process meets specified objectives and to demonstrate that quality is a managed outcome [2].

This paper surveys and analyzes current practices and principles for Quality Assurance (QA) in Distance Learning (DL). The analysis focuses primarily on QA practices in DL in Europe, but also provides insight in such practices elsewhere in the world.

2. WHAT IS QUALITY ASSURANCE IN DISTANCE LEARNING?

The issue of whether e-learning offers higher, equal or lower quality in comparison to other types of high education has not been dealt with in this paper. Instead, the paper focuses on the more open question of what quality in distance learning actually comprises. How can quality be defined in this context in order to be assessed?

Quality is described as a concept rather than a technique, so its implementation is very much dependent on the type of organization or process and practice at hand. There are many different approaches to quality, most of which are applied at the organizational level rather than that of individual modules or projects.

QA is needed in eLearning (and DL like part of eLearning) :

- To improve student access to course presentations and processes.

- To improve education efficiency by: providing increased opportunities for collaborative and problem-based learning; encouraging eLearning practices that can be used to ‘free up’ class contact time for more productive pedagogical approaches than didactic lecturing; reducing the necessity of excess time teaching areas that can be more clearly illustrated using eLearning tools and storing class resources in a Web-based repository for all hour access.

- To improve education effectiveness by: enhancing delivery in areas that students typically find conceptually difficult; enabling and encouraging student interaction and structured discussion; facilitating increased levels of tutor involvement with students as a group and as individuals; providing opportunity for preview / review of resources online; providing an overall education context that ensures the sound application of eLearning tools within a course; working with subject matter experts to ensure that technology is applied in a way that identifies their unique needs, and that sets innovative approaches in ways relevant to the subject matter.

In the 2003 Berlin communiqué the Ministers of Education committed themselves to supporting further development of quality assurance at institutional, national and European level. The Berlin Communiqué requested the ENQA [3], a European forum for exchange of practice in quality assurance, EUA [4], EURASHE [5] and ESIB [6] to agree on a set of standards, procedures and guidelines on internal and external quality assurance and a peer review system for quality assurance bodies. ENQA’s report on “Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area ” was published 2009 [7].

One of the recommendations for further development of the Bologna Process was “to extend quality assurance, accreditation and qualifications frameworks to e-learning and other non-classical modes of delivery in an integrated approach encompassing the full range of higher education” [8].

Regarding above we will explore general QA in high education and some additional for QA in elearning.

3. QA IN GENERAL

Quality Assurance is an ongoing, continuous process of evaluating the quality of a higher education system, institutions, or programmes. Many systems make a distinction between internal quality assurance (*i.e.* inter-institutional practices in view of monitoring and improving the quality of higher education) and external quality assurance (*i.e.* inter- or supra-institutional schemes assuring the quality of higher education institutions and programmes). The scope of quality assurance is determined by the shape and size of the higher education system. Quality assurance is often considered as a part of the quality management of higher education [9].

Quality assurance in higher education is by no means only a European concern. All over the world there is an increasing interest in quality and standards, reflecting both the rapid growth of higher education and its cost to the public and the private purse.

Detailed list on standards and guidelines for *internal and external quality assurance* arrangements for higher education institutions are provided in ENQA's report "Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area" was published in 2009 (Helsinki, 3rd edition) [10]. Here is the list of standards:

European standards for internal quality assurance within higher education institutions:

- *Policy and procedures for quality assurance:* Institutions should have a policy and associated procedures for the assurance of the quality and standards of their programmes and awards. They should also commit themselves explicitly to the development of a culture which recognizes the importance of quality, and quality assurance, in their work. To achieve this, institutions should develop and implement a strategy for the continuous enhancement of quality. The strategy, policy and procedures should have a formal status and be publicly available. They should also include a role for students and other stakeholders.
- *Approval, monitoring and periodic review of programmes and awards:* Institutions should have formal mechanisms for the approval, periodic review and monitoring of their programmes and awards.
- *Assessment of students:* Students should be assessed using published criteria, regulations and procedures which are applied consistently.
- *Quality assurance of teaching staff:* Institutions should have ways of satisfying themselves that staff involved with the teaching of students are qualified and competent to do so. They should be available to those undertaking external reviews, and commented upon in reports.
- *Learning resources and student support:* Institutions should ensure that the resources available for the support of student learning are adequate and appropriate for each programme offered.
- *Information systems:* Institutions should ensure that they collect, analyse and use relevant information for the effective management of their programmes of study and other activities.
- *Public information:* Institutions should regularly publish up to date, impartial and objective information, both quantitative and qualitative, about the programmes and

awards they are offering in according to the relative national law and the European law, about author's rights, and intellectual property.

European standards for the external quality assurance of higher education:

1. *Use of internal quality assurance procedures:* External quality assurance procedures should take into account the effectiveness of the internal quality assurance processes described in Part 1 of the European Standards and Guidelines.
2. *Development of external quality assurance processes:* The aims and objectives of quality assurance processes should be determined before the processes themselves are developed, by all those responsible (including higher education institutions) and should be published with a description of the procedures to be used.
3. *Criteria for decisions:* Any formal decisions made as a result of an external quality assurance activity should be based on explicit published criteria that are applied consistently.
4. *Processes fit for purpose:* All external quality assurance processes should be designed specifically to ensure their fitness to achieve the aims and objectives set for them.
5. *Reporting:* Reports should be published and should be written in a style, which is clear and readily accessible to its intended readership. Any decisions, commendations or recommendations contained in reports should be easy for a reader to find.
6. *Follow-up procedures:* Quality assurance processes which contain recommendations for action or which require a subsequent action plan, should have a predetermined follow-up procedure which is implemented consistently.
7. *Periodic reviews:* External quality assurance of institutions and/or programmes should be undertaken on a cyclical basis. The length of the cycle and the review procedures to be used should be clearly defined and published in advance.
8. *System-wide analyses:* Quality assurance agencies should produce from time to time external audit, summary reports describing and analysing the general findings of their reviews, evaluations, assessments etc.

4. QA IN DL

Despite a long and generally successful track record DL is still required to prove that the quality of student learning is at least equivalent to face-to-face teaching. A comprehensive quality assurance (QA) system can help accomplish this [11].

Development of the DL QA system required firstly a firm set of responsibilities and activities performed by the higher educational institution. Once these were identified, quality assurance processes were created to make sure that various quality outcomes were met during development. Foundational to these processes is a set of aims, objectives and core values. There are different "visions" of eLearning at most of European universities, and the culture of quality in eLearning at universities is frequently weak. Likewise, there is no unified approach to QA in DL adopted from relevant European institutions. Still, there have been several initiatives in the past to address quality in ICT-based or e-learning.

For example, the Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA) [12] from UK has set off to develop a comprehensive QA process for higher education. As a part of this development, QAA has produced a Code of Practice for Quality Assurance in Higher Education in the form of a series of self-contained sections covering the management of quality and standards in all teaching and learning activities. One of these sections covers certain distinguishable aspects that are commonly found under varying labels as components within systems of DL [1]:

- Materials-based learning. This dimension of a distance-learning system refers to all the learning resource materials made available by the programme provider to students studying at a distance.
- Programme components delivered by travelling teachers. This dimension refers to the staff of the providing institution who travel on a periodic basis to the student's location to deliver components of the programme.
- Learning supported locally.
- Learning supported from the providing institution that is remotely located from the student.

The terms set out above refer to dimensions that are common components within systems of DL, but for which there are no uniform labels.

In addition, QAA Code of Practice covers the following four areas in terms of QA in DL:

1) System design - the development of an integrated approach

- Higher education by distance learning should be underpinned by principles that are generally relevant to higher education. An institution that aims to offer distance learning programmes of study should design and manage its operations in a manner that applies those principles and, at the same time, takes full account of considerations that are specific to teaching its students at a distance.
- The provision of programmes of study by distance learning should form part of an explicit strategy for achieving an institution's stated aims, and the distance learning system or systems should be designed and developed in ways that reinforce the strategy.
- Prior to offering programmes of study by distance learning, an institution should explicitly design and test its system for administering and teaching students at a distance and plan for contingencies in order to meet its stated aims in terms of academic quality and standards.
- An institution should safeguard its position in respect of the legislation in any country in which its programmes of study are proposed to be made available by distance learning.
- A providing institution's plans for offering programmes of study by distance learning should be financially underwritten for the full period during which students will be studying the programmes, and at a level that safeguards the quality and standards to which the institution is committed.

2) The establishment of academic standards and quality in programme design, approval and review procedures

- The providing institution is responsible for ensuring that programmes to be offered at a distance are designed so that the academic standards of the awards will be demonstrably comparable with those of awards delivered by the institution in other ways and consistent with any relevant benchmark

information recognised within the country. In designing distance learning programmes of study, and any component modules, a providing institution should ensure explicit and reasoned coherence between the aims and intended learning outcomes on the one hand, and the strategies for teaching at a distance, the scope of the learning materials and the modes and criteria of assessment on the other.

- A providing institution is responsible for ensuring that the design of distance learning programmes of study provides learning opportunities which offer students a fair and reasonable chance of achieving the academic standards required for successful completion.
- A providing institution should have processes for approving distance learning programmes of study which, while underpinned by principles relevant to all educational programmes, take specific account of the requirements of the system of distance learning that have been adopted as well as of the opportunities provided for scrutiny.
- A providing institution's processes for approving programmes of study, and any component modules, should include an element of scrutiny external to the institution.
- Once designed and in use, an institution should ensure that programmes of study and component modules are monitored, reviewed and subject to re-approval regularly. Institutions should particularly ensure that the content of all learning materials remains current and relevant and that learning materials, teaching strategies and forms of assessment are improved in the light of adopted feedback results.

3) The assurance of quality and standards in the management of programme delivery

- The providing institution is responsible for managing the delivery of each distance learning programme of study in a manner that safeguards the academic standards of the award.
- The providing institution is responsible for ensuring that each distance learning programme of study is delivered in a manner that provides, in practice, a learning opportunity which gives students a fair and reasonable chance of achieving the academic standards required for successful completion.
- Learning, although at a distance, should be treated as an activity that involves all participants in the system, and as an activity in which monitoring, review and feedback are regularly used to enhance all components of teaching, learning and the system of delivery.

4) Student development and support

- In respect of students taught at a distance, a providing institution should give explicit attention to its responsibility for supporting and promoting autonomous learning and enabling learners to take personal control over their own development. An institution should set required aims, devise practical methods for achieving them, and monitor its practice.
- A providing institution should meet the needs of its students who are studying at a distance by providing information that is particularly thorough and clear as regards the nature and expectations of their programme of study including the relationship between achievement and assessment, academic progress and accumulation of credit as well as the characteristics of the distance learning system and how students interact with it. The provided information

should be conveyed in a manner that enables students to make informed decisions about their own education, and to monitor their progress against clear expectations of achievement.

- A providing institution should monitor the effectiveness of information provided to students and, in light of its findings, take steps to improve its provision.

- An institution should determine what means of student representation are appropriate and realistic for students on distance learning programmes of study as well as provide these students with accurate information about representation.

4.1 RELEVANT ORGANIZATIONS AND INSTITUTIONS

Below is a list of relevant organizations and institutions that are developing standards for QA in DL on European and national level.

Important European-level associations:

- European Association for Quality Assurance in Higher Education – ENQA [3]
- European Association of Distance Teaching Universities – EADTU [13]
- European association of distance learning – EADL [14]
- The European Distance and E-Learning Network - EDEN [15]
- The European Foundation for Quality in E-Learning – EFQUEL [16]

Relevant national-level bodies and institutions:

- The Quality Assurance Agency for Higher Education – QAA [12]
- The Joint Information Systems Committee – JISC [17]
- Swedish National Agency for Higher Education [18]
- Canadian Association for Communicators in Education – CACE [19]
- The Distance Education and Training Council-DETC [20]
- Open & Distance Learning Quality Council-ODL QC [21]
- Norwegian Association for Distance Education –NADE [22]
- Australasian Council on Open, Distance and E-learning – ACODE [23]
- Accreditation Organisation of the Netherlands and Flanders –NVAO [24]

5. CONCLUSION

This paper describes existing European practice and principles for Quality Assurance (QA) in Distance Learning (DL). In Europe there is no unified approach to QA in DL adopted from relevant European institutions. There have been several initiatives in the past to address quality in ICT-based or Distance Learning. This paper mostly deals with topic of QA in higher education (HE), but also on recommendations of the relevant European agencies, national-level bodies and institutions about the QA in DL. We gave some general

approach of QA which can adapt for particular case in different institutions and for different DL programs.

REFERENCES

- [1] Swedish National Agency of Higher Education (HSV), "E-learning quality: Aspects and criteria for evaluation of e-learning in higher education", Report <http://www.hsv.se/download/18.8f0e4c9119e2b4a60c800028057/0811R.pdf>
- [2] M. Nichols, "Development of a Quality Assurance System for E-Learning Projects" <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/004.pdf>
- [3] European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA); URL: <http://www.enqa.eu/>
- [4] European University Association (EUA); URL: <http://www.eua.be/>
- [5] European Association of Institutions in Higher Education (EURASHE); URL: <http://www.eurashe.eu/>
- [6] National Unions of Students in Europe (ESIB); URL: <http://www.esib.org/>
- [7] European University Quality in eLearning - Elearning Quality In European Universities: Different Approaches For Different Purposes, 2007 http://unique.europace.org/pdf/WP1-report-v5_FINAL.pdf
- [8] From Berlin to Bergen, General Report of the Bologna Follow-up Group to the Conference of European Ministers Responsible for Higher Education, Bergen, 19-20 May 2005 http://www.bologna-bergen2005.no/Bergen/050503_General_rep.pdf
- [9] Quality Assurance and Accreditation: A Glossary of Basic Terms and Definitions, Bucharest 2007 http://www.cepes.ro/publications/pdf/Glossary_2nd.pdf
- [10] Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area, ENQA report, 3rd edition, 2009, European Association for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki, Finland. [http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition\(2\).pdf](http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition(2).pdf)
- [11] Commonwealth of Learning: Quality Assurance in Open and Distance Learning - Knowledge series http://www.col.org/PublicationDocuments/pub_KS2005_QA.pdf
- [12] <http://www.qaa.ac.uk/>
- [13] <http://www.eadtu.nl/>
- [14] <http://www.eadl.org/>
- [15] <http://www.eden-online.org>
- [16] <http://www.qualityfoundation.org/>
- [17] <http://www.jisc.ac.uk/>
- [18] <http://www.hsv.se/>
- [19] <http://www.cace-acace.org/en/>
- [20] <http://www.detc.org/>
- [21] <http://www.odlqc.org.uk/>
- [22] <http://www.nade-nff.no>
- [23] <http://www.acode.edu.au/>
- [24] <http://www.nvaio.net/>

This paper was carried out within the TEMPUS project: „Enhancing the quality of distance learning at Western Balkan higher education institutions”.

PRIMENA SLOODLE ALATA ZA KREIRANJE RAZLIČITIH TIPOVA ZADATAKA U KURSU RAČUNARSKA GRAFIKA APPLYING SLOODLE TOOLS FOR CREATING DIFFERENT TYPES OF ASSIGNMENTS IN COURSE COMPUTER GRAPHICS

Andelija Mitrović, *Visoka Škola Tehničkih Strukovnih Studija Čačak*
Maja Božović, Danijela Milošević, *Tehnički Fakultet Čačak*

Sadržaj – Sloodle kurs Računarska grafika obuhvata različite nastavne sadržaje kreirane odgovarajućim Sloodle alatima kao što su Webintercom, MetaGloss, Quiz Chair i Prim Drop čija je primena ukratko opisana. U okviru kursa kreirani su zadaci koji doprinose razvoju smisla za vezu dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog prikaza modela. U radu je detaljno opisan postupak kreiranja zadataka koji se sastoji iz kreiranja modela i definisanja zahteva zadataka.

Abstract – Sloodle course Computer graphics includes variety of teaching topics which are designed by appropriate Sloodle tools such as Webintercom, MetaGloss, Quiz Chair and Prim Drop whose application is briefly described. Within the course, assignments are designed to contribute developing a sense of connection between two-dimensional and three-dimensional view of the model. The paper describes in detail the process of creating assignments consisting of creating models and defining the required tasks.

1. UVOD

U okviru predmeta Računarska grafika studenti stiču osnovna znanja iz grafičkog prikazivanja trodimenzionalnih modela u ravni i prostoru upotrebom računara. Shvatanje prostora i prostornog izgleda modela je neophodno kako bi se modeli tačno prikazali, što može predstavljati veliki problem za studente koji “nemaju dobar osećaj za prostor“. Imajući u vidu da su psiholozi dokazali da se osećaj za prostor može poboljšati vežbanjem, to predstavlja jedan od osnovnih ciljeva koje treba postići u nastavi.

Uvođenjem Sloodle-a i njegovim prilagođavanjem potrebama Računarske grafike nastava bi se mogla učiniti prihvatljivijom i razumljivijom. Sloodle omogućava korisnicima izvršavanje neophodnih aktivnosti u toku kursa, kako iz Second Life-a, tako i iz Moodle-a, pri tome dodatno personalizujući aktere učenja [1].

2. IMPLEMENTACIJA SLOODLE KURSA RAČUNARSKA GRAFIKA

Kurs Računarska grafika postavljanjen je na sajtu Key to School (<http://www.keytoschool.com>) koji pruža besplatan Moodle hosting. U okviru kursa predviđena je realizacija nastavnih tema kao što su: Osnovni principi 3D modeliranja, 3D modeliranje i tehnički crteži, Korisničko okruženje programa CATIA V5, Skup paleta alata za skiciranje, Skup paleta alata za kreiranje delova, Modeliranje prizmatičnih delova, Modeliranje rotacionih delova i Generisanje tehničkih crteža itd.

Za povezivanje Moodle kursa sa Second Life-om koristi se modul Sloodle Controller koji kontroliše svaki Sloodle pristup kursu. Pored ovog modula dodaje se i modul Distributor koji se koristi za distribuciju objekata. Moduli Sloodle kontroler i distributor koji se nalaze na vrhu početne

strane ukazuju na to da je kurs vezan za nastavne aktivnosti u Second Life-u.

Za ostvarivanje interakcije Moodle-a sa Second Life-om koriste se Sloodle alati. Na Sloodle ostrvu (<http://slurl.com/secondlife/Sloodle/122/74/23>) nalaze se Sloodle objekti koji se mogu preuzeti a nakon toga rezovati. Pod rezovanjem (eng. rez) se podrazumeva kreiranje ili pozivanje nečega iz inventara. Sloodle Set (slika 1) kreira i kontroliše većinu drugih objekata i on je “unutar virtuelnog sveta“ najvažnija komponenta Sloodle-a. Sloodle Set automatizuje rezovanje i konfigurisanje većine drugih Sloodle objekata, čime omogućuje da posao nastavnika bude brži i lakši. Jednom podešen i konfigurisan Sloodle Set može rezovati sve ostale Sloodle alate. Postoje dve metode za povezivanje Sloodle Set-a na Moodle: notecard i Web konfiguracija. Za povezivanje Sloodle Set-a na kurs Računarska grafika korišćena je metoda web konfiguracije.

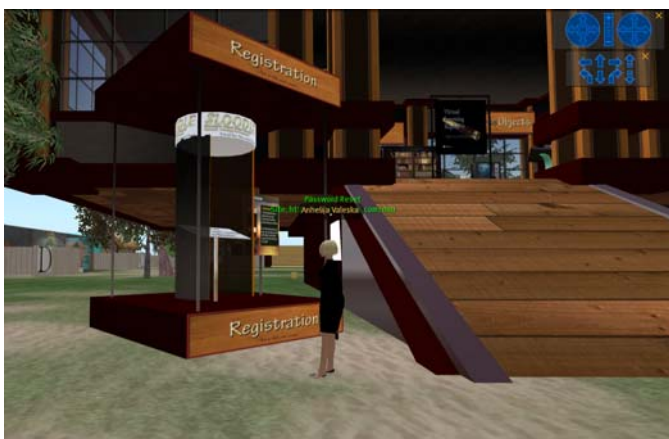


Slika 1: Preuzimanje Sloodle Set-a iz Second Life-a

Nakon povezivanja Moodle kursa sa Second Life-om vrši se povezivanje Moodle naloga studenata sa njihovim nalogom u Second Life-u. Ovaj postupak se naziva autorizacija avatara koji će u nastavku biti opisan.

3. AUTORIZACIJA AVATARAR SA MOODLE KORISNIČKIM NALOZIMA

Za povezivanje avatara korisnika Second Life-a sa njihovim nalozima na Moodle sajtu koriste se alati za upisivanje koji proveravaju dozvolu pristupa u virtualnu učionicu i pomažu pri registraciji. To se zove "autorizacija avatara" ili "registracija avatara". Postoje različiti načini da se autorizacija uradi. U ovom kursu se koristi objekat pod nazivom "RegEnrol Booth" (slika 2). Ovaj objekat se distribuira kao deo Sloodle Set-a i njega u Second Life-u postavlja nastavnik nakon konfigurisanja Sloodle Set-a. Kada je RegEnrol Booth rezovan dodirne se panel na kome piše Touch to register your avatar in Moodle. Time je izvršena autorizacija avatara.



Slika 2: Autorizacija avatara u Second Life-u

4. SLOODLE ALATI KORIŠĆENI NA KURSU

Za potrebe Sloodle kursa Računarska grafika iz Sloodle Set-a korišćeni su alati: Webintercom, MetaGloss, Quiz Chair i Prim Drop. Način njihove primene u upravljanju obrazovnim aktivnostima ukratko je opisan u daljem tekstu.

Nakon upoznavanja studenata sa Osnovnim principima 3D modeliranja kroz materijal za učenje koji je postavljen na kursu studenti mogu učestvovati u diskusiji o datoj temi pomoću alata Chat /Webintercom. Webintercom povezuje javna tekst časkanja u Second Life-u sa chatroom-om u Moodle-u. To omogućava da se razgovor deli između studenata koji su u Second Life-u sa onima koji su u Moodle-u, što je korisno ako neki studenti nemaju pristup Second Life-u [2]. Zahvaljujući činjenici da je Webintercom-chat sinhrona aktivnost, studenti mogu da diskutuju u zakazano vreme o osnovnim principima 3D modeliranja na čelu sa nastavnikom kursa.

Osim toga, studenti mogu videti značenje osnovnih pojmova koji se odnose na principe 3D modeliranja pomoću rečnika Glossary / MetaGloss što je takođe jedan od veoma korisnih alata Sloodle-a. MetaGloss je Second Life objekat koji omogućava pristupu Moodle rečniku.

U cilju procene svog znanja o temi ove nedelje studenti mogu uzeti standardni kviz iz Moodle-a. Pored Moodle-a oni mogu kviz preuzeti i u Second Life-u [3]. Za tu svrhu se

koristi Sloodle Quiz Chair (slika 3). Da bi se aktivirao kviz studenti treba da sednu na stolice. Kviz je predstavljen kao dijalog prompt. Izborom jednog od ponuđenih odgovora, stolica se podiže ili ostaje na istom mestu u zavisnosti od toga da li je odgovor tačan ili ne. Kada završe kviz u Second Life-u, studenti mogu da kliknu na kviz ispod da bi videli svoju ocenu. Nastavnik možete videti ocene svih pokušaja.



Slika 3: Pitanja iz kviza u Moodle-u i Second Life-u

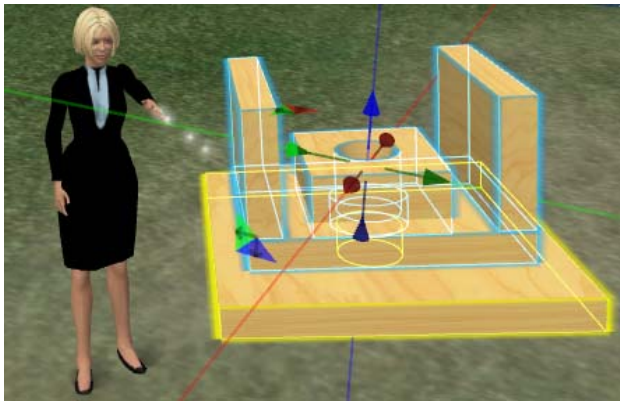
Nakon provere teorijskih znanja, studenti treba da budu u mogućnosti da primene njihova znanja u praksi. U tu svrhu kreirani su zadaci koji su postavljeni u okviru teme 3D modeliranje i tehnički crteži. Glavni cilj ovih zadataka je da studenti kroz izradu postavljenih zadataka razvijaju smisao za vezu dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog prikaza modela i provere svoje znanje koje se odnosi na crtanje odgovarajućih izgleda na osnovu 3D modela i obrnuto, da na osnovu izgleda kreiraju 3D modele. Kreiranje zadataka sastoji se iz dva koraka: kreiranja modela i definisanja zahteva zadataka.

4.1 KREIRANJE MODELA

Kreiranje modela u Second Life-u je jednostavno, dok je za kreiranje impresivnih stvari potrebno dosta prakse. Postoje određena mesta u Second Life-u za vežbanje ovih veština i ta mesta se nazivaju Sandbox. Za Sandbox se može reći da predstavlja izdvojeni javni prostor gde stanovnici Second Life-a vežbaju izgradnju različitih objekata [4].

Za potrebe zadataka u okviru kursa koriste se složeni modeli. Za njihovo kreiranje upotrebljava se alat Create iz palete Tool Palette. S obzirom da su modeli složeni oni se sastoje iz nekoliko primova. Prim je skraćena od primitive i primovi su blokovi za gradnju u Second Life-u. Može se reći da je u Second Life-u sve konstruisano od primova. Postoji 15 različitih originalnih oblika primova koji se mogu izabrati a podrazumevani oblik prima je kocka. Modeli se kreiraju izborom odgovarajućih primova, klikom na teren ili otvoren prostor. U prozoru Edit korišćene su opcije za pomeranje, rotiranje i istezanje ukako bi se dobio odgovarajući izgled modela. U kartici Object unete su precizne mere, ugao rotacije, veličina i oblik otvora. Model prikazan na slici 4 sastoji se od pet primova, pri čemu su tri prima kocke sa otvorima, dva prima kocke bez otvora.

Prikazani primovi su povezani tako da formiraju skup koji omogućava kretanje primova kao unije više elemenata. Povezivanje primova je relativno jednostavno. Da bi se napravio trajni link, primovi su izabrani pomoću opcije Shift, a zatim povezani opcijom Tool/Link [5].



Slika 4: Model kreiran u Second Life-u

4.2 DEFINISANJE ZAHTEVA ZADATAKA

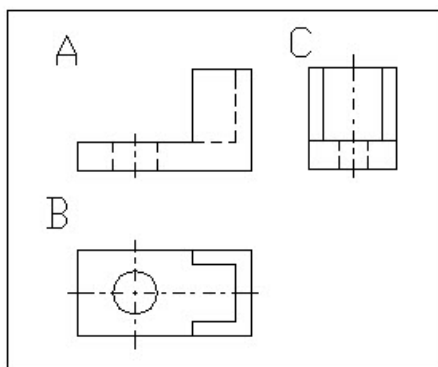
Na Moodle kursu u okviru druge sedmice postavljena su tri zadatka sa definisanim zahtevima. U nastavku će biti ukratko objašnjen svaki od zahteva zadataka.

U prvom zadatku od studenata se zahteva da nacrtaju potrebne izgledne na osnovu predstavljenog 3D modela u Second Life-u koji se nalazi na lokaciji slurl.com/secondlife/Sloodle/84/199/27 (predviđeno da se studenti prijave na ovu lokaciju). Studenti treba da crtež urade u AutoCAD-u ili CATIA-i i postave u prilogu na Moodle-u [6] (slika 5).



Slika 5: Zadatak 1 postavljen na Moodle kursu

U drugom zadatku studentima je u okviru Moodle kursa prikazana slika 5 sa izgledima odgovarajućeg modela. Potrebno je da studenti pristupe Second Life-u gde se na određenoj lokaciji nalazi više kreiranih modela među kojima i model čiji su izgledi prikazani.



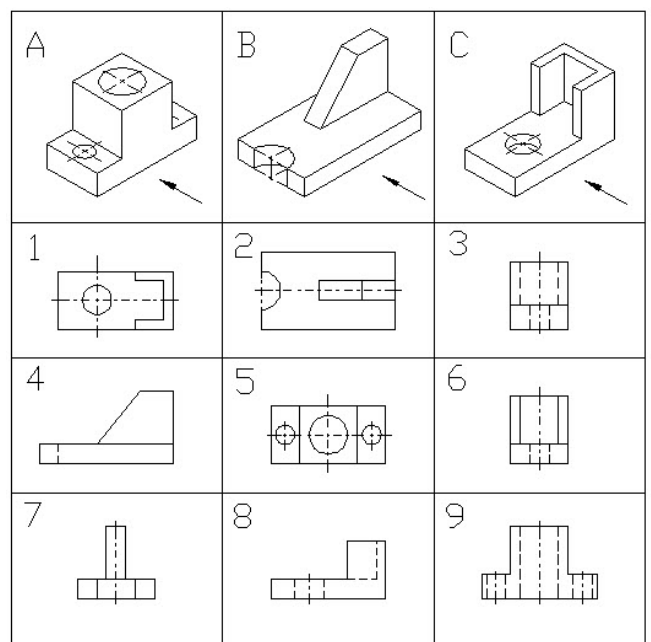
Slika 5: Izgledi odgovarajućeg modela

Zadatak studenata je da prepoznaju odgovarajući model i nakon toga model predaju u Prim Drop. Da bi studenti predali svoj zadatak potrebno je da podese "Copy/Transfer" dozvolu, zatim kliknu na Prim Drop alat (slika 6), odaberu Submit opciju i prevuku model u Prim Drop.



Slika 6: Upotreba Prim Drop alata

U trećem zadatku (slika 7) dati su izometrijski izgledi modela A, B i C, a ispod njih su nasumično poredani izgledi *a*, *b* i *c* tih modela [7]. Potrebno je da studenti odrede koja tri izgleda odgovaraju svakom od tih modela a zatim kreiraju modele na osnovu njihovih izometrijskih izgleda i predaju ih u Prim Drop alat (slika 8).



Slika 7: Sparivanje izometrijskih i ortogonalnih izgleda

Za razliku od prethodna dva zadatka kojima se proces vizuelizacije čini efikasnijim, ovaj zadatak studentima pruža mogućnost usavršavanja veštine kreiranja modela.



Slika 8: Predaja kreiranih modela

5. ZAKLJUČAK

U skladu sa Sloodle potencijalom za bolje razumevanje i vizuelizaciju trodimenzionalnih modela implementiran je kurs Računarska grafika. Nastava na kursu Računarska grafika dodatno je poboljšana kreiranim nastavnim materijalima i odgovarajućim Sloodle alatima. Nastavni materijali koji imaju značajnu ulogu u razvoju vizuelizacije jesu i zadaci. Postoji nekoliko tipova zadataka i njihov cilj je da studenti razviju smisao za vezu dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog prikaza modela i provere svoje znanje

koje se odnosi na crtanje odgovarajućih izgleda na osnovu 3D modela i obrnuto, da na osnovu izgleda kreiraju 3D modele.

LITERATURA

- [1] Sloodle site. Dostupno na: <http://www.sloodle.org/moodle/>
- [2] J. Brown, R. Adler, "Minds on Fire Open Education, the Long Tail, and Learning 2.0". Dostupno na: <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERM0811.pdf>
- [3] A. Mitrović, D. Milošević, M. Božović, "Applying Sloodle environment for Computing Graphics course preparation", ICL 2009, Villah, Austria
- [4] How Second Life Works. Dostupno na: <http://computer.howstuffworks.com/internet/socialnetworking/networks/second-life5.htm>
- [5] How To Build in Second Life. Dostupno na: <http://www.uncp.edu/home/acurtis/NewMedia/SecondLife/HowToBuildInSecondLife.html#sandboxes>
- [6] M. Božović, A. Mitrović, D. Milošević, "Using LSL to create student's assignments in Sloodle course computer graphics", International Educational Technology Conference, IETC 2010, April 26-28, 2010 Istanbul, Turkey, pp. 1674-1678.
- [7] Ž. Papić, D. Đorđević, "Tehničko crtanje sa nacrtom geometrijom" Kragujevac, 1996.

“BENCHMARKING” ZA OBEZBEĐIVANJE KVALITETA STUDISKIH PROGRAMA IZVOĐENIM PUTEM ELEKTRONSKOG UČENJA BENCHMARKING FOR QUALITY ASSURANCE OF E-LEARNING STUDY PROGRAMES

Ivan Kraljevski, Sime Arsenovski, *Faculty of ICT, FON University, Skopje, Republic of Macedonia*
Suzana Loskovska, *Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, University “St. Cyril and Methodius” in Skopje, Republic of Macedonia*

Sadržaj - Ovaј rad претставља и анализира тренутне бенчмаркинг шеме које се користе у процесу осигурања квалитета е-Learning (Distance learning) студијских програма и курсева. Анализа се фокусира првенствено на бенчмаркинг методологије и алате коришћене у Европи, али и пружа увид праксе и у другим деловима света.

Abstract - This paper surveys and analyzes current benchmarking schemes used for Quality Assurance (QA) in e-Learning (distance learning) study programmes and courses. The analysis focuses primarily on benchmarking methodologies and tools in Europe, but also provides insight in such practices elsewhere in the world.

1. INTRODUCTION

One of the most common definitions for Benchmarking is given by Robert Camp, the logistics engineer who initiated Xerox's benchmarking program: “Benchmarking is the search for industry best practices that lead to superior performance.” [1]. There are many other definitions some of them are more complicated while others are simpler. For example [2]:

“Put quite simply, benchmarking is the art of finding out in a completely straightforward and open way-how others go about organizing and implementing the same things you do or that you plan to do. The idea is not simply to compare your efficiency with others but rather to find out what exact process, procedures, or technological applications produced better results. And when you find something better, to use or copy it-or even improve upon it still further.”

In the context of the Academy/JISC Benchmarking of e-Learning Exercise, Derek Morrison offers the following operational definition (From the HEA/JISC e-Benchmarking Wiki):

“An opportunity facilitated by a recognized methodology, for rigorous institutional reflection and analysis of e-Learning provision, processes and practice which can be used to inform internal decision-making, policy, practice, and further development; and if desired, enables institution to draw their own comparisons with other institutions with whom they have established a relationship and who have undertaken a similar exercise”.

The wide appeal and acceptance of benchmarking has led to various benchmarking methodologies emerging. The most prominent methodology is the 12 stage methodology propounded by Robert Camp [1], which includes: 1. Select subject a head, 2. Define the process, 3. Identify potential partners, 4. Identify data sources, 5. Collect data and select partners, 6. Determine the gap, 7. Establish process, differences, 8. Target future performance, 9. Communicate 10. Adjust goal, 11. Implement and 12. Review/recalibrate.

Benchmarking is a management tool that has been applied in many areas of business. However in the case of universities it was mostly oriented to benchmarking of administrative processes; very little was directed toward e-Learning and only somewhat more was relevant. This has been changed over the period 2005-2008, when a large-scale e-Learning development programme, the Benchmarking and Pathfinder programme, has been funded by the Higher Education Funding Council for England (HEFCE) [3] and Excellence assessment scheme was developed between 2005-2007. The main goal of any benchmarking methodology is that the institution under survey has to undertake a fundamental analysis of its own e-Learning processes, provision and practice on which its own future development decisions could be based.

Benchmarking schemes consists of a suite of quantitative and qualitative indicators on the uptake, use and impact of e-Learning in the institution under survey. These indicators are used to design items for a survey to gather quantitative data for benchmarking. The data formed baseline indicators that are used to establish organizational goals and benchmarks for e-Learning. The benefits of benchmarking are categorized under three purposes: reporting, performance management, and service improvement. A set of practical strategies is derived from the cases for consideration by other organizations interested in benchmarking e-Learning services.

This paper surveys and analyzes current benchmarking schemes used for Quality Assurance (QA) in e-Learning (distance learning) study programmes and courses. The analysis focuses primarily on benchmarking methodologies and tools in Europe, but also provides insight in such practices elsewhere in the world. The broader insight is given for the Excellence because of its significance and influence in the European Higher Education Area, respectively eMM (e-learning Maturity Model) for the universities in UK as well as Australia and New Zealand [18].

2. BENCHMARKING IN E-LEARNING

In recent years there has been immense growth in the application of benchmarking methodologies specifically to

university use of educational technology, initially in New Zealand, then in Europe including the UK under the auspices of the Higher Education Academy and most recently spreading to the US. There are many benchmarking projects and initiatives developed under EU projects, like:

- BENVIC 1999-2001 [4], uses eight core meta-indicator associated with a range of assessment measurements (indicators) which enables BENVIC users to carry out an initial benchmarking diagnostics. There are in total 72 structural and practice indicators which are metrically based, i.e. are scored on a scale of 0-2.
- CHIRON [5] is an EU-funded project (under the Leonardo programme) whose aim is "to develop reference material presenting and analyzing research outcomes, experiments and best practice solutions for new forms of e-Learning, based on integration of broadband web, digital TV and mobile technologies for ubiquitous applications in the sector of non-formal and informal life-long learning". As part of this brief, CHIRON appears to be developing a benchmarking methodology. There are 11 criteria, divided into a total of 216 indicators. Most of the indicators are best described as specific and rather detailed e-Learning standards and guidelines (for example on house style, usability, etc).
- ELTI [6] audit was originally developed as part of a JISC project and was designed to inform the process of embedding learning technologies, assist in developing appropriate institutional structures, culture and expertise and to encourage cross boundary collaboration and groupings. The ELTI approach focuses on: three general areas for exploration: Culture, infrastructure, and expertise. 12 key factors are identified, four in each area, up to 10 indicators are agreed, to reflect in situational context, for each factor indicators are expressed as positive statements, which can be assessed according to a 1-5 scale but can also include qualitative statements.
- ACODE [7] is a benchmarking scheme under development by the Australasian Council on Open, Distance and e-Learning. It is a criterion-based system where criteria (divided into eight main benchmark areas) are scored on a 1-5 scale with the help of scoring statements. It takes a relatively wide view of e-Learning, ensuring linkage with general learning and teaching, with IT and with staff development processes.
- IQAT [8] formally launched in June 2006, is a relatively new benchmarking and quality enhancement methodology developed by Hezel Associates, a well-known firm of e-Learning consultants, in conjunction with a number of university partners. It is a commercial and proprietary web-based tool to track and benchmark institutional data systematically across time and among peer institutions.
- MASSIVE [9] is an EU-funded project coordinated by the University of Granada. MASSIVE promotes a peer review evaluation approach, based on models widely tested by the university partners. Via Peer Review Visits,

those in charge of the best support services practices will help each university to refine and improve their support services for e-Learning. At this point the project becomes very similar to a benchmarking project.

- MIT90s [10] framework has been used by the University of Strathclyde (one of the 12 institutions in the Higher Education Academy Benchmarking Pilot) to assist in the structuring of its approach to benchmarking e-Learning. The latest version (2.0) of the Pick & Mix methodology uses the MIT90s framework for tagging its criteria in the Pick&Mix 2.0 release.
- Pick&Mix [11] is one of the methodologies being trialled in the Higher Education Academy Benchmarking Pilot, by three universities: University of Chester, University of Leicester, Staffordshire University. Pick & Mix was first developed in 2005 after an extensive literature search to suit the needs of Manchester Business School for a comparative methodology for benchmarking e-Learning, and a beta version of 1.0 used for a study of 12 comparable institutions to Manchester Business School.
- OBHE [12] is benchmarking methodology run by the Observatory on Borderless Higher Education. The OBHE methodology is a collaborative benchmarking methodology where a group of institutions get together and jointly agree relevant areas of interest (in this case, within the e-Learning space) and in a later phase, look for good practices.
- Open ECBCheck [13] is accreditation and quality improvement scheme for e-Learning programmes and institutions in international Capacity Building. It supports capacity building organisations to measure how successful their e-Learning programmes are and enables continuous improvement through peer collaboration and benchmarking. During the (re) certification process the applying organisation is provided with a ToolKit (online digital benchmark tool based on Excel) that is the foundation for the institution to perform an extensive self-assessment based on a catalogue of quality criteria.

Five of the above listed benchmarking technologies were used in the Benchmarking and Pathfinder programme: ELTI, eMM, MIT90s, OBHE/ACU, Pick&Mix and 77 institutions had undertaken an internal e-learning benchmarking exercise using one of the used benchmarking approaches [3].

While E-xcellence is used in many benchmarking exercises of European universities co-organized by EADTU (European Association of Distance Teaching Universities) and ESMU (European Centre for Strategic Management of Universities).

3. E-XCELLENCE

E-xcellence is a web-based instrument focusing on e-Learning in higher education. It is a quality benchmarking assessment tool that covers the pedagogical, organisational and technical frameworks with special attention on accessibility, flexibility and interactivity [14]. E-xcellence

is a product of a two-year project started in 2005 with the support of the eLearning Programme of the European Commission (DG Education and Culture), where the main objective was to set a standard for Quality in e-learning. The project was started and conducted by EADTU cooperating with experts from other 12 European institutions with significant experience in the field of e-Learning. The objective of the project was to provide a supplementary instrument which may be used with these QA processes to allow the consideration of e-Learning developments as a specific feature. In a first stage (2005-2007), the E-xcellence instrument has been developed. In the second stage (2008-2009), E-xcellence was updated with the involvement of some 50 universities and 10 assessment and accreditation agencies in intensive local seminars (at national level).

An important aspect of E-xcellence is that it offers a European-wide set of benchmarks, independent of particular institutional or national systems, and with guidance to educational improvement. As well, there are also three orientations of the methodology:

- Assessment tool, at both institutional and programme level (i.e. benchmarking);
- Quality improvement tool, used in internal quality care system;
- Accreditation tool for e-Learning study programme and courses accreditation.

The basis of the E-xcellence benchmarking process is to use an instrument that is built on dialogue, by stimulating dialogue in a collaborative process to create an environment of learning from numerous best practices that can differ from country to country and give valuable input for dialogue. The instrument is based on the E-xcellence manual which contains the benchmark statements, along with the criteria and indicators: Strategic Management, Curriculum Design, Course Design, Course Delivery, Staff Support and Student Support. The instrument is supplemented by a full online manual available under the "creative commons license" at www.eadtu.nl/e-xcellenceqs.

EADTU started in 2008 with E-xcellence+ to valorising the developed QA tools. E-xcellence+ promotes the use of E-xcellence European wide and provides increased performance and innovation in e-Learning by promoting e-Learning specific benchmarking. The E-xcellence+ consortium consists of expert representatives from open universities, traditional universities and assessment and accreditation bodies in higher education and adult educational ready covering 13 countries and reaching out to the rest of Europe.

E-xcellence Tools

The E-xcellence instrument consists of a manual and assessors notes to assess the institution on its eLearning performance. The manual is based on 32 benchmarks directly related to e-Learning specific quality criteria. These form the basis for self-assessment exercise. Quickscan is a web based tool which enables easier guidance and decision making which chapters (benchmarks) are of interest for the institution, which can be applied in three ways:

- The quick scan as a quick orientation (basic option)
- The quick scan with a review at a distance (extended option)

- The quick scan with an on-site assessment - Full assessment (most comprehensive option)

The quick scan as a quick orientation

The quick scan is developed to give a first orientation on the strengths of e-Learning performance and fields of improvement in one institution. These fields of improvement require further attention and will be the basis for working with the manual and assessors notes. The online questionnaire requires to be filled out by different disciplines in an organisation coming from management, course designers, tutors and students. The result of doing the Quick Scan must be an agreed overview of benchmarks that fit the institution as well as a number of benchmarks that ask for an action line in the roadmap of improvement. Each statement has to be considered and judged, in other words how this aspect of e-Learning is realized in the course or programme of the particular institution or faculty. The instrument offers the opportunity to make comments on the specific issues by indicating: Not Adequate, Partially Adequate, Largely Adequate or Fully Adequate.

The quick scan with a review at a distance

The starting point for this extended option is the using of basic quick scan. To prove that the answers that were filled out in the scan are based on solid facts, reference material and a roadmap of improvement are required. The reviewers look into the evidence at a distance and deliver a report on overall performance and recommendations for improvement. This assessment will enable to determine the performance of the evaluated e-Learning programmes and to pinpoint the requirements for further enhancement. For receiving the E-xcellence Associations Label the institution are required to integrate the relevant benchmarks in its internal Quality Assurance system. This will guarantee a continuous and repeated use of the E-xcellence benchmarks.

The quick scan with an on-site assessment

This option Full assessment is the most comprehensive option. It is similar to the previous one except that e-Learning experts (reviewers) will visit the university and do an on-site assessment. Officials from the institution will meet up with the reviewers, and in face-to-face communication they will receive recommendations and advice for improvement.

4. E-LEARNING MATURITY MODEL

e-Learning Maturity Model (eMM) [15] is a quality improvement framework based on the ideas of the Capability Maturity Model (CMM) [16] and ISO/IEC 15504 - SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination) methodologies [17]. The underlying idea that guides the development of the eMM is that the ability of an institution to be effective in any particular area of work is dependent on its capability to engage in high quality processes that are reproducible and able to be extended and sustained as demand grows.

A key aspect of the eMM is that it does not rank institutions, but rather acknowledges the reality that all institutions will have aspects of strength and weakness that can be learnt from and improved. Any benchmarking approach that presumes particular e-Learning technologies or

pedagogies is unlikely to meaningfully assess a range of institutions within a single country, let alone allow for useful international collaboration and comparison, particularly over an extended period of time.

The eMM provides a set of thirty-five processes, divided into five process areas, which define a key aspect of the overall ability of institutions to perform well in the delivery of e-Learning. Each process is selected on the basis of its necessity in the development and maintenance of capability in e-Learning. Capability in each process is described by a set of practices organised by dimension.

Key Concepts of the eMM

Capability describes the ability of an institution to ensure that e-Learning design, development and deployment meet the needs of students, staff and institution. Critically, capability includes the ability of an institution to sustain e-Learning delivery and the support of learning and teaching as demand grows and staff changes.

The concept underlying the eMM's use of dimensions is holistic capability. Rather than the model to measure progressive levels, it describes the capability of a process from the synergistic perspectives of Delivery, Planning, Definition, Management and Optimisation. An organization that has developed capability on all dimensions for all processes will be more capable than one that has not. It is possible to conduct multiple eMM assessments within a single institution, thus gaining insights about disciplinary, structural or other organizationally important divisions of the institution.

The eMM divides the capability of institutions to sustain and deliver e-Learning into five major categories or process areas that indicate clusters of strongly related processes.

- Learning: Processes that directly impact pedagogical aspects of e-Learning (10 processes);
- Development: Processes surrounding the creation and maintenance of e-Learning resources (7 processes);
- Support: Processes surrounding the support and operational management of e-Learning (6 processes);
- Evaluation: Processes surrounding the evaluation and quality control of e-Learning through its entire lifecycle (3 processes);
- Organisation: Processes associated with institutional planning and management (9 processes);

Each process in the eMM is broken down within each dimension into practices that define how the process outcomes might be achieved by institutions. These practices are either essential for the process to be successfully achieved or just useful in supporting the outcomes of the particular process. The practices are intended to capture the key essences of the different dimensions of the processes as a series of items that can be assessed easily in a given institutional context.

Each practice is rated for performance during an assessment from not adequate to fully adequate either by an external assessor or a self-assessor by reference to the practice statement. The ratings at each dimension are done on the basis of the evidence collected from the institution and are a combination of whether or not the practice is performed, how well it appears to be functioning, and how prevalent it appears to be. Once each practice has been assessed, the results are averaged as a rating for the given dimension of the process. The current version of the eMM was applied to eleven New Zealand institutions and one, much larger, UK institution [18].

5. CONCLUSIONS

This paper presents a short review of the most common benchmarking methodologies that are used in the EHEA and Australia and New Zealand. These methodologies emerged as a result of numerous projects focused particular accreditation and quality assurance of e-Learning study programmes. More insight was given for the Excellence and eMM because of their widespread usage in many benchmarking exercises among European Universities and universities in UK and Australia.

REFERENCES

- [1] Robert C. Camp, *Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance* (Milwaukee, WI; Quality Press, 1989), p. 12.
- [2] Blake Harris, "Best Practices Emerge from the Synergy of Technology, Processes, and People," *Emerging Technologies, Supplement to Government Technology*, (Oct. 1995), p. 16.
- [3] e-Learning benchmarking & pathfinder programme http://www.heacademy.ac.uk/assets/York/documents/Benchmarking/Benchmarking_FINAL.pdf
- [4] <http://www.benvic.odl.org/>
- [5] <http://semioweb.msh-paris.fr/chiron/>
- [6] <http://elearning.heacademy.ac.uk/wiki/index.php>
- [7] <http://www.acode.edu.au>
- [8] <http://www.iqat.org>
- [9] <http://cevug.ugr.es/massive/>
- [10] <http://business.heacademy.ac.uk/assets/York/documents/ourwork/tla/MIT90s.pdf>
- [11] <http://www.matic-media.co.uk/benchmarking.htm>
- [12] www.obhe.ac.uk
- [13] <http://www.qualityfoundation.org/openecbcheck/>
- [14] <http://www.eadtu.nl/e-xcellence/>
- [15] <http://www.utdc.vuw.ac.nz/research/emm/index.shtml>
- [16] <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/start/>
- [17] http://csqa.info/iso_iec_15504_also_known_as_spice
- [18] Marshall, S.J., Mitchell, G, *Benchmarking International e-Learning Capability with the e-Learning Maturity Model*. In *Proceedings of EDUCAUSE in Australasia 2007*, 29 April - 2 May 2007, Melbourne, Australia.

IMPLEMENTACIJA INFORMACIONOG SISTEMA SA ASPEKTA FUNKCIONISANJA APLIKACIJA ELEKTRONSKI DNEVNIK IMPLEMENTATION OF INFORMATION SYSTEM IN VIEW FUNCTIONING OF APPLICATION ELECTRONIC DIARY

Jezdimir Obadović, JUSSŠ „Vukadin Vukadinović“, Medicinski fakultet, Visoka medicinska škola, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj: U radu se u skladu sa savremenim trendovima informacionog društva, ukazuje da živimo u „društvu učenja i znanja“, „novoj informacionoj civilizaciji“ i „umreženom društvu“, sa primjenom informaciono-komunikacionih tehnologija, kao i na rastući značaj školskog elektronskog dnevnika za ostvarivanje uspješne komunikacije između porodice i škole. Roditelji lako dobijaju podatke o ocjenama, izostancima i vladanju svog djeteta. Profesori se više ne suočavaju sa mukotrpnim poslom „sređivanja dnevnika“. Predviđeno je da se djelovi aplikacija srednjoškolskog elektronskog dnevnika povežu sa Ministarstvom prosvjete i nauke, Ispitnim centrom, Zavodom za školstvo i Univerzitetom Crne Gore, kako bi svi imali brz uvid u sve aspekte nastavnog i obrazovnog procesa. Prognozira se da će elektronski dnevnik potpuno izbaciti klasične školske dnevnike iz upotrebe i zamijeniti ih računarima u budućnosti. Ovakav pristup u kombinaciji sa savremenim softverskim rješenjem za prikaz podataka na daljinu učinili su manipulaciju podacima nemjerljivo efikasnijom i efektivnijom, kroz uključivanje svih pedagoških radnika u informatičko društvo.

Ključne riječi: Informacioni sistem, školski elektronski dnevnik, računar.

Abstract: The paper is in line with current trends of information society, points out that we live in a society of learning and knowledge, "new informational civilization" and "networked society", the application of information and communication technologies and the growing importance of academic electronic journal for exercise effective communication between home and school. Parents easily get information about grades, truancy and behavior of their children. Teachers are no longer faced with the laborious work "arrangement dnavnika. It is envisaged that the secondary parts of the application of e-journal link from the Ministry of Education and Examination Center, the Institute of Education and the University of Montenegro, so that all had prompt access to all aspects of teaching and educational process. It is predicted that the electronic diary completely remove the classical school diaries from the use of computers and zameniti them in the future. This approach, combined with modern software solution for data display remote data manipulation have made immeasurably more efficient and effective, through the inclusion of pedagogical workers in the information society.

Key words: Information system, school electronic diary, computer.

1. UVODNE NAPOMENE

Informatika, kao uslužna naučna disciplina i oblast ljudskog djelovanja, vrtoglavo se razvija globalizacijom primjene informaciono-komunikacionih tehnologija (u daljem tekstu IKT). Ona se ne može posmatrati izolovano od računarske tehnike i automatizacije, već obuhvata računarsku nauku, informacione sisteme (u daljem tekstu IS) i IKT-u.

Primjena IKT-a sve je prisutnija u svim sferama života i rada savremenog čovjeka.

IS-i nam olakšavaju svakodnevne obaveze, štede naše vrijeme i obezbjeđuju pristup različitim informacijama nezavisno od mjesta na kome se nalazimo.

Pojam IS-a je jedan od pojmova koji je posljednjih nekoliko decenija prisutan u svim domenima ljudske djelatnosti. U svakodnevnoj komunikaciji prisutna je njegova česta upotreba sa dosta različitim terminološkim značenjima i definicijama.

IS-m predstavlja skup ljudi, materijalnih sredstava i postupaka koji služe za proizvodnju i komuniciranje informacija za potrebe obrazovnog sistema. On olakšava svakodnevne obaveze, šteti naše vrijeme i obezbjeđuje

pristup različitim informacijama nezavisno od mjesta na kome se nalazimo.

U radu je opisano iskustvo stečeno u projektnoj pilot implementaciji aplikacije „elektronski dnevnik“ urađene za potrebe Ministarstva prosvjete i nauke Crne Gore (u daljem tekstu MPiNCG), koji se realizuje na sjeveru Crne Gore, u sve četiri srednje škole opštine Berane. Projekat je zasnovan na MEIS-u (Montenegrin Educational Information System - Crnogorskom obrazovnom informacionom sistemu) i inkorporiran od školske 2010/2011. godine u redovne školske aktivnosti.

Način na koji su aplikacije elektronskog dnevnika povezane predstavlja strukturu sistema, namijenjenu nastavnom osoblju škole radi vođenja odjeljenjske knjige, odnosno dnevnika o odjeljenju. Obuhvata radnje i procese za koje je najčešće zadužen odjeljenjski starješina i koji uključuju „sređivanje dnevnika“.

Elektronski proces automatizuje većinu poslova vezanih za statistiku odjeljenja, kao što su: evidencija o odjeljenju, filtriranje podataka, izvještaj o spisku učenika, upis i ažuriranje podataka o učeniku, pregled ocjena učenika, pregled vannastavnih aktivnosti, pregled psihološkog profila

učenika, evidenciju podjele nastavnih predmeta, evidenciju izbornih predmeta, promjenu predmetnih profesora, pregled ocjena, kreiranje rasporeda časova, evidenciju razreda, evidenciju smjerova, definisanje osnovnih podataka, definisanje imena odjeljenja, definisanje smjena, definisanje nastavnog jezika, definisanje godišnjih planova (odjeljenjskog vijeća i starješine).

Školski elektronski dnevnik omogućava elektronsko arhiviranje ocjena učenika i njihovo publikovanje putem Interneta.

U obrazovnom sistemu Crne Gore, iz dana u dan se u sve većoj mjeri koristi savremena IKT-a koja omogućava ne samo inoviranje nastavnog procesa, već i elektronsko komuniciranje sa učenicima, njihovim roditeljima, drugim školama i MPiNCG-e, uz mogućnost publikovanja nastavnih sadržaja i ostalih značajnih informacija za navedene subjekte. U tom kontekstu, a u cilju modernizacije i olakšanja komunikacije profesora sa učeničkim roditeljima, konstruisan je softverski paket pod nazivom elektronski dnevnik.

2. PEDAGOŠKI ASPEKT

Elektronski dnevnik se u relevantnoj literaturi definiše kao softverski paket za elektronsko ocjenjivanje učenika i arhiviranje ocjena, uspjeha i vladanja učenika sa publikacijom ocjena za roditelje, na kraju prvog, drugog, trećeg i četvrtog klasifikacionog perioda putem Interneta.

Ocjenjivanje se ne vrši elektronskim putem, već se nakon praćenja i vrednovanja učeničkih postignuća u toku klasifikacionih perioda (I, II, III i IV), po principima pedagoške dokimologije, ocjene „unose“ u školski elektronski dnevnik.

Prednosti elektronskog nad tradicionalnim dnevnikom su višestruke. Unijete ocjene se arhiviraju i čuvaju za potrebe u budućnosti, kao i od neovlašćenog dopisivanja i ispravljanja ocjena ili eventualne krađe tradicionalnih dnevnika. U tom smislu dolazi i do smanjivanja pokušaja prepravke podataka i od strane učenika i profesora, a samim tim i broja neopravdanih izostanaka učenika sa nastave i izrečenih disciplinskih mjera u skladu sa Zakonom o stručnom obrazovanju.

Pored ažuriranja statističkih podataka i ocjena po nastavnim predmetima, klasifikacionim periodima i odjeljenjima, što je dragocjeno za potrebe unutar škole, najveći značaj elektronskog dnevnika je u blagovremenoj distribuciji ocjena, izostanaka i svih ostalih informacija koje su bitne, učeničkim roditeljima i MPiNCG-e.

Uvođenjem elektronskog dnevnika škole će imati značajne baze podataka za potrebe MPiNCG-e, a na taj način će moći da se vrši i ocjenjivanje profesora, kao i komparacija ocjena po različitim varijablama sa ostalim školama.

3. ADMINISTRATIVNI ASPEKT

Školski elektronski dnevnik služi za praćenje ocjena i izostanaka učenika, putem Interneta. Svaki prosvjetni radnik dobija pristupnu šifru putem koje može da pristupi elektronskom dnevniku.

Opcioni način funkcionisanja elektronskog dnevnika:

- pokretanje Interneta,
- pokretanje Mozille Firefox,

- logovanje u sistem preko web sajta <https://www.meisportal.edu.me/>,

- administracija odjeljenja, primjer 1-2.

Primjer 1. Svi prosvjetni radnici JUSŠ „Vukadin Vukadinović“ iz Berana, dobili su svoje korisničko ime (npr. luka.o) i lozinku (npr. berane123), koje trebaju unijeti u okvir administracije odjeljenja.

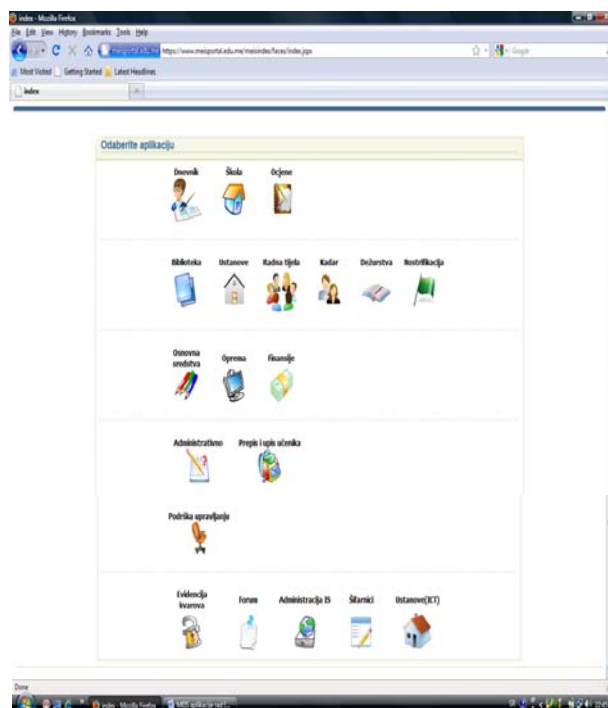
Primjer 2. Po unošenju korisničkog imena i lozinke, ispod okvira administracije odjeljenja, treba trenutna slova sa slike (npr. fayth), unijeti u dati okvir, a zatim kliknuti na okvir *Prijavi se*, **slika 1**.

Slika 1. Prijavljivanje na elektronski dnevnik

Bezbjednost svih podataka je na visokom nivou, bez mogućnosti pristupa od strane neovlašćenih lica.

4. MEIS APLIKACIJA ELEKTRONSKI DNEVNIK

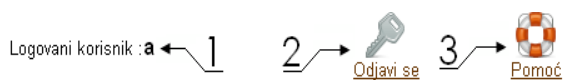
MEIS aplikacija elektronski dnevnik, predviđena je samo za profesore škole, npr. JUSŠ „Vukadin Vukadinović“. U praksi, profesor nakon održanih časova dolazi do računara radi unosa informacija o učenicima u odjeljenjsku knjigu, odnosno dnevnik, npr. prvog razreda, 1tt odjeljenja, obrazovnog programa: turistički tehničar, ili radi unosa ocjena učenicima. Odjeljenjski starješina, odnosno profesor, se prijavljuje na način opisan **slikom 1**. Nakon prijave, profesor dobija opšti izgled MEIS aplikacije elektronskog dnevnika, prikazan **slikom 2**.



Slika 2. MEIS aplikacije elektronskog dnevnika

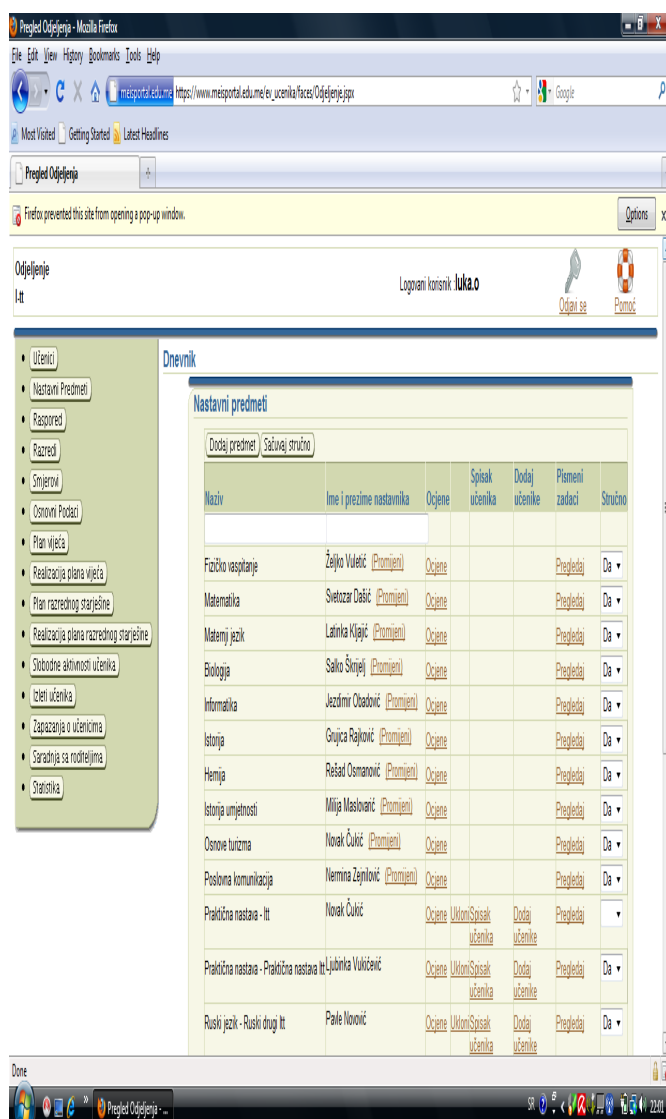
Odjeljenjski starješina bira aplikaciju **Dnevnik**. Nakon čega se dobija na vrhu svake stranice zaglavlje aplikacije, koje sadrži:

- 1) informaciju o tome koji korisnik je prijavljen na sistem (npr. *luka.o*),
- 2) link putem koga je moguće odjaviti se sa sistema,
- 3) link putem koga je moguće pristupiti korisničkom uputstvu, **slika 3**.



Slika 3. Zaglavlje MEIS aplikacije

Početna forma glavnog menija MEIS aplikacije elektronskog dnevnika, **slika 4**.



Slika 4. Glavni meni elektronskog dnevnika

Odabirom prve stavke **Učenici** (slika 4), u centralnom dijelu forme prikazuje se tabela koja sadrži spisak učenika odjeljenja. Izgled tabele prikazan je na **slici 5**. Pored spiska učenika-ca, tabela sadrži i linkove koji obuhvataju radnje i procese koji uključuju „sređivanje dnevnika“.



Slika 5. Tabela koja sadrži spisak učenika 1tt odjeljenja

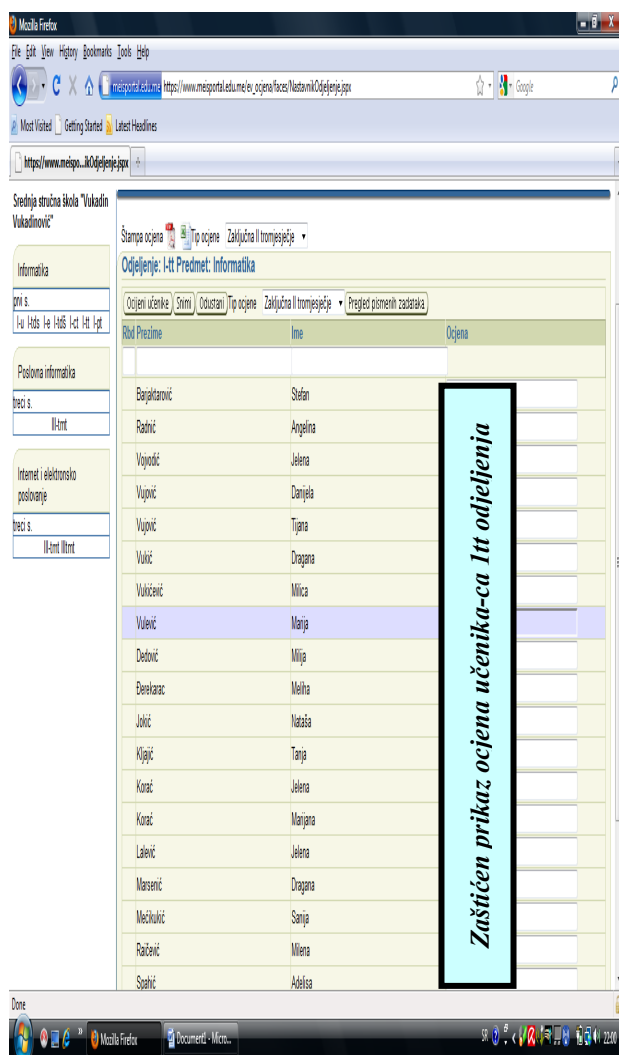
Osim spiska učenika (slika 5), tabela sadrži linkove na stranice koje sadrže informacije o ocjenama, izostancima, itd. Pošto tabela sadrži veći broj podataka podržana je funkcija filtriranja podataka. Dok, zaglavlje sadrži tekstualna polja namijenjena unosu filtra označena sa **Razred**. Moguće je vršiti filtriranje podataka po imenu, prezimenu i JMBG-u učenika-ca.

Zaglavlje tabele sadrži i dugme putem kojeg se pokreće kreiranje izvještaja o spisku učenika-ce. Rezultat kreiranja izvještaja je statistički PDF dokument koji sadrži osnovne informacije o učenicima. Moguće je generisati izvještaj i u drugim formatima.

Forma za unos i ažuriranje podataka o učeniku-ci vrši se na osnovu JMBG-a učenika. Identifikovanje učenika vrši se na osnovu JMBG-a. Moguće je i provjeriti da li učenik sa datim matičnim brojem postoji u sistemu ili ne postoji. Provjera se vrši pomoću dugmeta označenog sa **Provjeri**. Ako unijeti JMBG-a postoji u sistemu, korisniku se prikazuje ime i prezime učenika. U suprotnom, prikazuje se odgovarajuća poruka. U takvim situacijama potrebno je unijeti učenika u sistem. Po unosu učenika u sistem tj. definisanju svih potrebnih polja, podaci se trebaju sačuvati klikom na dugme **Novi?** Podatke o učenicima moguće je

naknadno mijenjati. Forma za ažuriranje podataka identična je formi za unos novog učenika-ce.

Kada predmetni profesori odaberu aplikaciju **Ocjene**, putem tabele koja sadrži spisak učenika, npr. 1tt odjeljenja, mogu da unese ocjene po tipu (usmeni, pismeni, kontrolni, ...) i klasifikacionim periodima (I, II, III i IV), kada im to odgovara. Ocjene su zapamćene za svakog učenika i svaki nastavni predmet, a profesor može da vidi samo ocjene za nastavni predmet koji predaje, dok odjeljenjski starješina može da vidi ocjene iz svih nastavnih predmeta tj. odjeljenja u kojem je razredni. Sve je to vizuelno dočarano brojevima. Ocjene se unose svakodnevno ili najkasnije do kraja radne sedmice, i to čine profesori. Elektronski dnevnik bilježi i ispisuje datum kada je ocjena unijeta i koji je tip ocjene. Link na stranici za unos i pregled ocjena učenika-ca, **slika 6**.



Slika 6. Unos ocjena iz nastavnog predmeta Informatika u 1tt odjeljenju, obrazovnog programa - turistički tehničar

Zadnja stavka kod aplikacije **Dnevnik** iz glavnog menija **Statistika** prikazuje:

- sve ocjene po nastavnim predmetima,
- ocjene,
- izmjene ocjena za sve učenike,
- izostanke za sve učenike,
- ocjene za sve učenike,
- ocjene na kraju klasifikacionih perioda za učenike,

- ocjene na kraju klasifikacionih perioda (I, II, III i IV) za sve nastavne predmete,
- opšti uspjeh 1tt odjeljenja,
- opšti uspjeh učenika iz 1tt odjeljenja.

5. ZAKLJUČAK

Primjena IKT-a sve je prisutnija u svim sferama života i rada savremenog čovjeka. IS-i nam olakšavaju svakodnevne obaveze, štede naše vrijeme i obezbjeđuju pristup različitim informacijama nezavisno od mjesta na kome se nalazimo.

Analiza, praćenje i evaluacija obrazovnog procesa Crne Gore je složen i odgovoran posao. Zahtijeva stalno preispitivanje postojećih rješenja, uspostavljanje objektivnih kriterijuma, uvažavanje realnih ograničenja i projektovanje održivih ciljeva.

Elektronski dnevnik je savremena zamjena za tradicionalne metode prikupljanja, organizovanja, čuvanja i prezentovanja podataka vezanih za rad obrazovnih ustanova (škola) i podataka vezanih za rad i uspjeh učenika.

Elektronski dnevnik služi za praćenje ocjena i izostanaka učenika, putem Interneta. Svaki roditelj dobiće pristupnu šifru putem koje može da pristupi stranici samo njegovog djeteta, ali ne i ostalih učenika.

Elektronski dnevnik ažuriraće se svakodnevno ili najkasnije do kraja radne sedmice. Ocjene se unose svakodnevno, i to čine predmetni profesori. Uz ocjene bilježi se i ispisuje datum kada je ocjena unijeta, tip ocjene i klasifikacioni period za koji je ocjena data. Ocjene su zapamćene za svakog učenika i svaki predmet, a profesor može da vidi samo ocjene za predmete koje predaje.

Izostanci učenika moraju se unijeti do kraja sedmice.

Kompletna statistika odjeljenja dobija se automatski. Profesori su pošteđeni pisanja raznih listi, naročito po klasifikacionim periodima. Svi izvještaji dobijaju se za nekoliko sekundi, sa par klikova mišem. Mukotrpan posao koji se zove „sređivanje dnevnika“ sada traje samo nekoliko minuta. Prosječne ocjene po nastavnim predmetima za odjeljenje, za svakog učenika-cu pojedinačno, pregled izostanaka, svjedočanstva i matične knjige ili upisnice, automatizuje se i postaje dostupan kroz te izvještaje.

Elektronski dnevnik je samo dio aplikacije urađene za potrebe MPiNCG-e u okviru projekta MEIS. Pored elektronskog dnevnika, aplikacija obuhvata finansijsko i materijalno poslovanje obrazovnih institucija, evidenciju računarske i druge opreme, administrativno poslovanje, školske biblioteke i evidenciju kadrova.

Predviđeno je da se djelovi aplikacije povežu sa aplikacijama Ispitnog centra, Zavoda za školstvo i Univerziteta Crne Gore.

Prognozira se da će u budućnosti elektronski dnevnik izbaciti klasične dnevnike iz upotrebe i zamijeniti ih PC-ma.

LITERATURA

- [1] Elektronski dnevnik, <https://www.meisportal.edu.me/>, veb sajt posjećen decembra 2010.
- [2] JU Srednja stručna škola „Vukadin Vukadinović“, Berane, *Odjeljenjska knjiga (dnevnik rada), prvog razreda, 1tt odjeljenja, obrazovnog programa - turistički tehničar*, školske 2010/2011. god.

SIGURNOST SISTEMA ZA UPRAVLJANJE UČENJEM SECURITY OF THE LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS

Marjan Milošević, Danijela Milošević, *Tehnički fakultet Čačak*
Dragan Pleskonjić, *Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd*

Sadržaj-U radu je prikazana analiza opšteg sigurnosnog modela sistema za upravljanje učenjem i formulisani su zahtevi koji se postavljaju pred odgovarajuće sigurnosne mehanizme. Obuhvaćeni su aspekti zaštite prateće softverske platforme. Primenjena je metodologija analize sigurnosnih rizika. Dat je pregled ugrađenih mehanizama u jednom od najpopularnijih LMS-ova Moodle.

Abstract - In the paper there is given an analysis of the Learning Content Management Systems security model and also there are formulated requirements set before the appropriate security mechanisms. The related platform security issues are considered too. The methodology of security risk analysis has been used. There is also given a preview of the built-in mechanisms of one of the most popular LMSs - Moodle.

1. UVOD

Sistem za upravljanje učenjem (LMS - Learning Management System) predstavlja softversku platformu za sprovođenje nastave/učenja zasnovanog na vebu. LMS omogućuje isporuku elektronskih sadržaja za učenje, praćenje napredovanja učenika, kolaboraciju, podržava standardizaciju sadržaja, integraciju sa informacionim sistemom organizacije, plaćanje itd [1]. U užem smislu, LMS je softver za upravljanje kursovima koji su unapred pripremljeni u posebnim alatima. LCMS (Learning Content Management System) je softver koji poseduje većinu osobina LMS-a uz mogućnost izgradnje kurseva iz manjih jedinica. U nastavku će se pod pojmom LMS podrazumevati i LCMS.

Podaci koji se koriste kroz LMS predstavljaju vlasništvo obrazovne institucije, a kursevi mogu biti zaštićeni autorskim pravima kreatora - nastavnika.

LMS, kao vitalan deo softverske infrastrukture za e-učenje, mora ispuniti pedagoške zahteve, i mora biti jednostavan za korišćenje, a sa druge strane mora ispuniti zahteve vezane za performanse, skalabilnost i sigurnost.

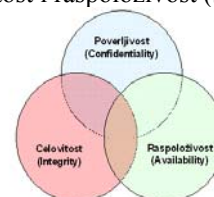
LMS se projektuje u vidu veb aplikacije kroz troslojni (three-tier) model, koji sadrži sloj aplikacije, sloj prezentacije i sloj podataka. Sloj prezentacije formiraju klijentska strana (veb-čitač) i veb-server i prateće tehnologije kao što su HTML i XML. Aplikativni sloj čine programski moduli uz pomoć kojih se izvršava logika softvera i ovde spadaju CGI, Servleti, PHP itd. U sloju baze podataka figurišu serveri baza podataka, RSS izvori i sl.

Sa porastom popularnosti e-učenja u formalnim sistemima obrazovanja, pojavila se potreba za sistematičnijim definisanjem zahteva koji se postavljaju pred model sigurnosti LMS-a. Sigurnost LMS-a ne može se razmatrati nezavisno od okružujuće IT infrastrukture, tj. od sigurnosti samog servera, rutera i drugih elemenata, već se razmatra integralno. Ovakav celovit pristup poznat je kao holistički.

U nastavku će biti izložena analiza sigurnosnog modela LMS-a, sa ciljem definisanja okvira sigurnosnih standarda koji treba da ispuni jedan LMS.

2. ANALIZA RIZIKA

Sigurnosni model LMS-a može se posmatrati kroz ostvarivanje povezanog trojstva sigurnosnih ciljeva: poverljivost, celovitost i raspoloživost (Slika 1) [2].



Sl. 1 Ciljevi sigurnosti

Poverljivost podrazumeva očuvanje tajnosti korisničkih i sistemskih podataka. LMS čuva lične podatke korisnika, koji iziskuju privatnost, kao i različite podatke vezane za sam proces elektronskog učenja. Ovi podaci se mogu kategorisati od malo osetljivih (kao što su lekcije, statički dokumenti) do veoma osetljivih, kao što su lozinke, mejl-adrese i sl.

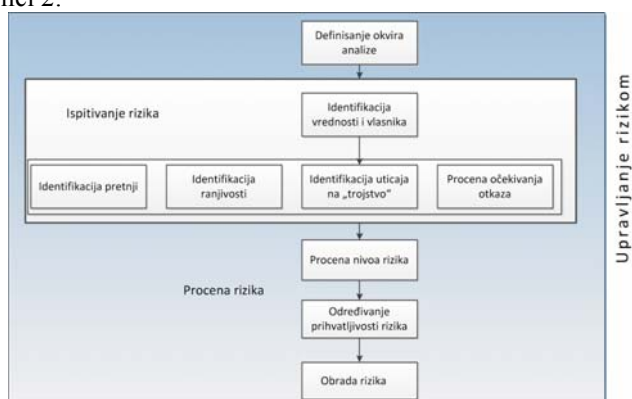
Celovitost (integritet) podrazumeva očuvanje originalnog oblika podataka pri prenosu između korisnika i LMS-a, odnosno podataka koji su pohranjeni na serveru. Neovlašćenom izmenom ili brisanjem podataka koje koristi LMS narušava se ili čak potpuno prekida njegova funkcionalnost. Izmenom značajnih podataka vezanih za rezultate i ocene, čitav sistem e-učenja se ugrožava.

Raspoloživost (dostupnost) podrazumeva Dostupnost LMS-a uz prihvatljive performanse. Usporavanje rada aplikacije smanjuje efikasnost procesa nastave, a potpuni prekidi u radu dovode do gubitka vremena i poremećaja planova rada.

Trojstvo sigurnosti ostvaruje brojnim sigurnosnim mehanizmima i uslugama. Vrlo često je u sprezi sa još nekoliko elemenata[5,6]:

- Neporecivost se definiše kao onemogućavanje pošiljalaca/primalaca da negiraju da su podatak poslali/primili ili negiranje da su određenu akciju izveli.
- Autentifikacija ili provera identiteta - podrazumeva jednoznačno prepoznavanje legitimnih korisnika.
- Autorizacija - predstavlja dodeljivanje nadležnosti i prava datog prepoznatog korisnika nad određenim resursima.
- Auditing ili revizija - obuhvata metode i tehnike za praćenje i beleženje relevantnih aktivnosti sistema, za slučaj da je naknadno potrebno proveriti ove aktivnosti.

Jedan od najčešćih pristupa analizi je takozvana analiza sigurnosnih rizika. Ona se obavlja kroz nekoliko faza, prema slici 2:



Sl. 2 Analiza sigurnosnih rizika

3. VREDNOSTI LMS-A

Vrednosti (engl. *assets*) predstavljaju podatke koji imaju određen značaj u datom sistemu, kao i system na kome LMS radi, uključujući i infrastrukturu. Kod LMS-a održava se više klasa podataka, različitog značaja.

- “Kostur” sistema: sama instalaciju sistema, sa inicijalnim postavkama, instaliranim modulima, jezičkim podešavanjima itd. Podatke koji pripadaju ovoj klasi je relativno lako nadoknaditi.
- Kursevi: predstavljaju entitete sastavljene iz različitih vrsta informacija, koje se mogu čuvati na više načina (npr. u vidu datoteka, zapisa u bazi podataka itd.). Inicijalni kursevi ne sadrže korisničke podatke. Nadoknađivanje ovih podataka je značajno teže nego kod prethodne klase.
- Korisnički podaci: predstavljaju podatke o nalogima korisnika, kao i njihove aktivnosti, datoteke i sl. Nadoknađivanje ovih podataka je veoma teško.

Dodatni faktor koji može uticati na vrednost podataka jeste njihova ažurnost. Stari, neaktuelni kursevi, koji faktički više nemaju aktivnih korisnika, imaju malu vrednost.

Stepen prihvatljivog rizika zavisi od značaja samog LMS-a, koji se najlakše može izraziti kroz dva pokazatelja: broj korisnika i kritičnost upotrebe. U obrazovnim sredinama gde je e-učenje realizovano kao pomoćni vid neobavezujuće nastave, koji koristi mali broj klijenata, prihvatljivi rizik je veći i dovoljno je korišćenje osnovnih mera zaštite. U sistemima kod kojih je e-učenje dominantan ili isključivi

oblik nastave za veliki broj korisnika, LMS ima veoma kritičnu ulogu i zaštita mora biti temeljno realizovana.

Precizna kvalitativna analiza rizika sprovodi se na osnovu procena više parametara, kao što su: vrednost podataka, troškovi uspostavljanja kontinuiteta, troškovi oporavka podataka i troškovi kašnjenja u radu. Ovakvi podaci se dobijaju analizom postojećeg sistema od strane eksperata, kao i analizom istorije internih incidenata, publikovanih podataka itd [3].

4. ANALIZA PRETNJI PO LMS

Prethodno dato trojstvo sigurnosnih elemenata, potrebno je realizovati na svakom sloju, od osiguranja mreže i prenosnih puteva do osiguranja operativnih sistema, sistema baza podataka i same aplikacije.

4.1 RANJIVOST I KATEGORIZACIJA PRETNJI

Ranjivost predstavlja slabost sistema koja može biti iskorišćena da bi se ugrozili sigurnosni ciljevi. Ranjivost LMS-a može nastati kao posledica lošeg projektovanja ili loše implementacije.

Pretnja predstavlja situaciju koja dovodi do mogućnosti iskorišćenja ranjivosti sistema. Kategorizacijom pretnji dobija se sistematičan okvir za razvoj modela zaštite LMS-a. Pretnje se mogu klasifikovati na namerne i nenamerne. U daljem tekstu akcenat će biti na namernim pretnjama.

S obzirom na to da je LMS obično veb aplikacija, primarno ćemo razmotriti napade na ovakve aplikacije. Prema najnovijem izveštaju organizacije OWASP pod nazivom “Top 10 for 2010“, među najčešće napade na veb-aplikacije u 2010. spadaju Injection, Cross Site Scripting (XSS) i narušavanje sesije, a slede napadi koji iskorišćavaju kriptografske propuste [4].

Ovi napadi su aktuelni i za proizvoljan LMS. U nastavku će pretnje biti analizirane kroz tri principa sigurnosti.

4.2 PRETNJE PO POVERLJIVOST

Poverljivost sadržaja na nivou LMS-a može biti narušena pasivnim i aktivnim napadima. Pasivnim napadom - prisluškivanjem, napadač može doći do podataka tokom komunikacije klijenata i aplikacije. Aktivnim napadima napadač može doći do podataka koji se čuvaju na serveru i to na nivou operativnog sistema ili na nivou LMS-a.

U nastavku je dat pregled primera ranjivosti, pretnji i očekivane verovatnoće događaja, kao i uticaja na sistem.

- Nesigurni podaci za autentifikaciju. Koristi se spoljni izvor za autentifikaciju, koji nije obezbeđen. Napadač kompromituje izvor i/ili koristi napad čovek u sredini (man-in-the-middle) i presreće podatke. Ako se podaci za autentifikaciju šalju kroz mrežu u vidu otvorenog teksta, napadač prisluškuje saobraćaj. Veoma značajan uticaj.

- Čuvanje lozinki u obliku otvorenog teksta. U bazi se korisničke lozinke čuvaju u vidu otvorenog teksta. Napadač dolazi do fajla sa lozinkama (ili do izvoza podataka iz baze) i primenjuje brute-force ili rainbow-table napad. Veoma značajan.
- Neodgovarajući sertifikat. Koristi se sertifikat, koji nije odobren od zvaničnog CA. Korisnici se navikavaju na korišćenje samokreiranog sertifikata i kasnije postaju žrtve farminga/phishinga. Slab uticaj.
- Nepodešena prava pristupa resursima. Na nivou veb-servera i/ili aplikacije postoje resursi kojima je omogućen pristup bez odgovarajuće provere identiteta. Napadač isprobavanjem različitih putanja i/ili pretraživačem dolazi do skrivenih podataka, do listinga direktorijuma, informacija o veb-serveru itd. Srednje značajan uticaj.
- Nepodešena prava pristupa ličnim podacima. Dozvoljeno je i neregistrovanim korisnicima da pregledaju korisničke profile na LMS-u. Spameri koriste tuđe mejl-adrese za slanje neželjene pošte, mail-bombi i sl. Slab uticaj.
- XSS. Pojedine forme ne proveravaju unos korisnika. Napadač unosi kod, koji se beleži i kasnije drugi korisnik pri pregledanju date strane pokreće izvršavanje koda, sa posledicama krađe sesije i sl. Srednje značajan uticaj.

Na nivou infrastrukture zaštita poverljivosti se izvodi počevši od fizičkog sloja: kontrolom pristupa mrežnoj i serverskoj infrastrukturi. Zaštita od prisluškivanja saobraćaja vrši se korišćenjem mrežne opreme koja je imuna na ARP-poisoning i slične napade, kao i korišćenjem sigurnih (kriptografskih) protokola, kao što su SSL, IPsec i slično.

Na nivou operativnog sistema potrebno je fajervolom ograničiti pristup na najnužnije portove. Potrebno je i isključiti udaljeni pristup privilegovanim korisnicima (npr. preko ssh za korisnika root). Preporuka je da se uradi osiguranje operativnog sistema (engl. *operating system hardening*) za određenu kategoriju operativnog sistema na kom se LMS nalazi prema odgovarajućim preporukama.

Osnovna zaštita na višim slojevima je šifrovanje komunikacije. Sertifikati treba da budu izdati od strane poznatih i poverljivih CA.

Na nivou LMS-a potrebno je uključiti podršku za https. Takođe, potrebno je zatvoriti pristup za veb-pretraživače i ograničiti pristup korisničkim profilima.

Neophodno je postaviti polisu minimalne složenosti lozinke i eventualno obaveznu promenu nakon određenog vremena. Lozinke treba čuvati u heširanom obliku, preporučljivo je koristiti i password-salting. Na taj način se faktički onemogućava napad brutalnom snagom (engl. *brute-force*), kao i korišćenje rainbow tabela za proboj lozinki.

4.3 PRETNJE PO INTEGRITET PODATAKA

Pretnje po integritet ogledaju se u aktivnim napadima, kojima mogu prethoditi pasivni napadi, odnosno narušavanje

poverljivosti. Posledice variraju od blažih - npr. izmenjeni podaci korisnika, do ozbiljnih, npr. brisanja baze, uništenja sistema datoteka i sl.

SQL injection. Određeni SQL upiti bez provere direktno uključuju promenljive koje unosi korisnik. Napadač unosi posebne podatke, koji postaju deo upita, kojim se dobijaju zapisi iz baze i/ili menjaju zapisi u bazi podataka

Virus. Posledice mogu varirati. Sam LMS može podržavati postavljanje fajlova od strane korisnika, a zaraženi fajlovi mogu oštetiti sam sistem ili sisteme drugih korisnika koji ih preuzimaju

Pošto često do narušavanja integriteta dolazi nakon narušavanja poverljivosti, podrazumeva se da su prethodno sprovedene metode zaštite poverljivosti.

Infrastruktura u kojoj egzistira dati LMS zahteva zaštitu fajervolom, a potencijalno i sistemom za detekciju upada. Na nivou operativnog sistema, neophodno je vršiti redovno ažuriranje. Potrebno je isključiti sve servise koji nisu u upotrebi i ukloniti sav softver koji nije neophodan.

U cilju praćenja integriteta podataka, potrebno je razmotriti i upotrebu softvera za nadzor fajlova (npr. tripwire), koji vrši upozoravanje ukoliko dođe do neovlašćenih promena, a za dodatnu sigurnost, treba razmotriti pokretanje veb-servera u zaštićenom režimu - kod UNIX-olikih sistema u pitanju je chroot, odnosno jail.

Pod Linuksom/BSD-em, dodatna sigurnost se uspostavlja korišćenjem SE (Security Enhanced) jezgra.

Na nivou baze podataka potrebno je maksimalno redukovati privilegije korisnika na najnužnije.

Neophodno je maksimalno redukovati prava pristupa na nivou sistema datoteka, tako da se ugrožavanjem veb-servera, odnosno aplikacije, smanji domen delovanja napada.

Potrebno je ograničiti ekstenzije fajlova koje sistem prihvata i razmotriti instalaciju antivirusnog programa. Zaštita od SQL injection napada vrši se tokom razvoja softvera, tako da se u toku implementacije može jedino vršiti nadzor rada, testiranje i praćenje sigurnosnih obaveštenja.

Kreiranje rezervnih kopija je od vitalnog značaja. Sistem datoteka, odnosno baza podataka moraju se bekapovati redovno, a sigurnosne kopije se čuvaju fizički odvojene od servera, poželjno u drugoj prostoriji. Neophodno je razviti procedure za oporavak sistema. Poželjno je da LMS poseduje i sopstvene mehanizme za kreiranje rezervnih kopija podataka, na nivou kurseva, za slučaj da dođe do slučajnog ili namernog gubitka podataka na nivou kursa, odnosno elemenata kursa.

4.4 PRETNJE PO RASPOLOŽIVOST

Neraspoloživost (nedostupnost) servisa u većini slučajeva posledica je DoS i DDoS napada, u različitim varijantama. DOS napadi ne moraju biti usmereni na konkretnu ranjivost

mreže, sistema ili softvera, već je često reč o zloupotrebi legitimnih protokola (TCP, HTTP).

Princip DoS/DDoS napada zasniva se na slanju velikog broja namerno nepravilno formatiranih zahteva, na koji server pokušava da odgovori, trošeći sve više resursa. Primer klasičnog napada je SYN flooding, kod kojeg se šalje veliki broj početnih zahteva za trodelnom sinhronizacijom, čije sve odvijanje ne kompletira, već se server sve više iscrpljuje, do potpunog zagušenja.

Konačnu zaštitu od DoS napada faktički je nemoguće postići. Princip se svodi na odbijanje podataka po određenim kriterijumima, pre svega korišćenjem fajervola. Ipak, i za taj postupak, neophodno je utrošiti resurse, tako da zavisno od intenziteta napada, sistem uspeva ili ne da se izbori sa održanjem performansi. Takođe, strategije zaštite od DoS i DDoS napada mogu zahtevati saradnju sa Internet provavajderom, i to jednim ili više njih.

Pored fajervola, mogu se koristiti i sistemi za detekciju upada (IDS - Intrusion Detection System). Oni se generalno mogu koristiti i u prethodnim klasama pretnji, pre svega zahvaljujući mogućnosti da prekontrolišu saobraćaj koji po svim parametrima deluje kao legitiman za fajervol.

Na nivou veb-servera takođe se mogu uvesti metode zaštite od DOS napada korišćenjem odgovarajućih modula (npr. kod Apache mod_evasion). Kao aplikativni fajervol i sistem za detekciju upada preporučuje se mod_security.

4.5 AUDITING

Praćenje aktivnosti sistema je jedan od ključnih faktora zaštite. Potrebno je pratiti mrežu, operativni sistem i samu aplikaciju, kao i pomoćne servise: server baze podataka, mejl-server i sl.

5. IMPLEMENTACIJA MERA ZAŠTITE NA PRIMERU LCMS-A MOODLE

LCMS Moodle je jedan od najrasprostranjenijih softvera ovog tipa. Otvorenog je koda i aktuelna verzija je 2.01. Zasnovan je na PHP-u i podržava različite platforme, a preporučena varijanta je LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP). Pored podrazumevane instalacije, na raspolaganju je veliki broj dodataka u vidu plug-in-ova i blokova.

5.1 STRUKTURA APLIKACIJE

Moodle sadrži tri komponente: instalacioni direktorijum, direktorijum za korisničke podatke i bazu podataka.

Po instalaciji, potrebno je podesiti prava pristupa tako da je direktorijum sa podacima (koji sadrži npr. datoteke, slike korisnika i sl.) dostupan za čitanje i upis nalogu veb-servera. Takođe, obavezno je da ovaj direktorijum bude izvan direktorijuma dokumenata veb-servera, kako ne bi bio dostupan kroz URL. Instalacioni direktorijum treba da bude pod vlasništvom korisnika root.

Pre instalacije, potrebno je kreirati praznu bazu podataka i odgovarajućeg korisnika, sa jakom lozinkom. Ovaj korisnik treba da ima prava kreiranja tabela i upisa u datu bazu. Ostala prava treba ukloniti. Testne baze i testne korisnike treba ukloniti.

Tokom instalacije, kreira se datoteka config.php, koja sadrži vitalna podešavanja Moodla. Ova datoteka obavezno mora biti u vlasništvu root-a[7]. Krajem instalacije obavezno je kreiranje administratorskog naloga, sa podrazumevanim korisničkim imenom admin. Preporučljivo je promeniti ovo ime.

5.2 KLASE KORISNIKA

Moodle sistem dozvoljava omogućava finu granulaciju prava korisnika. Prava koje klasa korisnika (npr. nastavnik, student, gost). Inicijalna uloga je "student".

5.3 AUTENTIFIKACIJA I REGISTRACIJA

Moodle podržava širok spektar opcija za autentifikaciju. Generalno, mogu se koristiti interna i eksterna autentifikacija.

U slučaju da se koristi eksterna autentifikacija, neophodno je posebno obezbediti dati izvor podataka, odnosno komunikaciju datog izvora sa Moodle serverom.

Moguće je izvršiti umrežavanje više Moodle sajtova međusobno, tako da se prijava na jednom sajtu prihvata na drugom i tada je neophodno instalirati podršku za SSL, jer se podaci o prijavi prenose sa jednog na drugi sajt korišćenjem asimetričnog šifrovanja.

Veoma popularan oblik interne autentifikacije podrazumeva samoregistraciju, pri kojoj se korisnici samostalno registruju, definišući korisničko ime, lozinku i druge podatke, a potvrda se vrši elektronskom poštom. Ukoliko se bira opcija samoregistracije, neophodno je koristiti Captcha zaštitu radi eliminisanja botova.

Pri prijavi na sistem, preporučeno je koristiti https, što povlači podešavanje veb-servera i nabavku sertifikata

Jačina lozinke se može zadati u postavkama "Pravila sajta". Password salting se uključuje van sistema, definisanjem promenljive \$CFG->passwordsaltmain u datoteci config.php.

U cilju zaštite ličnih podataka potrebno je isključiti mogućnost pregleda korisničkih profila bez prijave na sistem.

5.4 ZAŠTITA INTEGRITETA PODATAKA

Za zaštitu integriteta podataka izuzetno je važno pravilno dodeliti uloge/dozvole na Moodlu. Uloge moraju biti na najmanjem nivou koji omogućava funkcionalnost. Takođe, preporučljivo je kreirati dodatne prilagođene uloge.

Napadi korišćenjem XSS-a i iskorišćavanjem ranjivosti multimedijalnih formata mogu imati ozbiljne posledice po

sistem. Sadržaji se mogu filtrirati, a neželjeni formati isključiti.

Moodle može koristiti ClamAV antivirus za skeniranje korisničkih datoteka.

Moguće je i izvršiti blokadu pojedinih IP adresa, odnosno rangova i podmreža.

5.5 ZAŠTITA RASPOLOŽIVOSTI SERVISA

Moodle ne poseduje posebnu zaštitu od napada tipa DDOS, već se ista mora implementirati na nivou mreže, odnosno operativnog sistema.

Moodle poseduje mehanizme za kreiranje rezervnih kopija u okviru samih kurseva, ali i na nivou čitavog sajta. Backup kreiranjem kopija baze i direktorijuma sa korisničkim podacima je neophodno realizovati kroz poseban softver ili kroz skript koji se izvršava periodično.

5.6 DODATNA RAZMATRANJA

Praćenje aktivnosti korisnika Moodle LCMS izvodi veoma detaljno. Faktički je obaveza svake aktivnosti da poziva funkciju zapisa u dnevnik događaja. Ovaj dnevnik se može filtrirati po različitim parametrima.

Kao što je već pomenuto, zahvaljujući otvorenosti svog koda i svojoj modularnosti, na raspolaganju postoji dodatak za Moodle, koji se mogu preuzeti sa zvaničnog sajta. Dodaci, u vidu plug-in-ova i blokova mogu imati minimalan uticaj na postojeću instalaciju, ali pojedini dodaci mogu napraviti velike promene, pa je neophodno dobro istražiti istoriju datog dodatka, kako bi se ispratila njegova funkcionalnost, odnosno eventualni bezbednosni rizici.

Razvojni tim Moodle LCMS-a obaveštava administratore registrovanih sajtova o novim verzijama, kao i o ranjivostima koje su otkrivene, pre nego što se iste publikuju, tako da je moguće relativno brzo reagovati u apliciranju zakrpa.

Preporučljivo je vršiti ažuriranje preko sistema za podverzije (SVN).

U okviru sekcije za administraciju dostupan je pregled bezbednosnih postavki, kojima se objedinjuje nekoliko najznačajnijih propusta koji mogu dovesti do zloupotrebe sistema. Izvestan broj ovih postavki je moguće promeniti u okviru samog LCMS-a, dok se pojedina podešavanja moraju izvesti podešavanjem na nivou veb-servera, odnosno PHP-a.

6. PROVERA SIGURNOSTI

Kada se sprovedu sve preporučene mere za zaštitu LMS-a od napada i prodora, tj. narušavanja sigurnosti, potrebno je uraditi analizu i proveru uspešnosti zaštite. Razvijeni su načini testiranja koji bi trebalo da, u zadovoljavajućoj meri, pokažu koliko je zaštita pouzdana i efikasna. Međutim oni koji napadaju mrežu su nepredvidivi i stalno smišljaju nove načine i metode da ostvare svoje ciljeve. Prednost napadača je u tome što imaju više vremena, mogu da biraju vreme, način i sredstva za napad, tj. imaju prednost faktora

iznenađenja. Odbrana, međutim, mora biti spremna i aktivna u svako vreme i na svakom mestu. U protivnom, sistem će verovatno biti ugrožen. Da bi zaštitili mrežu, klijenti često angažuju hakere koji po dogovoru napadaju i proveravaju sigurnost uz obavezu da svoja saznanja drže u tajnosti, da ih ne zloupotrebe i da ih isporuče samo organizaciji koja ih je angažovala i isključivo u svrhu unapređenja sigurnosti. U tu svrhu se može sprovesti ispitivanje mogućnosti proboja za dati LMS (engl. *penetration testing*).

Testiranje sigurnosti se može sprovesti uz pomoć specijalizovanih davalaca usluga u ovoj oblasti kao i primenom alata za tu namenu. Jedna od mogućnosti je upotreba BackTrack Linux distribucije, od strane obučanih testera sigurnosti.

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sigurnost LMS sistema je složen koncept koji uključuje velik broj faktora. Sa porastom značaja e-učenja, povećavaju se i sigurnosni rizici LMS i zahteva sveobuhvatniji i sistematičniji pristup razmatranju ove tematike. Analizom pretnji po sigurnost, rizika, i specifičnosti LMS-a, u skladu sa opštim smernicama za osiguranje veb-aplikacija, stvoren je okvir u kojem su formulisane preporuke koje bi jedan LMS trebalo da ispuni. Na primeru najrasprostranjenijeg LCMS-a otvorenog koda - Moodle ustanovljeno je da postoje sigurnosni mehanizmi koji ispunjavaju veliki broj zahteva, ali bi od velikog značaja bilo da se sigurnosne metode detaljnije i potpunije formulišu u okviru jednog zaokruženog dokumenta.

Svakako da je zaštita veb-aplikacije ovakve složenosti dinamičan kontinualan proces, u kojem je neophodno puno pažnje posvetiti i edukaciji programera, administratora i krajnjih korisnika. Sledeće mere podrazumevanje i podešavanja okruženja, a možda i izmene i unapređenja u samoj aplikaciji u pogledu unapređenja sigurnosti.

Dalji rad podrazumeva definisanje jednoznačnih preporuka za sprovođenje mehanizama zaštite LMS-a, uključujući prateću infrastrukturu, čime bi se trasirao put za ustanovljavanje odgovarajućih standarda iz oblasti e-učenja.

LITERATURA

- [1] Horton W, Horton K.: *E-learning Tools and Technologies*, Wiley, Indianapolis, 2003
- [2] Pleskonjić D., Maček N., Đorđević B., Carić M.: *Sigurnost računarskih sistema i mreža*, Mikroknjiga, Beograd 2007
- [3] McCumber J.: *Assessing and Managing Security Risk in IT Systems*, Auerbach - CC Press, Boca Raton 2005
- [4] OWASP Top Ten Project, http://www.owasp.org/index.php/Category:OWASP_Top_Ten_Project, posećeno decembra 2010
- [5] Meier J.D. et al: *Improving Web Application Security: Threats and Countermeasures*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa302417.aspx>, posećeno januara 2011
- [6] Stallings W.: *Network Security Essentials*, Prentice Hall, New Jersey 2003.
- [7] Moodle Administrator Documentation, http://docs.moodle.org/en/Administrator_documentation posećeno januara 2011.

**ANALIZA STANDARDA, PREPORUKA I UPUTSTAVA ZA
AKREDITACIJU STUDIJA NA DALJINU U SRBIJI
ANALYSIS OF STANDARDS, RECOMMENDATIONS AND
INSTRUCTIONS FOR ACCREDITATION OF DISTANCE LEARNING
STUDIES IN SERBIA**

Radojka Krneta, Danijela Milošević, *Tehnički fakultet, Čačak*
Bratislav Milovanović, *Elektronski fakultet, Niš*

Rezime: U radu je dat osvrt na preporuke i uputstva za pripremu dokumentacije za akreditaciju studijskih programa za studije na daljinu na visokoškolskim ustanovama u Republici Srbiji. U uvodnom delu rada dat je sažet uvid u akcije osiguranja kvaliteta i definisanja standarda nastave koja se izvodi na daljinu u evropskom i svetskom prostoru visokog obrazovanja. Kroz analizu preduslova za ispunjenost Standarda 12. iz Pravilnika o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa u Republici Srbiji dati su neki odgovori i otvorena neka pitanja na koja treba odgovoriti u daljem postupku unapređenja standarda za akreditaciju studija na daljinu.

Cljučne reči: akreditacija studija na daljinu, analiza uputstva i preporuka

Abstract: The review of the recommendations and instructions for the preparation of documents for the accreditation of distance learning (DL) study programs on higher education institutions in Serbia is given in the paper. A brief insight into the quality assurance activities and defining standards of distance education in the European and global space of higher education is given in the introductory part of the paper. Through analysis of the preconditions for the fulfillment of the Standards 12th of the Rules of Procedure for standards and accreditation of higher education institutions and study programs in Republic Serbia some answers are provided and some questions to be answered in the further process of improving the standards for accreditation of DL study programs are opened.

Keywords: accreditation of distance learning study programs, analysis of instructions and recommendations

1. UVOD

Zakonom o visokom obrazovanju koji je usvojen u Skupštini Republike Srbije 2005. godine predviđeno je da [1] "Fakultet može izvoditi studijski program na daljinu, u skladu sa dozvolom za rad... U dozvoli za rad navodi se da li je studijski program odobren i za izvođenje studija na daljinu, kao i maksimalan broj studenata koji na taj način može da studira".

Standard 12. iz Pravilnika o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa iz 2006. godine definiše studije na daljinu na sledeći način [2]:
"Studijski program zasnovan na metodama i tehnologijama obrazovanja na daljinu podržan je resursima koji obezbeđuju kvalitetno izvođenje studijskog programa. Visokoškolska ustanova može organizovati studijski program na daljinu za svaku oblast i svako obrazovno-naučno i obrazovno-umetničko polje, ako se nastavni sadržaj, podržan raspoloživim resursima, može kvalitetno usvojiti kroz studije na daljinu i ako se obezbeđuje isti nivo znanja diplomiranih studenata, ista efikasnost studiranja i isti rang (kvalitet) diplome kao i u slučaju uobičajenog načina realizacije studijskog programa."

Dana 21. maja 2009. godine, u toku V ciklusa akreditacije studijskih programa, usvojena su uputstva od strane

Nacionalnog saveta za visoko obrazovanje za pripremu dokumentacije za akreditaciju studijskog programa koji se realizuje učenjem na daljinu, koja su okvirno definisala sledeće elemente koje dokumentacija o studijskom programu na daljinu mora da sadrži [3]:

- Opšti uslovi akreditacije sistema učenja na daljinu (DLS)
- Paket materijala za učenje
- Nastavno osoblje
- Konsultacije
- Kontrola znanja
- Studenti
- Infrastruktura.

Dana 23. marta 2010. godine na sajtu Komisije za akreditaciju objavljen je i dopunjeni Pravilnik o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa iz 2006. godine, u kome je Standard 12. proširen na osnovu ranije donetih uputstava Nacionalnog saveta za visoko obrazovanje, sa sledećim elementima Standarda 12. [2]:

- Program
- Ocenjivanje i napredovanje studenata
- Nastavno osoblje
- Resursi (oprema, biblioteka, prostor)

Pored toga, Komisija za akreditaciju i proveru kvaliteta /www.kapk.org/ razradila je postupak za akreditaciju studijskih programa koji se realizuju učenjem na daljinu, razvila je DLS elektronski formular za procenu opterećenja nastavnika, saradnika i studenata i drugih parametara od značaja za kvalitet studija na daljinu, definisala DLS recenzentski formular i napravila listu kompetentnih DLS recenzentata. Proces akreditacije DL studijskih programa započeo je 2009 godine i do sada je akreditovano tek desetak studijskih programa /www.kapk.org/.

Za razliku od ove šture regulative o standardima i postupku za akreditaciju studijskih programa na daljinu, koja je na početku akreditacionih procesa 2006. godine imala tek jedan pasus uopštenog teksta u Standardu 12., posle tri godine još samo jedno kratko uputstvo za primenu tog standarda, a posle četiri godine na osnovu tog uputstva ne mnogo prošireni Standard 12. za studije na daljinu, u evropskom i svetskom prostoru visokog obrazovanja ta regulativa je i starija i po obimu daleko veća.

Važnost osiguranja kvaliteta i definisanja standarda nastave koja se izvodi na daljinu, kao i e-učenja je prepoznata od strane Evropske asocijacije za osiguranje kvaliteta - ENQA (European Association for Quality Assurance in Higher Education) [4]. ENQA je izdala zvaničan dokument Standardi i preporuke za osiguranje kvaliteta u Evropskom prostoru visokog obrazovanja [5] u kome se kao sastavni deo standarda koji se odnosi na formalne mehanizme za odobrenje, periodični pregled i monitoring programa visokoškolske ustanove kaže da osiguranje kvaliteta nastavnih programa mora da obuhvati "specifične potrebe različitih modaliteta isporuke nastavnog sadržaja (npr. učenje na daljinu, e-učenje)".

U cilju daljeg rada na definisanju mehanizama za osiguranje kvaliteta u elektronskom učenju, kao glavnom instrumentu u internacionalizaciji obrazovanja, Evropska asocijacija univerziteta za učenje na daljinu European Association of Distance Teaching Universities (EADTU) i ENQA su udružili napore i pristupili kolaborativnom radu na osiguranju kvaliteta u e-nastavi [6]. U dokumentu iz Herlena, 2007. godine je istaknuto da još uvek nedostaju pojedini QA aspekti koji se odnose isključivo na e-učenje. ENQA i EADTU su dogovorili da zajednički definišu elemente kvaliteta u e-učenju i da razviju strategije i procese za procene i akreditacije programa za učenje na daljinu. U tu svrhu, EADTU, kao glavni evropski pokretač razvoja obrazovanja na daljinu, je pokrenuo projekat E-xcellence [7] u okviru kog se razvijaju instrumenti za QA u e-učenju. Na ovim inicijativama je pokrenut i niz drugih aktivnosti u raznim evropskim zemljama.

Švedska Nacionalna agencija, model za procenu kvaliteta E-učenja, ELQ (E-learning quality) zasniva na deset kriterijuma kvaliteta, koja su po njihovom mišljenju centralna za procenu kvaliteta E-učenja [8]. To su: materijal /sadržaj, struktura virtuelnog okruženja, komunikacija, saradnja i interaktivnost, studentska procena, fleksibilnost i prilagodljivost, podrška (studentima i osoblju), zaposleni-kvalifikacija i iskustvo, vizija i institucionalno liderstvo, resursi, holistički i procesni aspekt. Mišljenje eksperata je da se kvalitet E-učenja mora procenjivati sa stanovišta sistema,

odnosno da kvalitet E-obrazovanja određuju svi navedeni aspekti zajedno, ali i njihovi međusobni odnosi. Procena kvaliteta E-učenja treba da se razvija i prilagođava sopstvenim metodama i modelima rada i da ima garanciju koju podržava unutrašnja nadležnost ustanova (škola, fakulteta itd.).

U Norveškoj (NOKUT-Norwegian Agency for Quality Assurance in Education) i Švedskoj (National Agency) razvijeni su u toku 2007. godine projekti sa posebno razvijenim kriterijumima za kvalitet E-učenja [9]. U Velikoj Britaniji, QAA – (Quality Assurance Agency for Higher Education) je izdala smernice za procenu kvaliteta E-učenja Nijedna od ovih, međutim, niti bilo koje druge zemlje, ne sadrži kvalitet E-učenja kao redovni ili sastavni deo nacionalne strategije za obezbeđenje kvaliteta u obrazovanju. Evropsko telo za saradnju među nacionalnim organizacijama za osiguranje kvaliteta, stavlja akcenat u budućnosti, na objedinjavanje standarda i smernica za kvalitet E-učenja u evropskom prostoru.

U SAD, CHEA (Council for Higher Education Accreditation) je sastavila smernice za akreditaciju i osiguranje kvaliteta u učenju na daljinu [10].

Nema, dakle, opšteprihvaćenog koncepta za akreditaciju studijskih programa na daljinu. Studijski programi na daljinu koji su akreditovani u nekoj od sledećih pet zemalja - SAD, Kanadi, Velikoj Britaniji, Australiji i Novom Zelandu, priznaju se u svakoj od ovih zemalja, ali ne moraju biti priznati u nekoj drugoj zemlji.

2. STANDARD ZA AKREDITACIJU STUDIJA NA DALJINU - ANALIZA PREPORUKA I UPUTSTAVA

Standard 12. iz Pravilnika o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa koji definiše studije na daljinu, daje i preporuke za obezbeđivanje kvaliteta studijskog programa na daljinu u pogledu programa, ocenjivanja i napredovanja studenata, nastavnog osoblja i potrebnih resursa [2].

U opisu Standarda 12 je naglašeno da i studijski program koji se izvodi na daljinu mora da za studente obezbedi isti kvalitet nastavnih procesa i sticanja znanja i veština kao u slučaju uobičajenog načina realizacije tog programa. Zato, u dokumentaciji za akreditaciju tog studijskog programa treba da budu obrazloženi na odgovarajući način zahtevi koji su postavljeni kroz svih 12 standarda u Pravilniku o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa iz 2006. godine – *deo III. Standardi za akreditaciju studijskih programa prvog i drugog nivoa visokog obrazovanja*. Na primer, obrazloženja u dokumentaciji za akreditaciju u pogledu Strukture studijskog programa (Standard 1.), Svrhe studijskog programa (Standard 2.), Ciljeva studijskog programa (Standard 3.), Kompetencija diplomiranih studenata (Standard 4), Kvaliteta, savremenosti i međunarodne usaglašenosti studijskog programa (Standard 6), Upisa studenata (Standard 7), ista su, bez obzira da li se studijski program izvodi na daljinu ili na uobičajen način.

Obezbeđenje kvaliteta DL studijskog programa (Standard 11) treba da bude integrisano u postojeći sistem obezbeđenja kvaliteta na visokoškolskoj ustanovi, imajući pri tomu vidu da obezbeđenje kvaliteta u DL nastavi i u face-to-face nastavi nije potpuno isto.

Svakako da se dodatno mora obrazložiti i dokazati zadovoljenje zahteva iz pojedinih standarda za studijski program koji će se izvoditi na daljinu, s obzirom na drugu metodologiju i tehnologiju u izvođenju nastave i u sistemu provere znanja. Na primer, u Kurikulumu koji se opisuje prema Standardu 5. u Tabelama 5.2 kojima se opisuje svaki predmet, pored informacija koje su nezavisne od načina realizacije studija (naziv, tip predmeta, godina i semestar studija, broj ESPB bodova, ime nastavnika, cilj kursa sa očekivanim ishodima, znanjima i kompetencijama, preduslove za pohađanje predmeta), sadržaj predmeta, ali i preporučena literatura i način provere znanja i ocenjivanja, treba da su "prilagođeni za samostalno uspešno ovladavanje potrebnim znanjem". Metode i tehnologije izvođenja nastave na daljinu koje će se koristiti za dati predmet moraju biti naznačene. Kako se obrazovne aktivnosti studijskog programa na daljinu realizuju u ustanovi korišćenjem "integrisane računarske platforme (DLS - Distance Learning System)", u okviru korišćenog sistema za upravljanje procesom učenja na daljinu (LMS – Learning Management System) treba da bude dato jedno opšte uputstvo (informacija) za studente o studijskom programu i organizaciji nastavnih i ispitnih aktivnosti. Takođe je potrebno u Pravilniku ustanove o pravilima studija naglasiti da se nastavne aktivnosti ili samo delovi nastave na studijskim programima mogu izvoditi na daljinu. Za svaki od nastavnih predmeta, takođe, u okviru LMS-a treba da bude dato "Uputstvo za učenje koje sadrži konkretne predloge i sugestije u vezi strategije učenja studenata i samostalne provere znanja", koje je saglasno Tabeli 5.2 iz Knjige predmeta.

Različiti štampani i digitalni nastavni materijal se koristi u DL kursovima (kreiran od strane pojedinih nastavnika, grupe programera, izdat od strane izdavača, ili kreiran od strane samih studenata). Ovakvi različiti nastavni materijali pokreću pitanje kvaliteta nastavnih materijala, ali i zaštite autorskih prava [13]. Po mišljenju autora, politika autorskih prava nad nastavnim materijalima treba da bude razvijena i integrisana u dokumente za akreditaciju, pravna akta i procedure za DL studijske programe.

Ocenjivanje i napredovanje studenata (Standard 8) u studijskom programu koji se izvodi na daljinu se realizuje i prati preko "podсистема za proveru znanja studenata". Način realizacije i vrsta predispitnih obaveza na LMS-u i završnog ispita u sedištu visokoškolske ustanove treba da bude definisan uputstvom za učenje koje se za svaki predmet postavlja na LMS-u na početku nastavnih aktivnosti.

LMS podržava kako sinhrono, tako i asinhrono vidove komunikacije nastavnika i studenata, kao i studenata međusobno, korišćenjem poznatih alata i tehnologija za elektronsko učenje. Nastavnicima i studentima studijskog programa na daljinu za uspešno obavljanje ovih online komunikacija potrebna su samo osnovna informatička znanja. Konsultacije, na primer, nastavnik može obavljati

korišćenjem online alata za asinhronu komunikaciju kao što su forumi i elektronska pošta ili sinhronih alata kao što su skype, web konferencija, video konferencija, radionice, virtuelni sastanci, i sl. Asinhroni alati mogu se koristiti i za dostavljanje različitih izveštaja studentima. Takođe, LMS-ovi "podržavaju različite oblike provere znanja", napr. testovi (samoevaluativni i evaluativni), eseji, wikiji, blogovi. U pogledu ocenjivačke sposobnosti LMS-a, sistem treba da obezbedi prepoznavanje identiteta studenta i autentičnu proveru znanja svakog studenta.

Dopunjeni Standard 12. propisuje da visokoškolska ustanova treba da ima "kvalifikovano i kompetentno nastavno osoblje za izvođenje studijskog programa koji se realizuje studijama na daljinu". Nastavnici i saradnici angažovani na studijskom programu treba da imaju, pre svega, kvalifikacije i kompetencije za same predmete i da su zastupljeni u odgovarajućem broju što propisuje Standard 9. *Nastavno osoblje*. U dokumentaciji za akreditaciju studijskih programa ovo se dokumentuje u tkzv. Knjizi nastavnika. Nije definisano koje dodatne kvalifikacije i kompetencije treba da ima nastavnik i saradnik ako učestvuje u realizaciji studijskog programa na daljinu. Postoji nemali broj specifičnih kompetencija za online poučavanje vezanih za: analizu konteksta i potreba studenata, planiranje i oblikovanje nastave, distribuciju sadržaja i programa u okviru e-učenja, praćenje napretka studenata i evaluacija [11].

Za DL kurseve nije više zadužen samo jedan nastavnik koji brine oko celog nastavnog procesa, već oni zahtevaju timove u kojima akademsko osoblje saraduje sa drugim stručnjacima koji su uključeni u različite faze projektovanja i isporuke DL kursa. Ukoliko visokoškolska ustanova ima kapacitete da obezbedi adekvatnu tehničku podršku za uspostavljanje i održavanje "integrisane računarske platforme (DLS - Distance Learning System)", dizajnere multimedijalnih nastavnih sadržaja, moderatore nastavnih sadržaja, kao i administratore podsistema za upravljanje procesom učenja na daljinu (LMS-a), nastavnici i saradnici mogu uspešno da realizuju svoje nastavne obaveze na studijskom programu na daljinu i nemajući posebno specifične kompetencije (tehničke, dizajnerske, moderatorske,...), već samo opšte informatičke. Tehničko osoblje, dizajneri i administratori mogu pripadati i nenastavnom osoblju, što, ako je to u ustanovi slučaj, treba opisati kao ljudske resurse u dokumentaciji za akreditaciju studijskog programa na daljinu u okviru Standarda 10: Organizaciona i materijalna sredstva.

Što se tiče potrebnih ljudskih resursa dokumentacija za akreditaciju studijskog programa na daljinu treba da naglašeno definiše koordinaciju, komunikaciju i strateško planiranje potrebnih ljudskih resursa, kao i ko rukovodi DL kursovima [15]

U pogledu potrebnog broja nastavnika za realizaciju studijskog programa na daljinu stoji i da "jedan nastavnik, odnosno saradnik može da obavlja konsultacije sa najviše 80 studenata u jednom semestru". Potreban broj nastavnika koji pored konsultacija realizuju i niz drugih nastavnih aktivnosti u studijama na daljinu, nije detaljnije podkrepjen, pa je svakako diskutabilan. Potrebno je razviti strategiju i plan u pogledu promenjenog opterećenja studenata, radnih sati

nastavnika, kao i finansijskih prava nad virtuelnim lekcijama i drugim digitalnim materijalima [13].

U okviru Standarda 10: Organizaciona i materijalna sredstva treba se posebno osvrnuti na preporuke i uputstva iz Standarda 12. za obezbeđenje potrebnih resursa (oprema, biblioteka, prostor) “*koji su primereni karakteru studijskog programa i predviđenom broju studenata*”. Među tim preporukama i uputstvima neka od njih su, takođe, diskutabilna.

U cilju “uspostavljanja i održavanja dvosmerne komunikacije na liniji nastavnik - student radi realizacije obrazovnih aktivnosti na daljinu” ustanova mora da pokaže da ima obezbeđenu računarsku opremu i brzu i sigurnu stalnu Internet vezu koja je raspoloživa za sve realizatore studijskog programa na daljinu. DL studentima akademska institucija treba da obezbedi i efikasne akademske i administrativne servise, koji treba da budu objavljeni i lako dostupni [14].

U delu o resursima Standarda 12. stoji da u okviru sistema za upravljanje procesom učenja na daljinu visokoškolska ustanova mora da obezbedi: *jednu sopstvenu ili zakupljenu integrisanu računarsku platformu (DLS - Distance Learning System)*. Suština zahteva treba da se odnosi na kvalitet, a ne na vlasništvo ili zakup DLS platforme, s obzirom da i široko prihvaćeni i poznati besplatni LMS-ovi kao što je Moodle, napr., zadovoljavaju sve standardom postavljene zahteve za DLS?

Da li je među navedenim različitim oblicima nastave neophodno da bude zastupljen svaki navedeni, na primer, “*javno emitovanje vremenski planiranog nastavnog događaja (emitovanje predavanja ili diskusija nastavnika/stručnjaka snimljene uz pomoć video kamera uživo ili ranije napravljenog i pripremljenog video snimka)*”?

Navedeni zahtevi obezbeđivanja jedinstvenog korisničkog interfejsa, kvalitetne dvosmerne komunikacije nastavnika i saradnika sa studentima i visoke pouzdanosti sistema kroz odgovarajući sistem kontrole pristupa i zaštite sadržaja podrazumevani su za svaki valjani LMS.

Obezbeđenost pristupa organizacijama koje su specijalizovane za isporuku u elektronskom obliku udžbenika i drugih nastavnih i naučnih publikacija, ustanova može dokumentovati članstvom u poznatim online bazama materijala i resursa za elektronsko učenje, kao što je, na primer, EdITLib [12].

Visokoškolska ustanova treba da “*raspolaze prostorom za smeštaj i rad na održavanju integrisane računarske platforme za podršku učenju na daljinu*”. Potrebno je, dakle, u dokumentaciji za akreditaciju shodno Standardu 10. i Standardu 12. (deo Resursi) dokumentovati raspoloživost prostora za smeštaj i funkcionisanje servera na kome je postavljena integrisana računarska platforma za podršku učenju na daljinu. Taj prostor može biti i radni prostor administratora LMS-a i tehničke podrške.

Mogućnost osnivanja “*konsultacionih centrara geografski udaljenih od sedišta ustanove koji imaju informacionu-komunikacionu osnovu integrisanu u sistem za učenje na daljinu, stručnu literaturu i omogućavaju praktično vežbanje*”, radi “*poboljšanja kvaliteta konsultacija*” nije detaljnije objašnjena u Standardu 12, pa nameće neka pitanja: Da li konsultacije vodi nastavnik iz sedišta ustanove? Ko održava IKT opremu i njenu integraciju u sistem za učenje na daljinu u osnovanom centru? Najvažanije je, da postoji mogućnost za izvođenje konsultacija i iz sedišta ustanove i u samim centrima i da postoje zadužena lica za održavanje IKT opreme.

Nezavisno od postojanja konsultativnih centara, radi održavanja praktičnih vežbi neophodno je u elektronski sistem za učenje integrisati virtuelne eksperimente i/ili eksperimente na daljinu (remote experiments).

U akademskoj javnosti u Srbiji postoje razmišljanja da treba omogućiti realizaciju DL studijskih programa na akademskim doktorskim studijama (III nivo obrazovanja), a ukinuti mogućnost na strukovnim studijama. U periodu koji predstoji očekuje se preispitivanje ove problematike od strane Nacionalnog saveta za visoko obrazovanje.

3. ZAKLJUČAK

U procesima akreditacije visokoškolskih institucija i studijskih programa tek je desetak studijskih programa na daljinu akreditovano. Jedan od razloga je svakako i neobimnost preporuka i uputstava za ispunjenje standarda za akreditaciju ovih programa. Ovaj rad kroz analizu postojećih preporuka i uputstava daje neke smernice za njihovo proširenje i pojašnjenje.

Poput evropskih zemalja koje kroz zajedničke projekte razvijaju strategije i procese za evaluaciju i akreditaciju programa za učenje na daljinu, da se očekivati da će takve rezultate dati i projekti u Srbiji i okruženju kao što je novi regionalni Tempus projekat “*Enhancing the quality of distance learning at Western Balkan higher education institutions (DL@WEB)*” na kome pored visokoškolskih institucija iz regiona i EU učestvuju i Nacionalni saveti i Komisije za akreditaciju iz Srbije, Makedonije i Crne Gore. Jedan od najvažnijih ciljeva ovog projekta je uspostavljanje okvira za unapređenje studija na daljinu, osiguranje kvaliteta i metodologije elektronskog učenja na partnerskim visokoškolskim institucijama kroz razvoj akreditacionih standarda, uputstava i procedura za DL studijske programe.

Mnogo je još otvorenih tema koje se tiču osiguranja kvaliteta i definisanja okvira za standarde i procedure za evaluaciju obrazovanju na daljinu u obrazovnom sistemu Republike Srbije, kao na primer:

- Definisane okvira za standarde i procedure za evaluaciju hibridnih (blended) studijskih programa
- Definisane standardnih procedura za primenu i osiguranja kvaliteta elektronskog učenja na drugim nivoima obrazovanja
- Istraživanje stavova studenata koji na svim ili samo pojedinim predmetima svojih studijskog programa uče preko LMS-a, o kvalitetu nastave, nivou stečenih znanja, efikasnosti komunikacije na relacijama nastavnik – student, student – student, i sl.

LITERATURA

- [1] Zakon o visokom obrazovanju, "Službeni glasnik RS", br. 12/76/2005/01, <http://www.mp.gov.rs/propisi/propis.php?id=14>
- [2] Pravilnik o standardima i postupku za akreditaciju visokoškolskih ustanova i studijskih programa, "Službeni glasnik RS", br. 106/2006, 112/2008, http://www.kapk.org/images/stories/pravilnici/pravilnik_o_standardima.pdf
- [3] Упутство за припрему материјала за акредитацију студијског програма који се реализује учењем на даљину, Nacionalni savet, http://www.kapk.org/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=28
- [4] European Association for Quality Assurance in Higher Education ENQA, www.enqa.net
- [5] Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area, ENQA European Association for Quality Assurance in Higher Education, 2005, Helsinki
- [6] European Association of Distance Teaching Universities (EADTU), www.eadtu.nl
- [7] E-xcellence project, European Association of Distance Teaching Universities, <http://www.eadtu.nl/e-xcellence/default.asp>
- [8] E-learning quality, Aspects and criteria for evaluation of e-learning in higher education, Swedish National Agency for Higher Education, <http://www.hsv.se/download/18.8f0e4c9119e2b4a60c800028057/0811R.pdf>
- [9] VirCamp project, <http://vircamp.net/>
- [10] Open eQuality Learning Standards, Nathan Abbolt Way, Stanford, California, USA
- [11] D. Bjekić, R. Krneta, D. Milošević, „Kompetencije za e-nastavu u sistemu profesionalnih kompetencija nastavnika osnovne škole“, INOVACIJE u nastavi, časopis za savremenu nastavu, YU ISSN 0352-2334, Vol. 21, No. 2, Beograd, 2008., str. 7-20.
- [12] EdITLib, Education&Information Technology Digital Library, <http://www.editlib.org/>
- [13] Swedish National Agency of Higher Education (HSV), "E-learning quality: Aspects and criteria for evaluation of e-learning in higher education", Report 2008:11 R, 2008. [Online]. Available: <http://www.hsv.se/download/18.8f0e4c9119e2b4a60c800028057/0811R.pdf> (Last visited: Dec 2010)
- [14] Athabasca University, "Service Standards for Students", 2010. [Online]. Available: <http://www2.athabascau.ca/students/servicestandards.php> (Last visited: Dec 2010)
- [15] M. Jara and H. Mellar, "Exploring the mechanisms for assuring quality of e-learning courses in UK higher education institutions", European Journal of Open and Distance Learning, Vol. 1. [Online]. Available: http://www.eurodl.org/materials/contrib/2007/Jara_Mellar.htm (Last visited: Dec 2010)

RAZVOJ I PRIMENE MEĐUNARODNIH STANDARDARDA U E-UČENJU DEVELOPMENT AND APPLICATIONS OF INTERNATIONAL STANDARDS IN E-LEARNING

Živadin Micić, Nebojša Stanković, Marija Blagojević, Maja Božović - Tehnički fakultet Čačak, Univerzitet u Kragujevcu

Sadržaj - U radu je predstavljena sistematizovana analiza/sinteza i presek stanja međunarodne standardizacije u oblasti elektronskog učenja, uz razvojne i planske aktivnosti, posebno ISO/IEC JTC 1 SC 36 „Informacione tehnologije u obrazovanju...“, kao i neki aspekti i primeri primene standarda u ovoj oblasti poslovanja od državnog značaja.

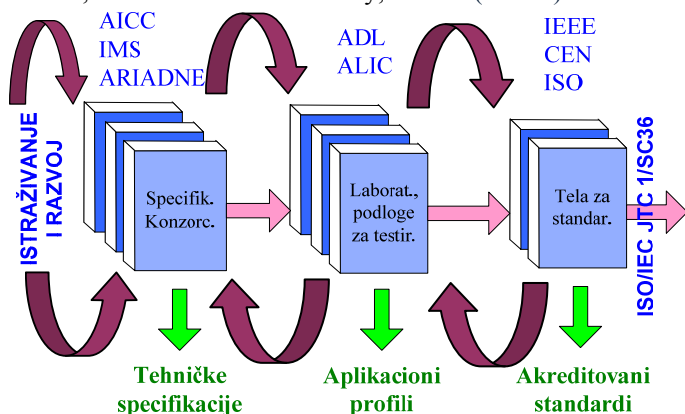
Gljučne reči: Informacione tehnologije, E-učenje, međunarodna standardizacija, kvalitet

Abstract - This paper presents the systematic analysis/synthesis and international standardization overview in the field of e-learning, with development and planning activities, especially ISO/IEC JTC 1 SC 36 "Information Technology in Education ...", and some aspects and examples of standards application from the area of national important activities.

Keywords: Information technology, E-learning, International standardization, quality

1. UVOD U STANDARDIZACIJU E-UČENJA

E-učenje se od 2004. godine intenzivno standardizuje od strane Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) i Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC) - ISO/IEC, [1]. Ovoj standardizaciji prethode razvojno-istraživački rezultati drugih institucija, kao što su, na primer: AICC (Aviation industry computer based training committee), IMS (Instructional Management Systems), DCMI (Dublin Core Metadata Initiative), ADL-SCORM (Advanced distributed learning), ALIC (Advanced learning infrastructure consortium), IEEE LTSC (Institute of electrical and electronics engineers - Learning technology standard committee), ADRIADNE, CEN/ISSS WS-LT, CEN/ISSS CDFS, CEN/ISSS WS on Privacy, W3C... (slika 1).



Slika 1. Fazni razvoj standarda za E-učenje i JTC 1 / SC 36

Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) i Međunarodna elektrotehnička komisije (IEC) razrađuju međunarodne standarde u oblasti informacionih tehnologija u okvirima Prvog objedinjenog tehničkog komiteta (JTC1 ISO/IEC), koji sada objedinjuje 37 potkomiteta (SC).

Odluka o obrazovanju JTC 1 36-og Potkomiteta «Informacione tehnologije u učenju, obrazovanju, osposobljavanju i trening» doneta je 1999. godine na Plenarnom zasedanju JTC 1 u Republici Koreji (Seul), a marta 2009. godine (na Novom Zelandu) održano je već 19.

Plenarno zasedanje 36-og Potkomiteta (SC 36). Prema mišljenju rukovodstva JTC 1 i SC 36, uskoro će broj zemalja – članova ovog potkomiteta narasti na oko 50, što je uslovljeno porastom interesovanja za elektronsko učenje i pojavom prvih međunarodnih standarda u ovoj oblasti.

U okviru SC 36 formirano je sedam radnih grupa (WG), specijalna radna grupa (SWG), reporterska grupa za marketing (RG1) i grupa za zaštitu prava ličnosti (Ad Hoc). Radne grupe funkcionišu sa različitih aspekata i iz različitih zemalja, [3]: WG1 – (SAD, formirana 2001. godine), za oblast terminologije; WG2 – (Japan, formirana 2001. godine), tehnologije kolektivnog rada - saradnje; WG3 – (Francuska, formirana 2001. godine), informaciona podrška profesora; WG4 – (Kanada, formirana 2002. godine), upravljanje i dostava sadržaja (kontenta), metadata (MD); WG5 – (Nemačka, formirana 2002. godine), obezbeđenje kvaliteta E-učenja; WG6 – (Kina, formirana 2004. godine), Tehnologije i specifikacije za integraciju; WG7 – (Norveška, formirana 2004. godine), kultura/jezik/humanitarna delatnost.

Sa druge strane, primene ISO/IEC standarda zahtevaju odgovarajući nivo E-društva, E-institucije obrazovanja, kao i nacionalnu standardizaciju odgovarajućih i ciljnih nivoa kvaliteta, obezbeđenja i menadžmenta kvalitetom.

2. PRESEK STANJA MEĐUNARODNIH STANDARDARDA ZA E-UČENJE

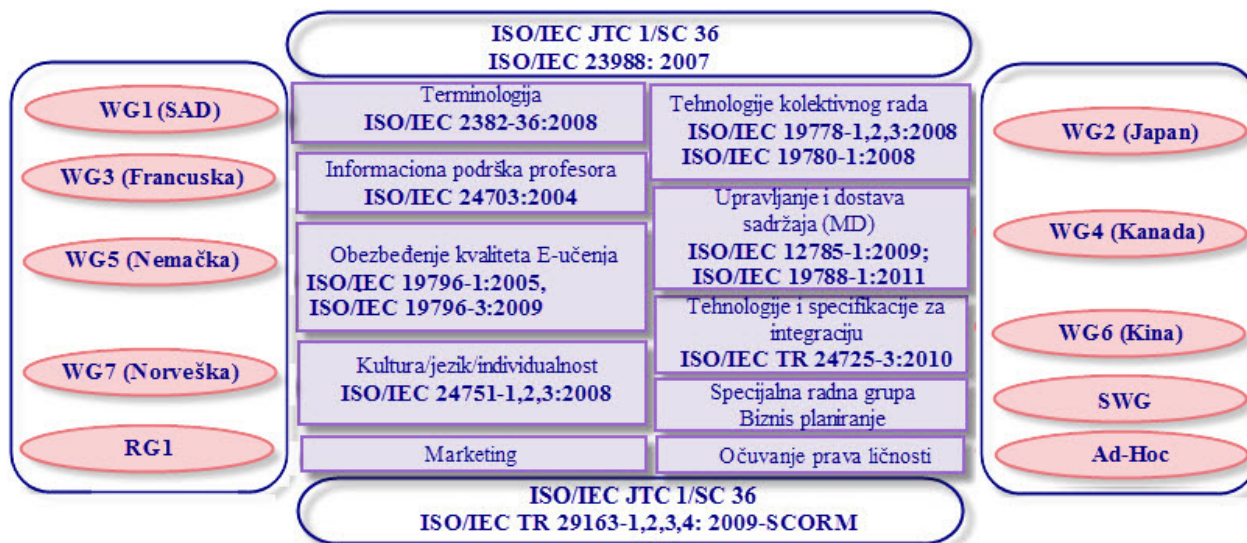
Za praćenje i analizu trendova standardizacije, najbolje je praviti preseke na kraju svake kalendarske godine. U tom smislu (sa presekom na dan 01. 01. 2011), u oblasti elektronskog učenja uvedeno je u upotrebu 18 međunarodnih standarda (ISO/IEC 19788-1:2011 – kao 19. je tada bio u fazi publikacije i već u prvoj polovini januara 2011. godine publikovan), a prethodno razrađeni od potkomiteta SC 36 «IT u obrazovanju i pripremi», slika 2.

Razvoj novih projekata (NP u oznaci – tabela 1) u oblasti E-učenja, predstavljen je kroz osam predloga standarda.

Takođe, SC 36 radi na razvoju još tri nova standarda, odnosno tri dela standarda 20006, u oblastima informacionog modela za kompetencije E-učenja, a koji su u fazi radnog nacrtu (WD – *Working Draft*, tabela 1).

Ovaj potkomitet SC 36 radi na razvoju i korekcijama ukupno još šest aktuelnih standarda u ovoj oblasti, a koji su trenutno u fazama nacrtu (CD i DTR – tabela 1).

Najveći broj međunarodnih standarda u razvoju (čak 13 – tabela 1) je u fazama kompletiranih „punih“ izveštaja o nacrtima, a na putu ka usvajanju od strane ISO (FCD ili DIS).



Slika 2. Struktura ISO/IEC JTC 1/SC 36 i publikovanih 19 standarda (15. 01. 2011)

Tabela 1. ISO/IEC... standardi u planu i fazama razvoja: NP, WD, CD ili DTR, kao i FCD ili DIS

WG	Standardi iz radnog programa SC 36/ Work Programme for JTC 1/SC 36	Limit date, [3]	+ time (year)
WG1	NP 2382-36 --- Vocabulary	2010.10.01.	4
	ISO/IEC 2382-36:2008/CD Cor 1	2011.12.01.	3
WG2	...DIS TR 29127 Intelligent System Process for Multilingual Semantic Reverse Query Expansion	2010.05.13.	3
WG3	...DTR 29140-1 --- Part 1: Learner reference model for nomadicity	/	3
	...DTR 29140-2 --- Part 2: Learner information for mobile learning	/	3
	...DIS TR 24763 Conceptual reference model for competencies and related objects	2009.12.12.	3
WG4	NP 19788-4 Metadata for learning resources -- Part 4: Technical elements	2010.10.01.	4
	...CD 19788-5 Metadata for learning resources --- Part 5: Educational elements	2010.10.01.	4
	...CD 19788-6 --- Part 6: Availability, distribution, and intellectual property elements	2010.10.01.	4
	...FCD 12785-2 Content packaging --- Part 2: XML binding	2010.04.01.	4
	...FCD 12785-2 Content packaging --- Part 3: Best practice and implementation guide	2012.02.13.	4
	...FCD 19788-2 Metadata for learning resources --- Part 2: Dublin Core elements	2012.02.13.	4
WG5	...FCD 19788-3 Metadata for learning resources --- Part 3: Basic application profile	2011.12.18.	4
	...CD 19796-2 --- Part 2: Harmonized quality model	2011.01.18.	ext
	...DTR 19796-4 --- Part 4: Best practice and implementation guide	/	4
WG6	...DIS TR 19796-5 --- Part 5: How to use ISO/IEC 19796-1	2009.07.18.	3
	...DTR 24725-1 Supportive technology and specification integration --- Part 1: Framework	2011.12.12.	ext
WG7	...DIS TR 24725-2.2 Part 2: Rights Expression Language (REL) - Commercial Applications	2009.08.12.	ext
	NP 24751-9 --- 9: Access for All Personal User Interface Preferences	2011.01.14.	3
	NP 24751-10 --- 10: Access for All User Interface Characteristics	2011.01.14.	3
	NP 29126 --- Concept definitions for user actions for use in LET Environments	2011.01.14.	3
	NP 29188 --- Individualized adaptability and accessibility in LET	2012.03.06.	3
SC36	NP TR 20006 --- Information Model for Competency	/	3
	NP 29187 Identification of Privacy Protection Requirements pertaining to LET	2010.09.07.	3
	..WD 20006-1: Competency General Framework and Information Model	2012.03.06.	3
	..WD 20006-2: Proficiency Information Model	2012.03.06.	3
	..WD 20006-3: Guidelines for the Aggregation of Competency Information and Data	2012.03.06.	3
	...CD 20013 IT for LET --- e-Portfolio Reference Model	2011.08.08.	3
	...FCD 20016-1: Framework and Reference Model for Semantic Interoperability	2012.03.21.	3
	...DIS TR 29139 30 Day Review for Fast Track Ballot ISO/IEC Type 3 Technical Report - ADL SCORM, 2004, 3rd Edition: Runtime Environment (RTE)	2008.07.25.	4

3. PRIMENE STANDARDA ZA INFORMACIONE TEHNOLOGIJE U OBRAZOVANJU

Logika pojednostavljena primene međunarodnih standarda ide preko razvoja i implementacije nacionalnih standarda i/ili podzakonskih akata, [8]. Kao primere u ovom pravcu možemo izdvojiti dobro organizovanu nacionalnu standardizaciju uređenih država. Tako, na primeru nacionalne standardizacije E-učenja u Rusiji, [7], kroz više faza sledi: 1) formiranje nacionalnog tela (2004. godine, sa više od 70 specijalista, preko 30 doktora nauka i profesora, iz obrazovnih i naučno-istraživačkih institucija), 2) grupisanje šest radnih tela u strukturi potkomiteta za „Informaciono-komunikacione tehnologije u obrazovanju“ – IKTO, 3) razvoj prvih šest nacionalnih standarda (GOST - do jula 2008), 4) planiranje i razradu sledećih pet nacionalnih standarda (2009), kao i 5) usaglašavanje planiranih standarda sa međunarodnim (sa SC 36 – plan za 2010. godinu) itd...

Nažalost, u Srbiji, Institut za standardizaciju do kraja 2010. godine nije oformio svoju nacionalnu Komisiju za oblast E-učenja, iako je iskazano značajno interesovanje sa više pojedinih fakulteta.

Sa druge strane, pojedinačne primene međunarodnih ISO/IEC standarda zahtevaju značajna izdvajanja, a lični dohodak nastavnika i saradnika u Srbiji to ne omogućuje. To pokazuju cene ISO/IEC standarda SC 36: iz 2004. jedan standard 50 CHF, 2005. još jedan 224 CHF, 2007. još jedan 136 CHF, 2008. još sedam standarda cenovno od 852 CHF, 2009 još šest standarda cenovno 1184 CHF, 2010. još jedan 74 CHF i 2011. još jedan 158 CHF. Ukupno za 18 ISO/IEC standarda potrebno je 2678 CHF, ili u proseku oko 150 CHF po jednom standardu, tačnije 148,78 CHF. A, prosečan lični dohodak na univerzitetima u Srbiji je (bez minulog rada – za decembar 2010): redovni profesor – 68.439; vanredni profesor – 63.497; docent – 58.147; asistent – 45.724 dinara!

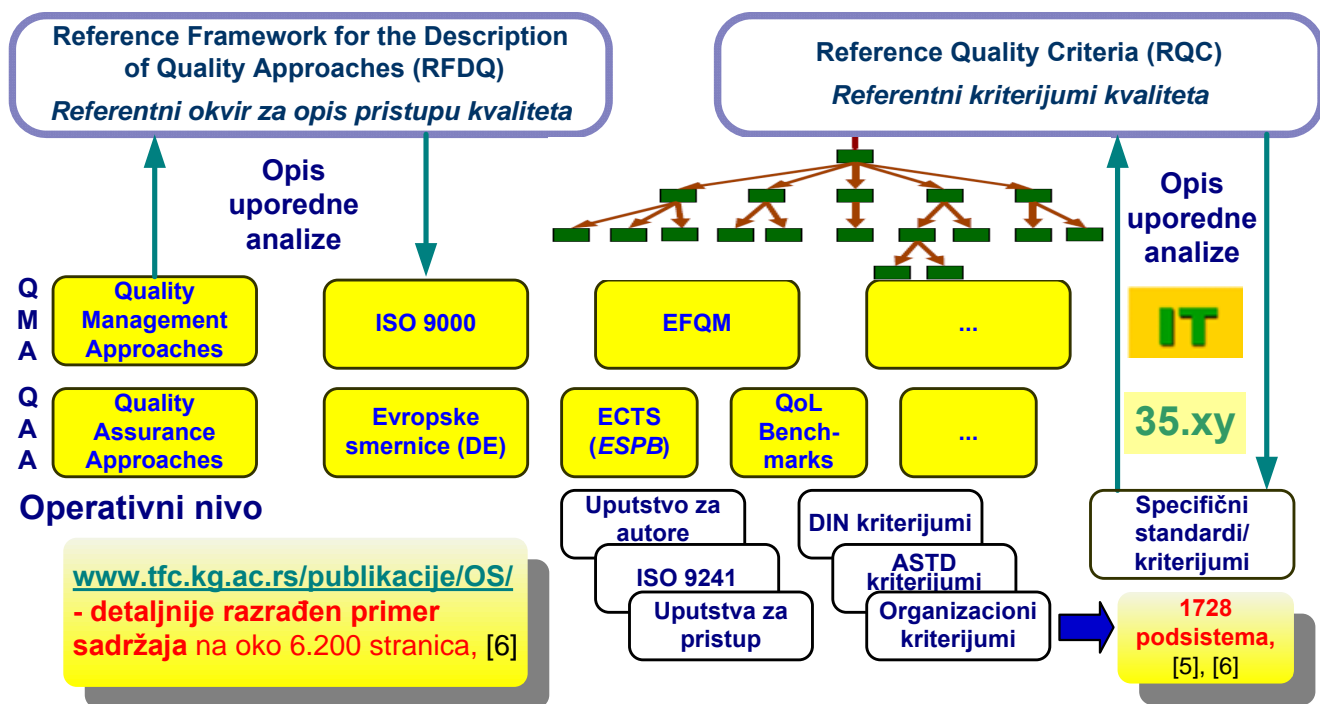
3.1 PRIMENE NA PRIMERIMA STANDARDIZACIJE IT I ISO/IEC 19796-1 NA TF U ČAČKU

Primeri primena standardizacije IT i IT u obrazovanju na Tehničkom fakultetu u Čačku egzistiraju od prvih godina tekućeg milenijuma, [4], [6], [9]. Koncept projekta “IT u integrisanim sistemima” istovremeno je i podrška inoviranim modelima studija IT, kao i primeri brojnih tematskih projekta i integrisanosti sistema, najmanje u pet nivoa, [5] (uključujući kao prvi nivo države, II – RFDQ, odnosno RQC u edukaciji, III nivo – QMA, ISO 9000, odnosno EFQM itd), slika 3.

Na trećem nivou primene standarda (QMA – menadžment kvalitetom...) razvijen je koncept internog projekta studijskog programa “Informacione tehnologije”, koji sadrži blizu 30 informatičkih premeta - [4], u integrisanim sistemima obrazovanja (EFQM), kvaliteta ISO 9000 i IT (prema [2], [9], slika 3).

Primeri primene „sistema“ na IV nivou (QAA), ili pristupi nastavnim predmetima definisani su: pravilnikom o ECTS, a svi informatički predmeti provedeni su kroz 12 standardizovanih segmenata IT (na primer: OS – operativni, ES – ekspertni, IS – informacioni, GIS – geografski, MIS – menadžment), kao i ostali fokusirani podsistemi obrazovnog sistema (IT u obrazovanju, E-učenje,...) itd.

Sa preko 2500 aktuelnih ISO/IEC standarda u oblasti IT, obezbeđuju se brojni kriterijumi, funkcionalnost, pouzdanost, upotrebljivost i ostale karakteristike koncepta koje potvrđuju primeri sa ovog operativnog nivoa, kao što su kriterijumi za primerni OS, [6]. Na ovom petom nivou su podsistemi (1728 podsistema = 12 x 12 x 12), uključujući integrisanost sistema najmanje u tri dimenzije: prva dimenzija je IT, druga EFQM, odnosno menadžment kvalitetom (QMA) i u trećoj dimenziji standardizovane aktivnosti E-učenja, pri međunarodnoj klasifikaciji, ICS=35.240.99...



Slika 3. Nivoi pristupa kvalitetu i standardizacija E-učenja (prema ISO/IEC 19796-1, [2], [4] - [7], [8], [9])

3.2 STANDARDI ZA AKREDITACIJU STUDIJSKIH PROGRAMA I UČENJE NA DALJINU U SRBIJI

Razvoj i primene međunarodnih standarda u oblasti E-učenja uslovljavaju sve veće interesovanje nacionalnih, posebno obrazovnih institucija i pojedinaca u Srbiji. Učešće Srbije u Bolonjskom procesu i integracija u svetsko informaciono i obrazovno društvo uslovljava neophodnost prilagođavanja srpskog sistema obrazovanja opštepriznatom svetskom nivou, pravilima i normama u na nivou obezbeđenja kvaliteta (QAA), akreditacije, potom nivou upravljanja kvalitetom (QMA) i potvrđivanja odgovornosti, kao i prateće standardizacije, a posebno u oblasti primena IT (ICS=35.240), odnosno E-učenja (JTC 1 / SC 36).

Primene tzv. „standarda 12“ (prema [8], strana 59-60), a koji se odnosi na akreditaciju studijskih programa prvog i drugog nivoa visokog obrazovanja za „Učenje na daljinu“ u Srbiji, analizirali smo na izdvojenim primerima sa Tehničkog fakulteta Čačak, Univerziteta u Kragujevcu. Za najmanje tri studijska programa (prema [4] i [9] iz 2008. godine), uključujući akreditovane studijske programe, od oko 80 raspoloživih Moodle-kurseva na TF Čačak, za učenje na daljinu je spremno i uspešno se realizuje najmanje oko 40 predmeta, od kojih oko 20 sa Katedre za IT. Međutim, u kombinaciji sa klasičnom nastavom, primeri pokazuju da jedan nastavnik/saradnik može imati punu normu klasične nastave - 100%, ali i „dodatnih“ aktivnosti za učenje na daljinu kroz više od tri predmeta – Moodle-kurseva sa trocifrenim brojem studenata (iako je „standardom 12“ predviđen maksimum od 80 studenata).

Sa aspekta obezbeđenja garantovanog nivoa kvaliteta, osnovni značaj ima razrada i primene nacionalnih standarda, usaglašenih sa međunarodnim i uslovima međunarodnih dogovora. To je moguće i uslovljeno aktivnim radom predstavnika Srbije u okviru ISO/IEC i drugih različitih međunarodnih udruženja i projekata (TEMPUS¹ i dr).

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Možemo zaključivati o najmanje pet nivoa/pristupa, sa 12 ključnih aspekata IT integrisanih sa EFQM modelom izvrsnosti: 1) terminološki, 2) organizacioni, 3) kadrovski, 4) razvojni, 5) međunarodni, 6) nacionalni, 7) inovacioni, 8) poslovni, 9) aspekti obezbeđenja resursa, 10) integracioni, 11) fokusi na znanje uz E-učenje, 12) aspekti primena i odgovarajućih rezultata. Ili, nešto konkretnije i detaljnije:

- aspekt razvoja (državni nivo), male zemlje kao Srbija, sa nedovoljno resursa za razvoj nacionalnih standarda kasne, najmanje za šest godina...
- iako je standarde lakše doneti nego masovno primeniti, standardizacija E-učenja na nivou menadžmenta kvalitetom (QMA) je od izuzetnog značaja za EFQM u praksu, kao i uređenje IT u obrazovanju (E-učenje), a posebno u visoko obrazovnim institucijama,

- zadovoljavajući nivo ili pristup obezbeđenja kvaliteta (QAA) i akreditacije je već dostignut u Srbiji i na Tehničkom fakultetu u Čačku, ali bez dokumentovane primene ISO/IEC standarda u E-učenju,
- nacionalna standardizacija E-učenja (kroz podzakonska akta, prema [8]), ne prati međunarodne standarde i jasne kriterijume,
- operativni nivo uvida nastavnika i saradnika u međunarodne standarde je veoma diskutabilan, jer zahteva njihov izlazak na svetsko tržište za kupovinu standarda, a sa „10-ostruko“ manjim ličnim dohotkom od proseka kolega u EU i razvijenim državama sveta...(?)
- aspekt rezultata ili postignuća naših nastavnika/saradnika, kao i svršenih studenata, ipak nije „10-ostruko“ lošiji od najboljih rezultata u svetu i EU (naprotiv, naši svršeni inženjeri olako prolaze na intervjuima za „odliv mozgova“ kod najjačih svetskih informatičkih firmi, a posebno sa ETF Beograd...).

LITERATURA

- [1] ISO/IEC, Information Technology, <http://www.iso.ch/CatalogueListPage.CatalogueList?ICS1=35>, Last update 15. 01. 2011.
- [2] ISO/IEC 19796-1, Information technology — Learning, education and Training — Quality management, assurance and metrics — Part 1: General approach (page 121), 01. 11. 2005.
- [3] ISO/IEC JTC 1 SC36, Committee URL: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/jtc1sc36>, Work Programme for ISO/IEC JTC 1/SC 36 N 2120, 22. 11. 2010. Meeting, Belfast Ireland, 15. 01. 2011.
- [4] Živadin Micić i dr: Elaborat o inoviranju nastavnih planova i programa na Tehničkom fakultetu u Čačku, Model izučavanja IT na novim informatičkim usmerenjima smera “Tehnika i informatika”, Tehnički fakultet Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, UDK: 371:004 (075.8), Verzija 05.08.31 (str. 94), avgust 2005.
- [5] Živadin Micić: IT u integrisanim sistemima, E-learning i standardizacija kroz model izvrsnosti, UDK: 371:004, TOS 2006, Zbornik radova str. 479-486, Tehnički fakultet Čačak, 13-16. april, 2006.
- [6] Živadin Micić: OS kroz IT, Tehnički fakultet Čačak, Univerzitet u Kragujevcu (www.tfc.kg.ac.yu/publikacije/OS/ od 28. 02. 2005. CD izdanje, januara 2006), <http://itlab.tfc.kg.ac.rs/moodle/course/view.php?id=70> – 2010. ili <http://itlab.tfc.kg.ac.rs/moodle/> - 2011.
- [7] Позднеев Борис Михайлович, Сутягин Максим Валерьевич: Состояние и перспективы стандартизации e-learning, it-edu.ru/docs/Sekziya_1/19_Pozdneev_1253189671972699.doc 2010.
- [8] *** Akreditacija u visokom obrazovanju, Republika Srbija, Ministarstvo prosvete i sporta, Drugo dopunjeno i izmenjeno izdanje: <http://www.kap.kg.ac.rs/> Copyright © 2007-2010 KAPK, Beograd, 2010.
- [9] *** Interna dokumentacija, Arhiva internih projekata, monografija i drugih radova, Biblioteka Tehničkog fakulteta Čačak, www.tfc.kg.ac.rs, 2000-2011.

¹ ovaj rad je realizovan u okviru TEMPUS projekta "Enhancing the quality of distance learning at Western Balkan higher education institutions" - DL@WeB, 2010-2013.

IMPLEMENTACIJA VIRTUALNE RAČUNARSKE LABORATORIJE NA UNIVERZITETU »MEDITERAN« IMPLEMENTATION OF VIRTUAL COMPUTER LAB AT THE »MEDITERAN« UNIVERSITY

Zoran Ćorović, Igor Pekić, Ramo Šendelj, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet »Mediteran«, Podgorica*

Sadržaj - "Cloud computing" postaje sve popularniji, najviše zbog svoje fleksibilnosti i efikasnosti pri iskorištenju resursa koje pruža. U ovom radu su opisani osnovni koncepti virtualizacije, "cloud computing"-a, način uspostavljanja sigurnosnog sistema i prikazana je njihova praktična primjena kroz idejno rješenje kreiranja virtuelne računarske laboratorije na Univerzitetu "Mediteran". U radu se opisani postupci razvoja, struktura i arhitektura virtuelne računarske laboratorije i njen značaj za obrzovni proces.

Abstract - "Cloud computing" is becoming more and more popular today, at most for its flexibility and effectiveness at resource management. This paper analyzes the concept of virtualization, the concept of cloud computing, the security of both approaches, as well as practical example through the idea of creating virtual computer lab at University "Mediteran". Paper covers the steps of development, created structure and architecture of virtual computer lab and its significance to the educational process.

1. UVOD

Pojam "cloud computinga" je relativno nov pojam u svijetu IT tehnologija, izgrađen na dugogodišnjim istraživanjima u virtualizaciji, distribuiranim sistemima, a od skoro i na mrežnim, web i softverskim tehnologijama. Jedna od njegovih najbitnih karakteristika je mogućnost široke primjene u mnogim oblastima privrede i društvenih aktivnosti .

Tradicionalno, univerziteti pružaju studentima mogućnost da u savremenim laboratorijama praktično razvijaju usvojena znanja. Danas je neophodno da takve laboratorije posjeduju savremene računare, adekvatan softver i mnoge druge IT resurse. Nabavka i održavanje neophodnih IT resursa je izuzetno skupa, ali pored velikih finansijskih izdataka veoma je čest slučaj da su laboratorijski kapaciteti nedovoljni za veliki broj studenata.

Virtuelne laboratorije rešavaju problem nedovoljnih laboratorijskih kapaciteta, pojednostavljuju održavanje IT resursa i oslobađaju studente i univerzitete od ulaganja velikih finansijskih sredstava pri nabavci računarske opreme i softvera.

Virtuelna računarska laboratorija predstavlja određenu biblioteku računarskog softvera na različitim platformama, i čiju srž čine koncepti virtualizacije i cloud computinga. Korisnici pristupaju laboratoriji kroz standardni web čitač, i pokreću virtuelnu mašinu, tako da ne moraju imati velike IT resurse, jer ih pribavljaju od virtualne računarske laboratorije. Ovim pristupom postiže više fleksibilnosti u radu, ali sa druge strane postoje određeni problemi pri implementaciji laboratorije.

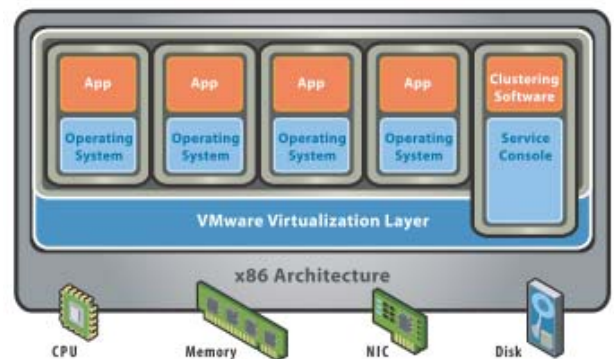
Izgradnja stabilnog i robustnog virtualnog okruženja je jedan složen i skup projekat, i predstavlja implementaciju više koncepata (najprije virtualizacije i "cloud computinga") istovremeno.

U ovom radu je prikazan postupak izrade virtuelne laboratorije i njeni efekti za obrazovne ustanove vezane za problem primjene informacionih tehnologija.

2. VIRTUALIZACIJA

Virtualizacija podrazumjeva apstrakciju hardverskih resursa, i izolaciju instanci operativnih sistema, što omogućava portabilnost i djeljivost resursa. [1]

Virtualizacija istovremeno skriva od krajnjeg korisnika razne fizičke karakteristike računara na kojem se izvršava virtualna mašina, tako što daje tzv. virtualnu sliku (eng. "virtual image").



Sl. 1: Koncept virtualizacije

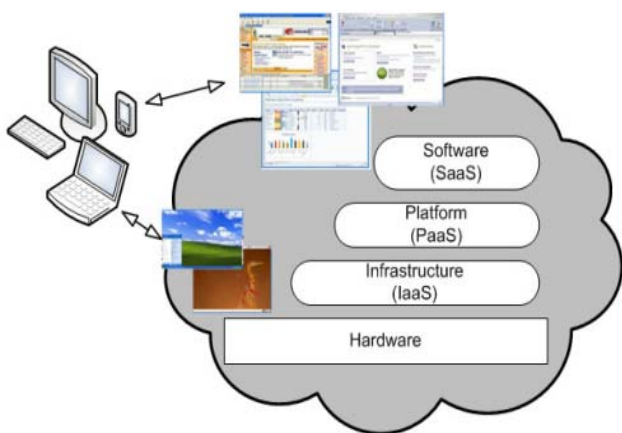
Pojam virtualne mašine datira još od šezdesetih godina XX vijeka.[2] Međutim, kako se stvari u IT tehnologijama brzo mijenjaju, tako je i virtualizacija evoluirala. Moderni računari imaju dovoljno resursa da koriste koncept virtualizacije kako bi stvorili više manjih "virtuelnih mašina", gdje svaki izvršava jednu instancu određenog operativnog sistema.

Izuzetno značajne prednosti ovog koncepta, motivisale su desetine firmi da se posvete njenom istraživanju, nudeći softverske pakete koji podržavaju virtualizaciju. Među

vodećim su komercijalni VMware i Xen (open source projekat, baziran na Linux-u i razvijen od strane XenSource-a). Osim ovih, velike IT kompanije su takođe pokazale interesovanje za ovu tehnologiju (IBM, HP, Intel, RedHat, Sun), što ukazuje na to koliko se pažnje posvjećuje ovoj inovaciji.

3. "CLOUD COMPUTING"

"Cloud computing" jer relativno nov termin, koji se danas često koristi da opiše jednostavnu upotrebu Interneta u cilju pristupa širokom spektru tehnoloških servisa. [3] Tehnološka infrastruktura, odnosno računarski resursi, su kontrolisani od neke treće strane, odnosno provajdera cloud usluga. Godine istraživanja u oblasti virtualizacije, distribuiranih računarskih sistema, grid sistema, i u skorije vrijeme i mreža, weba i određenih softverskih servisa, su dovele do nastanka "cloud computinga".



Sl. 2: "Cloud Computing" tipovi

"Cloud computing" za krajnjeg korisnika omogućava smanjene opštih troškova koje zahtjevaju informacione tehnologije, veću fleksibilnost za samog korisnika, veću ekonomičnost pružajući set usluga na zahtjev korisnika. Glavna obilježja ovog koncepta su apstrakcija i sakrivanje kompleksnosti, korištenje udaljenih resursa, kao i efikasno iskorištenje distribuiranih resursa. Ovo okruženje dozvoljava pouzdanu agregaciju, dijeljenje i alokaciju softvera, kao i ostalih računarskih resursa.

Značajne prednosti koje sama infrastruktura dobija kroz koncept "cloud computinga" su poboljšana iskorištenost servera i poboljšana pouzdanost, dok kranji korisnici profitiraju kroz lakoću implementacije virtualne "slike" određene platforme, kao i kroz jednostavnost upotrebe, korištenja clouda "po pozivu".

Međutim, osim prednosti "cloud computing" ima i određene mane. Kako je ovaj koncept još uvijek u fazi razvoja, standardizacioni model nije u potpunosti razvijen. Osim ovoga, javlja se i problem sigurnosti.

"Cloud computing" nije jedinstven koncept, već jedan apstraktni termin. Različiti "cloud" provajderi nude različite "cloud" servise, i trenutno ih postoje tri:[4]

- **Infrastruktura kao servis (eng. IaaS)**, nudi servise niskog nivoa kao što su virtualne mašine.

- **Platforma kao servis (eng. PaaS)**, gdje cloud operater nudi API, koji koriste programeri da razviju (web) aplikacije sa korisničkim interfejsima.
- **Softver kao servis (eng. SaaS)**, koristan za krajnje korisnike. Primjeri za to su web bazirane aplikacije kao npr. "Google Docs".

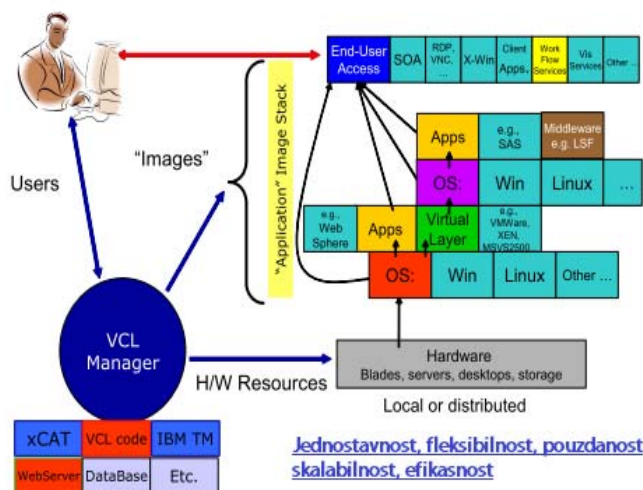
4. IMPLEMENTACIJA UNIVERZITETSKE VIRTUALNE RAČUNARSKE LABORATORIJE

Računarski hardver potreban da obezbijedi kompletno mrežno okruženje i sigurnost računarskih laboratorija je često previše skup i nedostupan. Ipak upotrebom virtualizacije može se doći do podesnog rješenja po mnogo nižem trošku. Instalacija neophodnog softvera na mnoštvo računara zahtijeva mnogo vremena, čime se povećava rizik od grešaka koje se mogu pojaviti prilikom instalacija i konfiguracija.

Virtualizacijom se dobijaju laboratorijski kapaciteti koji su u stanju da opsluže potrebe većeg broja studenata bez potrebe za zauzimanjem adekvatnog fizičkog prostora univerziteta.

Izuzetne olakšice virtualizacija računarskih laboratorija nudi i studentima, obezbeđujući im udaljen i kvalitetan pristup IT resursima 24 sata dnevno, bez potrebe nabavke kvalitetnog hardverskog okruženja i plaćanja zahtjevanog softvera (sistemskog i aplikativnog).

Uvođenjem virtualizacije, softver instaliran na fakultetu studenti mogu koristiti od kuće, putem Interneta. Trošak kupovanja dodatnih licenci od strane studenata se gubi. Vrijeme potrebno za instalaciju virtualne "slike" računara je manje od vremena potrebnog za instalaciju i konfiguraciju pojedinačne fizičke mašine.



Sl. 3: Struktura virtualne računarske laboratorije

Cilj implementacije projekta virtualne računarske laboratorije je stvaranje sveobuhvatnog računarskog okruženja koje apsolutno izlazi u susret svim računarskih zahtjevima fakulteta, odnosno Univerziteta "Mediterran". Bitni ciljevi koji su postignuti implementacijom ovog projekta su:

- smanjeno vrijeme softverskog osposobljavanja univerzitetskih računara.
- smanjena je količina instaliranog softvera obezbjeđivanjem pristupa aplikacijama virtualne laboratorije putem mreže.
- efikasno je iskorišten licencirani softver na broj virtualnih "slika", kojih je manje nego ukupnog broja računara.
- smanjeni su studentske troškove trgovine softvera za njihove personalne računare, jednostavnim omogućavanjem pristupa aplikacijama virtualne laboratorije putem Interneta.
- obezbjeđen je širok spektar aplikacije na ekonomičan način.
- pružena je podrška svim računarima na Univerzitetu da pristupe bilo kojoj aplikaciji bez preopterećivanja samih računara.
- i na kraju, pružena je kvalitetna podrška za distance learning sistem kroz virtualizaciju.

Iz nabrojanih stavki se podrazumijeva troškovna efikasnost same laboratorije. Virtualna laboratorija predstavlja dobro pogodno okruženje za univerzitetske jedinice iz više razloga.

Uvođenjem virtualne računarske laboratorije se lako prevazilaze izazovi koji se javljaju prilikom predavanja usko stručnih predmeta (npr. razvoj web aplikacija, gdje student mora imati administratorske privilegije, kako bi imao opciju instalacije raznih softverskih alata).

Virtualna računarska laboratorija na Univerzitetu "Mediteran" je udaljeni servis koji dozvoljava korisnicima pristup njenim resursima upotrebom internet konekcije. Pristup je platformski nezavistan, što znači da korisnici mogu pristupiti laboratoriji nezavisno od toga koji operativni sistem posjeduju, a zatim koristiti razne računarske konfiguracije i aplikacije koje nudi laboratorija.

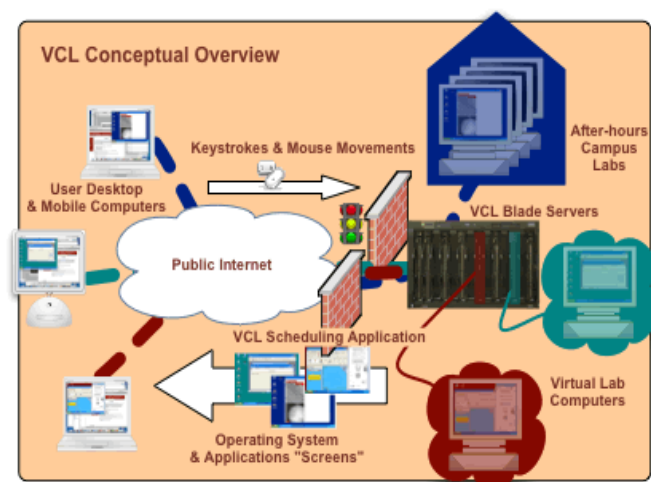
Slika 3. prikazuje strukturni model iz kojeg se jasno vidi funkcionisanje virtualne računarske laboratorije na Univerzitetu "Mediteran". Pristup resursima virtualne laboratorije se odvija putem weba.

Protokol koji se koristi za pristup serverima laboratorije je RDP (za pristup aplikacijama Windows operativnog sistema) ili SSH (za pristup Linuxovom okruženju). Oba protokola rade dobro i pod konekcijama sa slabijim protokom, ali generalno govoreći i gledajući broj konekcija koje laboratorija opslužuje istovremeno, obezbijeden je protok od deset megabita (10 Mbits/s) simetrične komunikacije, dok se u lokalnoj mreži komunikacija odvija brzinom od sto megabita (100 Mbits/s).

Sa druge strane, klijenti ne bi trebali da osjete smetnje u radu pri korištenju konekcije dozvoljenog protoka od jednog megabita (1Mbit/s) asimetrične komunikacije. Autentifikacija, nivoi autorizacije i ostali podaci se čuvaju u bazi.

Čitav model laboratorije se sastoji iz tri sloja: **web servera**, **servera baze podataka** i jednog ili više **menadžment**

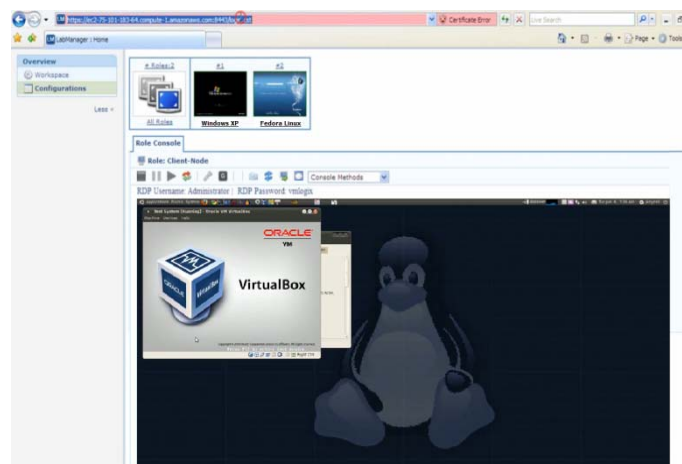
čvorova. Menadžment čvorovi imaju kontrolu nad hardverskim resursima.



Slika 4. Arhitektura laboratorije

Web server je Linux orjentisana mašina, sa instaliranim open source web server softverom, **lighttpd** i **MySQL** bazom podataka. Srž samog servera pruža PHP web aplikacija kroz koju se mogu vršiti akcije prijavljivanja na sistem računarske laboratorije, ili čekirati rezervacije korisnika za kreiranje virtualnih "slika" odnosno podnošenje zahtjeva za korištenjem resursa laboratorije.

U bazi se čuvaju svi podaci vezani za rezervacije, prava pristupa, kao i log podaci. Izgled ekrana korisnika koji je prijavljen na sistem virtualne računarske laboratorije prikazan je na slici 5.



Slika 5: Izgled web čitača sa virtuelnom mašinom

Svaki od menadžment čvorova kontroliše dio resursa laboratorije. Glavni resursi osim virtualnih mašina su tzv. "blades" serveri. Broj ovakvih servera u klasteru je trenutno ograničen na trideset u laboratoriji Univerziteta, i ta brojka može da opslužuje potrebe Univerziteta "Mediteran", za koji se može reći da je relativno mali jer broji oko 2500 studenata.

Ukoliko laboratorija pokaže značajne rezultate, odnosno ukoliko se pokaže da smanjuje troškove, vremenske i novčane, zasigurno bi se razmatrala i opcija proširenja

odnosno pružanja usluga laboratorije i na druge subjekte unutar Atlas grupe i u komercijalne svrhe.

Ukoliko bi se predloženo rješenje strateški prihvatilo od strane rukovodstva Univerziteta "Mediteran" virtualna računarska laboratorija bi nedvosmisleno pružila sledeće prednosti:

- Bilo kakav softver bi se lako implementirao i smanjilo bi se vrijeme konfiguracije računarskih sala.
- Pojednostavio bi se menadžment softverskih licenci
- Studentima je omogućen pristup univerzitetskom softveru sa bilo koje lokacije povezane na Internet, pri čemu računari koji pristupaju laboratoriji spolja mogu biti i starije odnosno sporije mašine, iz razloga što se sva obrada izvršava na serveru.
- Potpuna platformaska nezavisnost

5. SIGURNOST I ISPLATIVOST VIRTUALNE RAČUNARSKE LABORATORIJE

Jako bitna tema u svim sferama informacionih tehnologije, pa tako i u ovoj je tema sigurnosti, koja svakako predstavlja jedan dodatni izazov na jednom ovakvom projektu.

Postoji veći broj sigurnosnih pitanja koji se trebaju razmotriti pri planiranju, implementaciji i održavanju virtualnih sistema. Mnoga od njih se mogu ublažiti sa pravilnom konfiguracijom mreže, definisanjem polisa i kreiranjem procedura za implementaciju istih. Iz razloga što je ova tehnologija nova, postoji još mnoštvo stvari i situacija za koje ne znamo, i koje tek treba da se izuče, ali pravilnom konfiguracijom i "zaključavanjem" sistema znatno će se smanjiti ekspozicija privatnosti. [5]

Da bi se ovo obezbedilo nameće se rješenje kroz izolaciju servisa sa kraja na kraj korištenjem VPN-a ili SSH tunela, što garantuje integritet podataka u "cloudu". Osim ovoga, kao dodatno rješenje iznalazi se upotreba kriptografskih ključeva ili sertifikata za svakog od krajnjih korisnika. Ovo bi se izvelo podprojektom implementacije PKI infrastrukture unutar virtualne računarske laboratorije. Ovakav podprojekat je trenutno u fazi izrade.

Pitanje isplativosti i ukupnog troška ovakvog projekta je zaista komplikovano. Trošak izgradnje i održavanja servisa definitivno daje glavni odgovor po pitanju isplativosti, ali treba dati prostora i razvoju ovakvog jednog projekta nezavisno od troškova, jer su mogućnosti koje on pruža zaista velike.

Sumarno, uz porast broja studenata Univerziteta i eventualnog proširivanja usluga laboratorije na sve zainteresovane ustanove, a samim tim i porasta iskorištenosti servisa laboratorije, smatram da je pitanje isplativosti znatno u korist Univerziteta "Mediteran".

6. ZAKLJUČAK

Virtualizacija je efektivno rješenje za univerzitete da izađu u susret promjenljivoj i zahtjevnoj informacionoj tehnologiji. Međutim, preduzimanje ovakvog projekta može biti opterećujuće na finansijskom planu.

Ipak, idejno rješenje za jedan relativno mali univerzitet kakav je "Mediteran" koje nudi studentima najnapredniju tehnologiju u cilju što adekvatnijeg pripremanja istih za radno mjesto bilo gdje u zemlji, čini se jako isplativo. Osim toga ovaj projekat istovremeno nudi i jednostavno rješenje za mukotrpnju i dugotrajnu implementaciju softvera na univerzitetskim računarima, po jednom jednostavnom konceptu virtualizacije i "cloud computinga".

"Cloud computing" je još uvijek oblast informacionih tehnologija koja je u razvoju, pa novi projekti iz ove oblasti stalno nastaju, posebno kroz open source zajednicu. Virtualna računarska laboratorija prikazana u ovom radu će zasigurno trebati da se usavršava kako se budu pojavljivale nove platforme i novi trendovi razvoja informacionih tehnologija.

LITERATURA

- [1] Internet: <http://en.wikipedia.org/wiki/Virtualization>
- [2] Billy Reeder, IBM: "A Brief History of Time, Virtualized", February, 2010
- [3] Internet: <http://www.ibm.com/ibm/cloud/>
- [4] Craig A. Lee, "A Perspective on Scientific Cloud Computing"
- [5] Internet, web prezentacija o sigurnosti clouda: <http://cloudsecurity.org/tags/presentations.html>

PRIMJENA SOFTVERA MATLAB / SIMULINK U PROJEKTOVANJU MODELA FOTONAPONSKIH PANELA

MATLAB / SIMULINK SOFTWARE APPLICATION IN THE DESIGN OF MODELS PHOTOVOLTAIC PANELS

Duško Penezić, Vladan Vujičić, Martin Čalasan, *Elektrotehnički fakultet – Podgorica*

Sadržaj - U radu su prikazani postupci i metode koje se koriste u projektovanju fotonaponskih sistema, korišćenjem softvera Matlab/Simulink. Posebna pažnja je posvećena analizi rezultata simulacije modela PV panela, kao ključnog elemenata, svakog fotonaponskog sistema. Dobijeni rezultati su upoređeni sa karakteristikama koje daje proizvođač PV modula i izveden odgovarajući zaključak.

Abstract - The paper presents procedures and methods used in the design of photovoltaic systems, using the software Matlab / Simulink. Special attention is devoted to analyzing the results of simulation models of PV panels, as key elements of each photovoltaic systems. The results were compared with the characteristics given by the manufacturer of PV modules and derived an appropriate conclusion.

Ključne riječi: Matlab/Simulink, fotonaponski paneli, maksimalna snaga, simulacioni modeli

Keywords: Matlab / Simulink, photovoltaic panels, maximum power point, the simulation models

1. UVOD

Matlab/Simulink je postao nezamenljiv i standardan alat u fazi projektovanja i analizi rada, modelovanih fotonaponskih sistema. Zahtijevi za maksimalnim povećanjem efikasnosti, zatim činjenice da su ovi sistemi nelinearni, primorali su inženjere energetske elektronike da u radu koriste kompjuterske simulacije za proučavanje i analizu rada, a da pri tome ne moraju da ih izgrađuju.

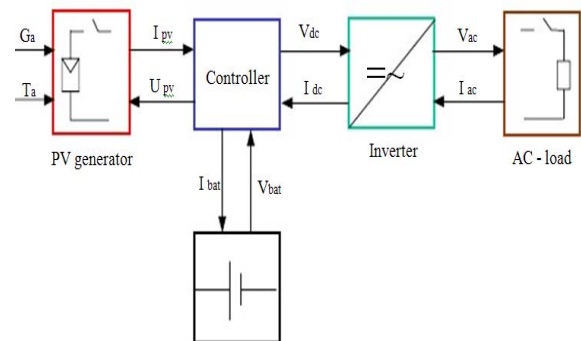
Treba reći da i najsavremeniji simulacioni programi ne mogu u potpunosti predstaviti sve parametre i aspekte realne opreme. Tačnost simulacionih rezultata zavisi od ispravnosti komponenata modela i odgovarajućeg prepoznavanja i uključenja u model parazitnih elemenata, kao što su parazitne kapacitivnosti i induktivnosti. I pored toga, danas je teško zamisliti zadatak u energetskoj elektronici, koji se rješava bez pomoći kompjuterske simulacije.

2. FOTONAPONSKI SISTEMI

Svaki sistem solarnog električnog napajanja sastoji se od pet osnovnih elementa, a to su: solarni modul, solarni DC/DC regulator, akumulatorska baterija, invertori DC/AC i potrošači (sl.1).

Najvažniji faktor koji utiče na proizvodnju električne energije svakog fotonaponskog modula, jeste njegova snaga. Snaga PV modula zavisi od starosti i od vremenskih uslova. Kontraproporcionalna je sa temperaturom, tj. smanjuje se sa porastom temperature a povećava sa njenim sniženjem. Prilikom upoređivanja različitih tipova solarnih modula, važno je usporediti njihove maksimalne snage. Bitan pokazatelj opšteg kvaliteta fotonaponskih modula, jeste

veličina odstupanja od nazivne snage u zavisnosti od pomenutih faktora, temperature okoline i starosti PV modula.



Sl.1. Elementi fotonaponskog energetskog sistema

Solarni regulatori ili DC/DC pretvarači su ključni dio fotonaponskog sistema i služe za povećanje efikasnosti PV sistema. Oni prilagođavaju izlazni napon solarnog modula, naponu akumulatorske baterije, odnosno potrošača.

Uobičajeni solarni regulatori na današnjem tržištu (regulatori niže cijene), ne dozvoljavaju solarnim modulima rad uz napon pri kojem je snaga modula najveća. Regulator pri punjenju spaja solarni modul direktno na akumulatorsku bateriju. Pri tome se napon solarnog modula prisilno snizi na veličinu napona akumulatorske baterije, dok struja modula ostaje približno ista. Kako je električna snaga proporcionalna proizvodu struje i napona, dolazi do gubitka snage srazmjerno sniženju napona PV modula. Za posljedicu imamo veliki gubitak energije u solarnim sistemima, čak i do 30%. Ovaj problem se danas otklanja upotrebom novih generacija solarnih regulatora, tzv. MPPT regulatora.

MPPT (Maximum Power Point Tracking) regulatori imaju mogućnost da uvijek održavaju napon solarnih modula na nivou, na kojem je snaga najveća. Napon solarnog modula za najveću snagu, veći je od napona baterije. MPPT regulator se ponaša kao transformator, spojen između solarnih modula i baterije. Pri prijenosu snage od solarnih modula na bateriju, struja punjenja se povećava i to proporcionalno sniženju napona. Struja punjenja kod ovih regulatora je veća u odnosu na druge vrste regulatora što je baterija praznija. Još jedna prednost MPPT regulatora je što se zadržavanjem iste struje punjenja akumulatorske baterije, njihovom upotrebom smanjuje broj potrebnih solarnih modula. Zbog visoke cijene, nekada je njihova upotreba bila opravdana samo u solarnim sistemima velikih snaga, dok se danas njihova upotreba isplati i u sistemima manje snage.

3. SIMULINK MODEL FOTONAPONSKOG PANELA

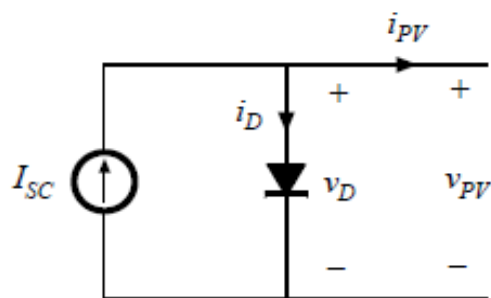
Solarni ili PV (photovoltaic) panel je električni generator sastavljen od više solarnih fotonaponskih modula. On može da obezbedi dovoljnu energiju za napajanje uređaja, snage iznad 10 W. Kod projektovanja solarnog panela, najvažnije je izvršiti pravilan proračun instalisane snage. Da bi se dobila veća snaga, ovi paneli se takođe povezuju redno ili paralelno i tada dobijamo električni generator velike snage.

Solarni modul predstavlja matricu međusobno povezanih solarnih ćelija i omogućava praktičnu primjenu solarnih ćelija, koje su obično povezane na red, tako da kroz njih teče ista struja. Za praktičnu primjenu, važan je način određivanja broja solarnih ćelija u modulu. Napon koji daje jedna solarna ćelja je reda oko 0,7 V pa se obično izrađuju moduli koji u sebi sadrže (32 ili 72 solarne ćelije), a može i sa većim brojem u zavisnosti od toga, kolika se želi dobiti vrijednost izlaznog napona.

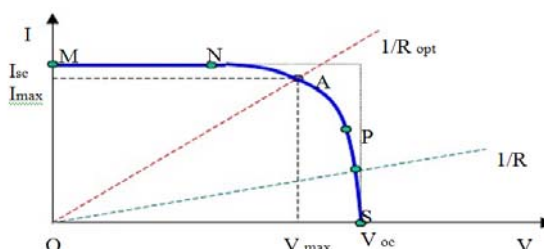
3.1. SIMULINK MODEL SOLARNE ĆELIJE

Solarne ćelije predstavljaju „najelegantniji” izvor električne energije od svih današnjih poznatih. Solarne ćelije radi na bazi poluprovodničkog P-N spoja. Za objašnjenje njenog rada potrebno je poznavati kvantne procese u čvrstom stanju. U ovom poglavlju biće predstavljen osnovni metod modelovanja solarne ćelije i rezultati simulacije biti upoređeni sa osnovnom (tipičnom) strujno-naponskom karakteristikom.

Na (sl.2) dat je prikaz osnovnog ekvivalentnog kola električne šeme solarne ćelije bez opterećenja, a na (sl.3) njena tipična strujno-naponska karakteristika, kada na njenim krajevima postoji opterećenje.



Sl.2. Osnovna električna šema solarne ćelije, (jednodiodni model)



Sl.3. Tipična I-V karakteristika solarne ćelije

Osnovne jednačine koje opisuju električni model solarne ćelije na (sl.2) su:

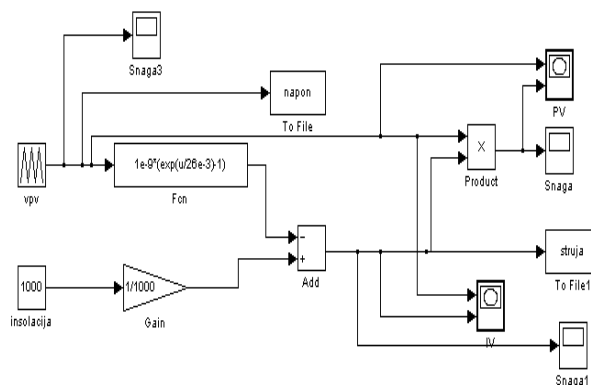
$$i_D = (e^{V_D / V_T} - 1), \quad v_D = v_{PV}$$

$$i_{PV} = I_{sc} - i_D \quad (1)$$

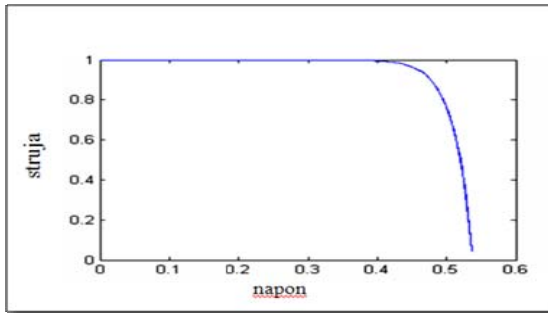
U gornjoj jednačini I_{sc} je foto-struja, v_D napon diode, V_T naponski ekvivalent temperature.

Na osnovu modela sa (sl.2) i formule (1), predložen je detaljan model solarne ćelije u Simulink paketu na (sl.4), pri čemu su za trenutak pretpostavljeni konstantni uslovi sredine (uzeto je da je intezitet sunčevog zračenja 1000 W/m^2 , pri konstantnoj temperaturi).

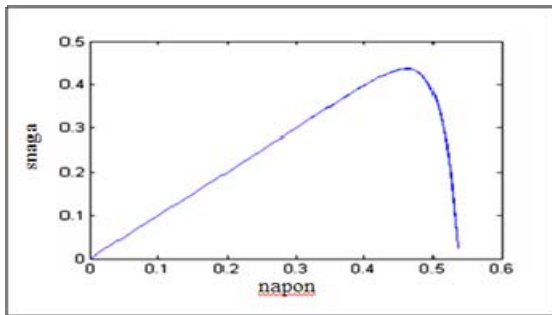
Rezultati simulacije prikazani su na slikama (5 i 6).



Sl.4. Model solarne ćelije u Matlab/simulinku



Sl.5. I-V karakteristika simulacionog modela solarne ćelije

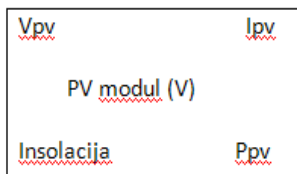


Sl. 6. P-V karakteristika simulacionog modela solarne ćelije

Sa simulacionih dijagrama se vidi da strujno - naponska karakteristika, odgovara I-V karakteristici solarne ćelije na (sl.3), koja je dobijena mjernim instrumentima u laboratorijskim uslovima. Na sličan način možemo modelirati i električni model solarne ćelije sa opterećenjem i dobijene rezultate uporediti sa onima koje daje proizvođač. Ovdje je prikazan samo osnovni princip modelovnja.

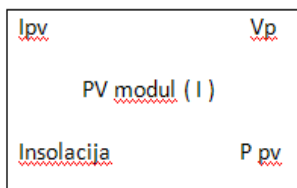
3.2. SIMULINK MODEL SOLARNOG (PV) MODULA

U praksi postoje dva postupka ili dvije metode modelovanja PV modula, koji se koriste u zavisnosti da li nam na izlazu PV modula treba veći napon ili struja. Dakle postoji: serijski model (naponski model - sl.7.a), gdje su solarne ćelije vezane serijski i paralelni model (strujni model sl.7.b), kod koga su solarne ćelije vezane paralelno.



Sl.7.a Naponski PV modul

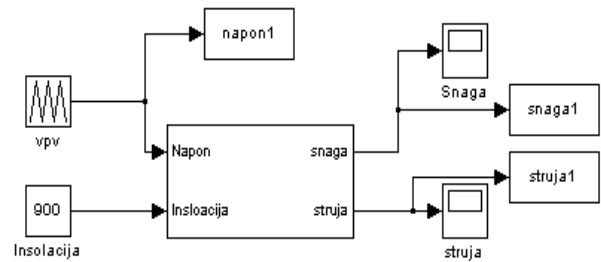
- Ulaz:
- PV napon V_{pv} (V)
 - Insolacija (W/m^2)
- Izlaz:
- PV struja I_{pv} (A)
 - PV snaga P_{pv} (W)



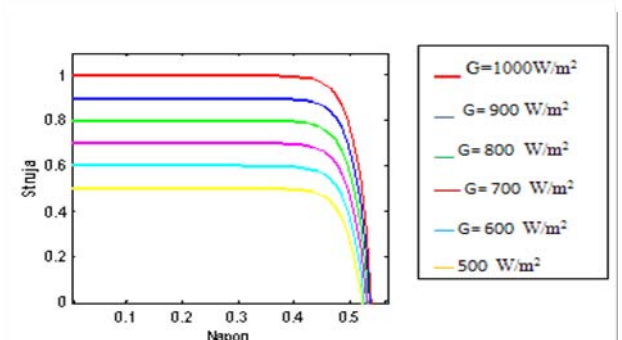
Sl.7.b Strujni P-V modul

- Ulaz:
- PV struja I_{pv} (A)
 - Insolacija (W/m^2)
- Izlaz:
- PV napon V_{pv} (V)
 - PV snaga P_{pv} (W)

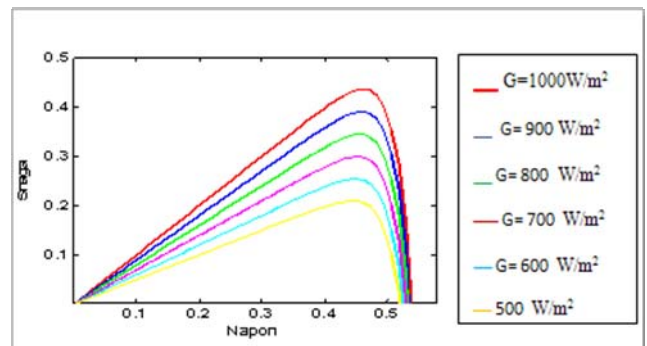
Na (sl.8) prikazan je simulacioni model naponskog PV modula, a na slikama (9.a i 9.b) prikazani su rezultati simulacije za različite vrijednosti inteziteta sunčevog zračenja.



Sl.8. Simulacioni model naponskog PV modula



Sl.9.a I-V karakteristika PV modula za različite vrijednosti sunčevog zračenja



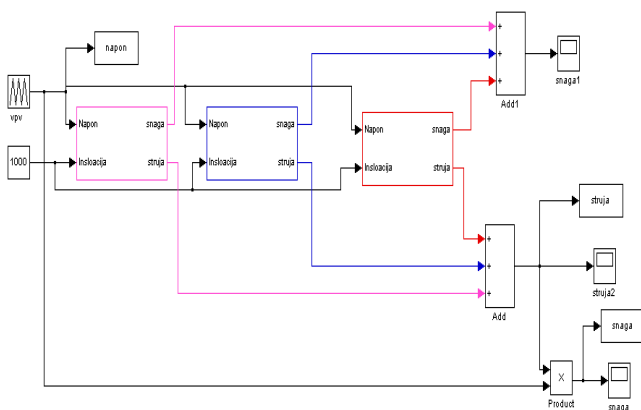
Sl.9.b P-V karakteristika PV modula za različite vrijednosti sunčevog zračenja

Na (sl.9.a) vidi se da struja kratkog spoja ima linearnu zavisnost sa promjenom inteziteta sunčevog zračenja, a na (sl. 9.b), da i snaga modula linearno prati promjene inteziteta sunčevog zračenja. Napon otvorenog kola i u jednom i u drugom primjeru, pokazuje logaritamsku zavisnost sa promjenom inteziteta sunčevog zračenja.

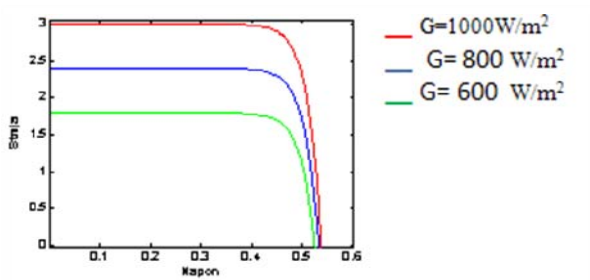
3.3 . SIMULACIONI MODEL SOLARNOG PANELA

Rekli smo već, solarni ili PV (photovoltaic) panel je električni generator sastavljen od više solarnih fotonaponskih modula. On može sadržati više solarnih modula u sebi koji mogu među sobom biti povezani redno ili paralelno, slično

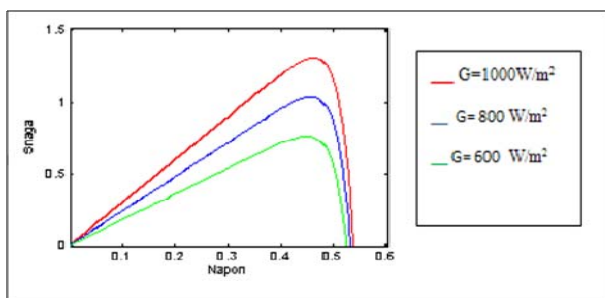
solarnim ćelijama u modulu. U ovom radu je predložen i projektovan jedan od ova dva metoda i to metod sa paralelnim vezivanjem PV modula (naponski tip PV modela). Uzeta su tri PV modula indetičnih karakteristika i projektovan je model takvog solarnog panela u Matlab/Simulinku (sl. 10). Rezultati simulacije dati su na slikama (11.a i 11.b). U simulacionom modelu uzeti su uticaji sredine (promjene inteziteta zračenja, pri konstantnoj temperaturi).



Sl.10. Model PV panela (generatora) realizovanog paralelnim vezivanjem tri PV naponska modula



Sl.11.a I-V karakteristika PV panela za različite vrijednosti inteziteta sunčevog zračenja



Sl.11.b P-V karakteristika PV panela za različite vrijednosti inteziteta sunčevog zračenja

Na slikama (11.a i 11.b) vidi se da struja, a takođe i snaga fotonaponskih panela, pokazuje linearnu zavisnost sa promjenom inteziteta sunčevog zračenja, indetično kao i kod fotonaponskih modula. To je ujedno i potvrda, da je predloženi model fotonaponskog panela, ispravno projektovan.

4. REZULTATI SIMULACIJE

Rezultati simulacije su prikazani na prethodnim slikama detaljno i u ovom poglavlju treba naglasiti da zbog ograničenosti prostora nisu prikazani i rezultati simulacije prethodnih modela (solarne ćelije, solarnog modula i solarnog panela) kada se u obzir uzme i uticaj temperature. Obzirom da promjene temperature približno linearno utiču na promjene I-V i P-V karakteristike solarnih modula, to možemo dobijene rezultate u Matlab/Simulinku smatrati približno pouzdanim u donošenju odgovarajućih zaključaka i analizi rada simulacionih PV modela.

5. ZAKLJUČAK

U radu je kroz tri primjera simulacije elemenata solarnog panela u programskom paketu Matlab/Simulink, predstavljen jedan od zadataka inženjera energetske elektronike, koji se bavi projektovanjem i ispitivanjem obnovljivih izvora energije.

Na sličan način, mogu se modelovati i ostali elementi fotonaponskih sistema: solarne baterije, DC/DC regulatori, DC/AC invertori. Krajnji cilj je svakako modelovanje velikog sistema, tj. solarne centrale koja može da se poveže sa distributivnom naizmeničnom mrežom.

Rezultati simulacije mogu poslužiti kao polazna osnova za modelovanje složenijih fotonaponskih sistema sistema, što je i bio cilj.

LITERATURA

- [1] Matlab and Simulink, The Mathworks, Inc. as of September 2006, <http://www.mathworks.com>
- [2] Y-C. Kuo, T-J. Liang, and J-F. Chen: *Novel Maximum-Power-Point- Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System*, IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 48, No. 3, June 2001, Pp.594-601
- [3] S. Vujošević, *Promena karakteristika fotonaponskih ćelija, modula i panela pod dejstvom starenja* (Magistarski rad), Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd (1991)
- [4] J. A. Gow and C. D. Manning, "Development of a photovoltaic array model for use in power-electronics simulation studies," *IEE Proceedings-Electric Power Applications*, vol. 146, no. 2, 1999, pp. 193-199. [6] O. Wasynczuk
- [5] R.Messenger and J. Ventre, *Photovoltaic Systems engineering*, CRC Press, 2000, pp.41-51.

PRIMENA PATERNA ZA DIZAJN TESTOVA U FUNKCIONALNOM PROGRAMIRANJU APPLYING TESTING DESIGN PATTERNS IN FUNCTIONAL PROGRAMMING

Nikša Mijanović, *Fakultet za informacione tehnologije Univerziteta Mediteran*
Dragan Đurić, *Fakultet za informacione tehnologije Univerziteta Mediteran / Univerzitet u Beogradu,*

Sadržaj- *Automatizacija testiranja softverskih sistema predstavlja jedan od centralnih aspekata modernih agilnih metodologija za razvoj softvera. U ovom radu razmatra se nekoliko prepoznatljivijih test paterna i njihova primena u funkcionalnom programiranju. Praktična realizacija urađena je u programkom jeziku Clojure, koji pruža napredna rešenja za neke od nadolazećih izazova u razvoju softvera. Primeri pokazuju da je implementacija jednostavnija nego u objektno orjentisanom kodu.*

Abstract – *The automation of the testing of software systems is one of central aspects of modern agile software development methodologies. In this paper, several testing design patterns and their application in functional programming are presented. The practical implementation has been done in Clojure functional language, which offers advanced solution to some of the upcoming challenges in software development. The examples show that the implementation is simpler than in object oriented code.*

1. UVOD

Jedna od osnovnih osobina softverskih sistema je njihova kompleksnost – razvoj aplikacijama u domenima kao što su telekomunikacije, insdustrijska kontrola i upravljanje poslovnim procesima predstavlja jedan od najsloženijih konstrukcionih zadataka koje ljudi preduzimaju [1].

Kada se uzme u obzir da se korisnički zahtevi i tehnologija kojom se implementiraju softverski sistemi neprestano menja [2], jasno je da je neophodno automatizovati sistem koji ceo projekat drži na okupu, sistem automatskih testova koji obezbeđuje da ono što je napravljeno radi posao za koji je predviđen, ko i da obezbedi da ono što je jednom radilo ne bude pokvareno kasnije (regresivni testovi).

Alati za automatsko testiranje postoje za sve popularne programske jezike i platforme. Otkako su agilne metodologije i razvoj vođen testovima doživeli afirmaciju u mejnstrim razvoju softvera, ustalio se i veliki broj rešenja za konkretne izazove u testiranju. Ova rešenja se često kodifikuju i formalizuju u obliku paterna za testiranje [3].

Sa druge strane, izazovi u programiranju višekorisničkih aplikacija i nadolazak paralelnog programiranja doveli su do naglog rasta do skora egzotičnih funkcionalnih jezika. Zbog toga se stvara potreba da se programerima obezbedi način za transfer znanja i veština koje imaju u razvoju sa objektno-orjentisanim jezicima ka funkcionalnim jezicima, između ostalog i prakse u testiranju.

U ovom radu razmatramo nekoliko prepoznatljivijih test paterna i njihovu primenu u funkcionalnom programskom jeziku Clojure [4]. Biće pokazano da u nekim slučajevima, sama konstrukcija Clojure jezika eliminiše potrebu za nekim inače veoma komplikovanim vrstama testiranja.

Nakon uvoda, u drugoj sekciji date su osnovne smernice u vezi testiranja softvera. Treća sekcija sadrži osnove

funkcionalnog jezika Clojure. Četvrta sekcija donosi pregled nekih uobičajenih paterna za dizajn testova i njihovu primenu u funkcionalnom programiranju. Nakon toga sledi zaključak i bibliografija.

2. TESTIRANJE SOFTVERA

Jedna od najuočljivijih osobina modernih agilnih metodologije za razvoj softvera je njihovo insistiranje na sveprisutnim automatizovanim testovima. Ovakva filozofija razvoja naziva se dizajn vođen testovima (Test-Driven Design, TDD) [5]. Ona insistira na istovremenom pisanju test koda i koda koji se testira, i na velikoj pokrivenosti koda automatskim testovima. Testiranje koje se ostavlja za kasnije ne dolazi u obzir a funkcionalnost koja nije obuhvaćena testovima ne smatra se implementiranom.

Standardni alat za automatizaciju testova je xUnit [6] frejmvork za unit testiranje, koji je prenesen na skoro svaku popularnu platformu i programski jezik. Na Java platformi u upotrebi su Junit i TestNG, na .NET platformi C#, za PHP postoji PHPUnit itd. Karakteristično za funkcionalne jezike je da svoje alate za testiranje ne zasnivaju na direktnim portovima xUnit alata, jer je tehnika testiranja dosta jednostavnija i eleganija, što će biti prikazano u sekciji 4.

Iako su osnovni frejmvorci za testiranje prvobitno namenjeni za unit testiranje, većina alata za funkcionalno, integraciono, testiranje performansi, testiranje prihvatljivosti itd se bazira na njihovom direktnom korišćenju ili nadogradnji, te će se ovaj rad ograničiti samo na neke od paterna testiranja koji se implementiraju pomoću osnovnih frejmvorka.

3. FUNKCIONALNI JEZIK CLOJURE

Clojure [4] je nedavno razvijeni funkcionalni jezik koji se kompajlira direktno u Java ili CLR (.NET) bajtkod. Clojure je dijalekt Lisp programskog jezika, te od njega nasleđuje jednostavnost, visoku izražajnost i prilagodljivost, kao i jaku

teorijsku osnovu. Još bolje, to je pragmatičan jezik koji izostavlja i prevazilazi istorijske nedostatke Lisp-a u isto vreme prihvatajući moderne platforme (Java i .NET), omogućavajući neprimetnu integraciju sa njihovim sveprisutnim bibliotekama.

Kao i kod drugih funkcionalnih jezika, Clojure kod može definisati funkcije koje kreiraju druge funkcije, funkcije višeg reda (funkcije koje primaju druge funkcije kao parametre) i funkcije koje kombinuju druge funkcije sa skupovima vezanih parametara (closures). Clojure takođe podržava i makroe, tako da omogućava lako a moćno metaprogramiranje. Makroi su konstrukcije koje generišu Lisp (Clojure) kod. To su programi koji pišu druge programe. Ovaj moćni mehanizam je retko prisutan u mainstream programskim jezicima kao što su Java ili C#, a onda kada su delimično prisutni, kao kod nekih dinamičkih jezika, veoma su nezgrapno i nepotpuno implementirani.

Clojure ima ugrađenu podršku za konkurentno programiranje preko implementacije software transactional memory (STM) [7] mehanizma koji štiti promenljive reference koje sadrže nepromenljive vrednosti podataka tako što dozvoljava promenu samo u okviru transakcija.

4. TEST PATERNI PRIMENJENI U FUNKCIONALNOM PROGRAMIRANJU

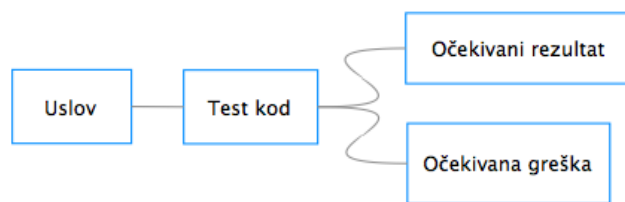
Unit testiranje se, od kako je počelo sa primjenjivanjem u agilnim metodologijama, oduvijek baziralo na ad-hok pristupu, gdje bi programer pisao testove u skladu sa svojim znanjem i vještinama prateći tekuće potrebe i inspiraciju. Problem koji se često javlja kod ovakvog pristupa je da programer koji piše kod lošeg kvaliteta teško može napisati kvalitetan test primjer za taj isti kod.

Jedan od načina za ublažavanje ovog problema je formalizovanje unit testiranja u vidu unit test patern. U ovoj sekciji razmatramo nekoliko prepoznatljivijih test patern i njihovu primenu u programskom jeziku Clojure. Biće pokazano da u nekim slučajevima, sama konstrukcija Clojure jezika eliminiše potrebu za nekim inače veoma komplikovanim vrstama testiranja.

4.1. USPJEH/NEUSPJEH PATERN

Najjednostavniji test pattern je Uspjeh/Neuspjeh (Pass/Fail) pattern koji na osnovnom nivou provjerava izvršavanje funkcionisanja koda. Međutim isto tako, on najmanje govori o kvalitetu napisanog koda.

Slika 1 daje šematski prikaz strukture Uspjeh/Neuspjeh patern. Test kod provjerava uslov koji treba da zadovolji rezultat koji vraća funkcija. Provjeravaju se kako rezultati za ispravne ulazne podatke (očekivani rezultat), tako i rezultati za neispravne ulazne podatke (očekivana greška).



Slika 1. Jednostavni uspjeh/neuspjeh test patern

Listing 2 prikazuje primenu ovog patern u programskom jeziku Clojure. U ovom slučaju, uslov je jednakost unijetog broja, koji nakon kalkulacija treba da vrati očekivani rezultat (ili očekivanu grešku) za taj broj.

Listing 1. Funkcija koja izračunava zbir niza brojeva do zadatog broja u Clojure-u:

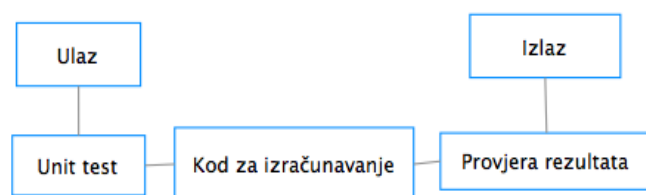
```
(defn add-up "sabiranje niza brojeva do
zadatog broja"
  ([limit] (add-up limit 0 0))
  ([limit current sum] (if (< limit current)
    sum (add-up limit (+ 1 current) (+ current
    sum)))))
```

Listing 2. Testiranje funkcije koja provjerava zbir niza brojeva do zadatog broja u Clojure-u:

```
(deftest test-add-up
  (is (= 0 (add-up 0)))
  (is (not = 5 (add-up 3))))
```

4.2. TEST VOĐEN PODACIMA

Na slici 2 je prikazan najjednostavniji slučaj testa vođenog podacima, gdje se čitav niz podataka učitava u testu, i nakon izračunavanja treba da se provjeri da li je dobijeni rezultat u skladu sa očekivanim rezultatom. Primjer za ovakve testove su razni matematički algoritmi, biznis kalkulacije, i programi koji obrađuju podatke iz raznih baza podataka.



Slika 2. Šematski prikaz testa vođenog podacima

Listing 3 prikazuje test vošen podacima za funkciju add-up, koja je bila testirana i u prethodnom primeru. Test vođen podacima bi za niz od nekoliko brojeva provjeravao da li oni daju očekivani rezultat ili grešku.

Listing 3. Testiranje funkcije koja provjerava zbir niza brojeva do zadatog broja u Clojure-u pomoću testa vođenog podacima:

```
(deftest test-add-up
  (is (= (0 6 55 125250)
    (map add-up (0 3 10 50)))))
```

4.3. ASINHRONO TESTIRANJE

Sa razvojem procesora sa više jezgara, kao i operativnih sistema koji ih prate, tako se i programski kod prilagođava visoko konkurentnom okruženju. Asinhroni kod, za razliku od običnog proceduralnog koda, se ne izvršava istog trenutka u istom thread-u, već u nekom drugom thread-u, u nekom budućem vremenu. Ovo nije očigledno u jednokorisničkim desktop programima sa korisničke strane gledišta jer to biva gotovo u istom trenutku, ali je neizbežno u programima koji se izvršavaju na serveru u višekorisničkom režimu rada.

Asinhrono testiranje se obavlja najčešće tako što programer čeka na odgovor od asinhronne funkcije, i ako ga dobije, znači da je kod uspješno izvršen.

Clojure je jezik sa odličnom podrškom za konkurentno i multi-threaded programiranje. Future je Clojure-ov macro koji po kreiranju određenu kalkulaciju smješta u posebni thread, i tek kada se zatraži dobijanje rezultata (dereferencira) vraća izračunatu vrijednost.

Ugrađena metoda future-done? Je predikat koji proverava da li je future završio sa izračunavanjem i može se lako upotrijebiti za testiranje je li kalkulacija u tom zasebnom tredu završena ili ne.

Listing 3. Primjer kreiranja asinhronog future-a, i njegovo testiranje:

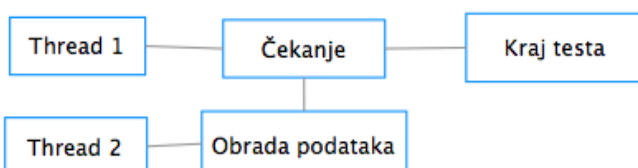
```
(def my-future (future (* 100 100)))  
  
(deftest test-future  
  (is (future-done? my-future)))
```

4.4. MULTI-THREADED TESTIRANJE

Za razliku od asinhronog testiranja, gdje postoji glavni thread u kome se izvršava aplikacija i sporedni thread u kome se nakon izračunavanja vraća neka vrijednost koja se upoređuje, u konkurentnom testiranju postoje testovi u nekoliko zasebnih thread-ova koji rade nad istim podacima.

Ovi testovi nemaju konkretnu definiciju kako bi se trebali pisati i izvršavati a da ne narušavaju podatke koji drugi thread-ovi koriste, međutim uglavnom se svode na princip međusobnog signaliziranja, odnosno kada jedan thread završi rad sa podacima, obavjesti njegov konkurantni thread da je bezbjedno koristiti te podatke.

Karakterističan slučaj prikazan je na slici 3, gdje prvi thread čeka da dobije potvrdu da je obradio podatke, i tada thread 1 nakon dodatne obrade i verifikacije podataka završava uspješno test.



Slika 3. Šematski prikaz konkurentnog testiranja

S obzirom da Clojure nema promenjive i sve strukture podataka su nepromenjive, tredovi im mogu pristupati i čitati

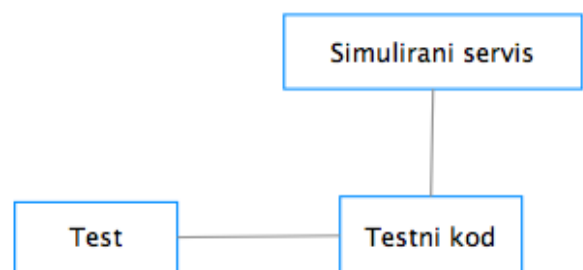
ih bez ikakvih posebnih obzira da se radi o multi-threaded izvršavanju. Ukoliko je potrebno menjati podatke, to se može raditi samo preko specijalizovanog STM (Software Transaction Memory) mehanizma koji obezbeđuje ACI transakcije, slično kao u relacionim bazama podataka. Stm podržava Atomicity, Consistency i Isolation, dok, za razliku od sistema za upravljanje bazama podataka, ne podržava Durability.

Zbog ovakvog mehanizma manipulisanjem podacima, multi-threaded testiranje, koje je inače jako teško u Javi, C# i ostalim uobičajenim objektno-orjentisanim jezicima u Clojure jeziku ne zahteva posebne uslove u odnosu na singlethreaded testiranje. Zbog ovoga, nije potrebno navoditi karakterističan primer.

4.5. MOCK TESTOVI

U svakom softverskom projektu ima mnogo komponenti i podfunkcija. Mnoge od njih su međusobno povezane i zavise jedne od drugih. Međutim, kada vršimo unit testove nad nekom klasom u TDD razvoju, esencijalno je da je izolujemo od tih zavisnih funkcija i side-effects-a. To uspejemo uz pomoć Mock (lažnih, test) objekata, koje programiramo onako kako želimo da se ponašaju zavisne funkcije i objekti, i na taj način samo testiramo kod specifične metode ili klase, u izolaciji.

Na slici 4 nalazi se je šematski prikaz Mock klase, odnosno simuliranog servisa, koji se ponaša onako kako bi testni kod to očekivao.



Slika 4. Šematski prikaz Mock testa

Kod funkcionalnih jezika, kao što je Clojure, Mock testovi nemaju toliki značaj, prvashodno jer se kod evaluira od "dolje ka gore", odnosno počinje se od običnih podataka koji se prosleđuju funkcijama, čije vrijednosti su opet parametri funkcija koje su njih pozvale, itd. Isto tako, Clojure kao i svi funkcionalni jezici počiva na aksiomu da koliko god puta se pozove neka funkcija, ona uvijek vraća isti rezultat (nema side-efekata).

5. ZAKLJUČAK

Pregled nekoliko prepoznatljivijih test paterna i njihove primene u jeziku Clojure, nagoveštava nam da se zadaci automatskog testiranja u funkcionalnom jeziku mogu implementirati znatno lakše nego u ekvivalentnom objektno orjentisanom kodu. U nekim slučajevima, sama priroda jezika je takva da se dobija automatska provera korektnosti

preko ugrađenih mehanizama platforme, tako da se gubi potreba za nekim inače veoma komplikovanim vrstama testiranja. Naravno, potrebno je mnogobrojne paterne za dizajn testova prebaciti u funkcionalnu paradigmu i po potrebi promeniti ih, eliminisati, ili dodati nove, što predstavlja novi izazov.

LITERATURA

- [1] N.R. Jennings, An agent-based approach for building complex software systems, Communications of the ACM, volume 44, number 4, pages 35-41, issn: 0001-0782, ACM, 2001
- [2] S.L. Pfleeger ,The nature of system change, IEEE Software, volume 15, number 3, pages 87-90, issn; 070-7459, IEEE 2002.
- [3] C. Beust, H. Suleiman, Next Generation Java Testing: TestNG and Advanced Concepts, Addison-Wesley Professional, 2007.
- [4] R. Hickey. The Clojure Programming Language. In Proceedings of the 2008 Symposium on Dynamic Languages, 2008.
- [5] R.C. Martin et al., Test-Driven Development, IEEE Software , volume 24, number 3, pages 32-36, issn: 0740-7459, IEEE 2007
- [5] R.C. Martin et al., Test-Driven Development, IEEE Software , volume 24, number 3, pages 32-36, issn: 0740-7459, IEEE 2007
- [6] P. Hamill, Unit test frameworks, O'Reilly, 2004, isbn: 0596006896
- [7] N. Shavit and D. Touitou. Software Transactional Memory. Distributed Computing, 10(2):99–116, 1997.

**SIGNAL ADAPTIVNI SISTEM ZA ESTIMACIJU VISOKO NESTACIONARNIH FM SIGNALA
IZLOŽENIH UTICAJU ADITIVNOG ŠUMA
SIGNAL ADAPTIVE SYSTEM FOR HIGLY NONSTATIONARY FM SIGNAL ESTIMATION
EXPOSED TO ADDITIVE NOICE**

Srdjan Jovanovski, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet Mediteran*
Veselin Ivanović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj- Prikazana je višetaktna implementacija (MCI) optimalnog signal adaptivnog sistema za nestacionarno filtriranje. Predloženi dizajn je baziran na rezultatima real-time vremensko-frekvencijske (TF) analize, podudaranju oblasti definisanosti filtra (FRS) sa trenutnom frekvencijom signala (IF) i na real-time IF estimaciji. Omogućava višestruke lokalne detekcije FRS u posmatranom trenutku vremena, što kao rezultat daje efikasno filtriranje višekomponentnih FM signala. Radi u promjenjivom broju taktova–neophodnom broju potrebnom za postizanje najvišeg kvaliteta estimacije IF–u različitim tačkama tokom izračunavanja. Dizajn takođe optimizuje kritične performance kompleksnosti hardvera, čineći ga upotrebljivim za implementaciju na integrisanom čipu.

Abstract - Multi-clock-cycle implementation (MCI) of a signal adaptive optimal nonstationary filtering system is developed. The proposed design is based on the real-time results of time-frequency (TF) analysis, on the correspondence of filter's region of support (FRS) to the signal's instantaneous frequency (IF), and on the real-time IF estimation. It permits multiple local FRS detection in the observ-ed time-instant, resulting in the efficient filtering of multicompo-nent FM signals. It takes a variable number of CLKs–the only necessary ones regarding the highest quality of IF estimation–in different TF points within the execution. The design also optimizes critical performances related to the hardware complexity, making it a suitable system for implementation on an integrated chip.

1. UVOD

Efikasno filtriranje nestacionarnih signala zahtijeva upotrebu vremenski-promjenjivih metoda. Linearni TF filtri, njihova primjena i online algoritmi za njihovu implementaciju su već proučavani, [1]. Nelinearni filtri, bazirani na Wignerovoj distribuciji (WD), su takođe proučavani, [2, 3], kao i načini njihove implementacije, [3, 4]. Zbog svoje složenosti, [3, 4], i neupotrebljivosti u slučaju višekomponentnih signala, [4], razmatrani načini su nepodobni za real-time implementaciju. Da bi se prevazišla složenost ovih rješenja, i istovremeno skratilo vrijeme izračunavanja, predložen je MCI hardverski dizajn optimalnog nelinearnog nestacionarnog filtra baziranog na WD u [5]. U ovom radu unapređujemo dizajn prikazan u reference [5] predlažući signal adaptivni MCI dizajn hardvera koji zadržava željene karakteristike neadaptivnog rješenja [5] (po pitanju složenosti hardvera), i značajno skraćuje vrijeme izračunavanja, čak i u poređenju sa jednotaktnim dizajnima, [1, 4]. Definicija TV filtriranja bazirana na Weylovoj jednačini, [1–3], koja prevazilazi distorziju filtriranog FM signala je, [3]:

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

$L_H(n, k)$ je FRS, $STFT_x(n, k) = DFT_m\{w(m)x(n+m)\}$ je kratkotrajna FT (STFT) q -komponentnog zašumljenog signala $x(n) = \sum_{i=1}^q f_i(n) + \varepsilon(n)$, $w(m)$ je prozor realnih vrijednosti i N je dužina trajanja signala. Uzimajući u obzir samo jednu realizaciju FM signala $f_i(n)$, $i=1, \dots, q$, koji je dobro koncentrisan u TF ravni i zašumljen bijelim šumom, FRS optimalnog TV filtra odgovara kombinaciji lokalnih IF

signala $f_i(n)$, [2, 3]. Problem filtriranja se može svesti na estimaciju lokalne IF u zašumljenom okruženju. Pošto WD bez kros članova (CTFWD), [7], najbolje estimira IF u slučaju visoko nestacionarnih signala, [6], lokalna IF se estimira određivanjem frekvencijskih tačaka gdje CTFWD zašumljenog signala ima lokalne maksimume [6],

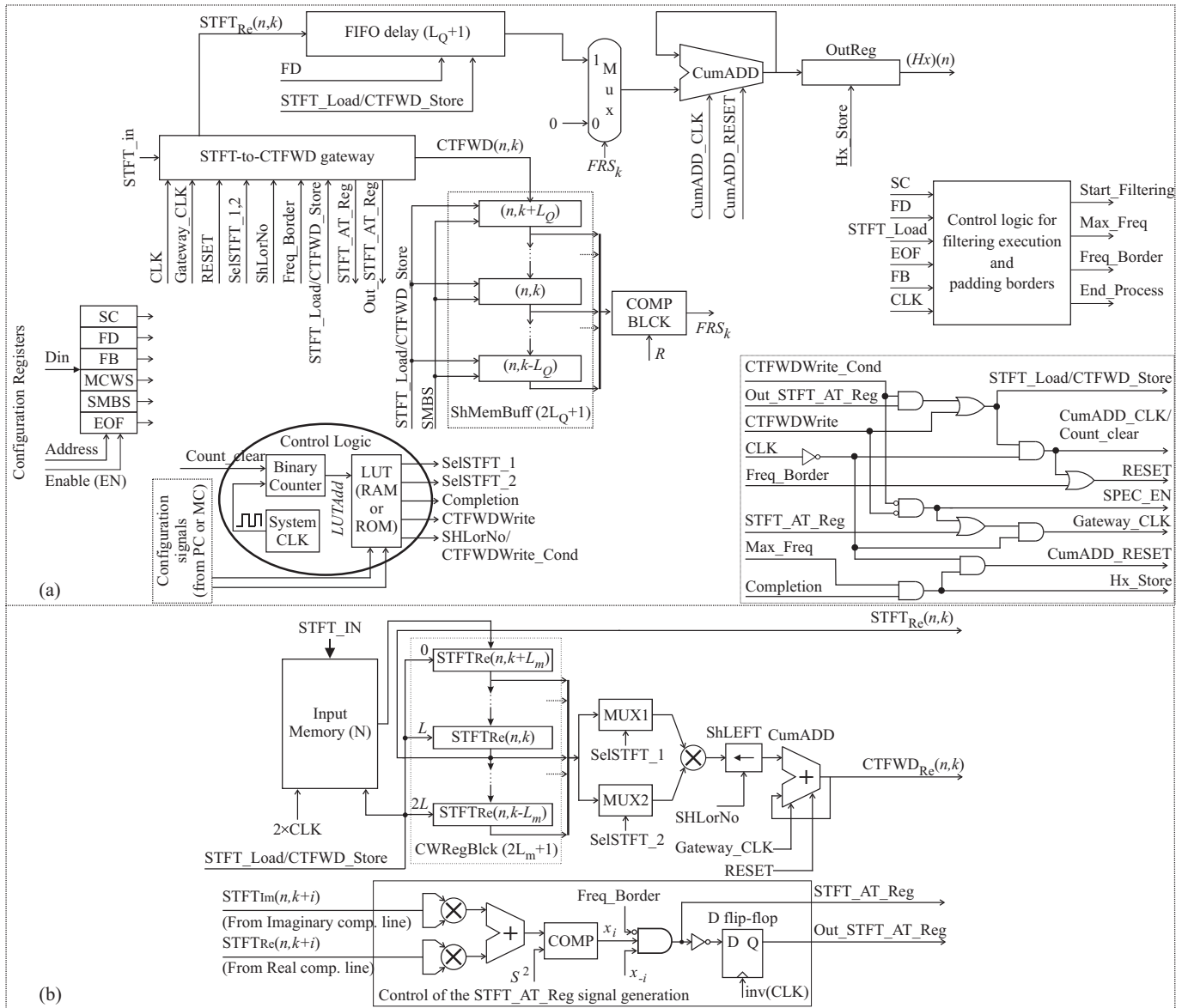
$$IF_i(n) = \arg[\max_{k \in Q_{k_i}} CTFWD_x(n, k)]. \quad (2)$$

Q_{k_i} je osnovni interval oko $f_i(n)$, čija IF je $IF_i(n)$. Na osnovu toga, ovdje je razvijen TV filtar (1), baziran na već razvijenim MCI CTFWD real-time dizajnu, [7], i na algoritmu za real-time IF estimaciju, [5]. Dalje, za realizaciju CTFWD, [7],

$$CTFWD_x(n, k) = |STFT_x(n, k)|^2 + 2 \sum_{i=1}^{L(n, k)} \text{Re}\{STFT_x(n, k+i)STFT_x^*(n, k-i)\} \quad (3)$$

su potrebni STFT odbirci, koji se takođe koriste u (1). $L(n, k) \leq L_m$ je širina signal adaptivnog kvadratnog konvolucionog prozora, koji se koristi da bi ograničio konvoluciju¹ po STFT odbircima i omogućio izračunavanje

¹Da bi očuvali auto-članove WD, mora se vršiti konvolucija STFT odbiraka u (3), za svaku tačku (n, k) , dok ne bude ispunjeno da je $STFT_x(n, k \pm i) = 0$, ili praktično (u slučaju zašumljenog signala), dok se ne ispuni uslov $|STFT_x(n, k \pm i)|^2 < S^2$ (S^2 je predefinisana referentna vrijednost, koja se određuje kao par procenata maksimalne vrijednosti spektrograma [7]). Znači da se granice svakog STFT auto-člana poklapaju sa detektovanjem $|STFT_x(n, k \pm i)|^2 < S^2$ oko odgovarajuće komponente ($|STFT_x(n, k \pm i)|^2 \geq S^2$, za $i=0, 1, \dots, L(n, k)$, u svakoj tački (n, k) iz domena STFT auto-člana, i whereas $|STFT_x(n, k \pm i)|^2 < S^2 \forall i$ u suprotnom). Tada, $L(n, k)$ uzima različite vrijednosti u različitim TF tačkama: nulu ($L(n, k)=0$) izvan oblasti ii na granicama STFT auto-člana, a više vrijednosti unutar ovih domena, i maksimalnu vrijednost (L_m) samo u centralnoj tački najšireg auto-člana.



Slika 1. (a) Predloženi optimalni sistem za filtriranje nestacionarnih signala. U centru ShMemBuff registra označene su TF pozicije sačuvanih CTFWD odbiraka u skladu sa algoritmom za estimaciju, predloženim u [5]. (b) hardverska implementacija realne računске linije STFT-to-CTFWD gateway-a.

TF reprezentacije bez kros-članova, [7]. L_m je $L(n,k)$ maksimalne širine koja je određena najširim STFT auto-članom. Po definiciji, CTFWD se redukuje na SPEC izvan oblasti STFT auto-člana a dobija oblik WD unutar njih. CTFWD (3) se sastoji od dvije identične (realne i imaginarne) računске linije, koje se koriste za izračunavanje realnih i imaginarnih djelova STFT. Svaka od njih uzima oblik jednačine (3), računajući sa realnim ili imaginarnim djelovima STFT. Pored toga, u slučaju realnih signala koji su ovdje razmatrani, imaginarni djelovi STFT se ponište u jednačini (1), tako da ona dobija oblik:

$$(Hx)(n) = \sum_{k=-N/2+1}^{N/2} L_H(n,k) \text{Re}\{STFT_x(n,k)\} \quad (4)$$

gdje je zadovoljen uslov da je $E\{CTFWD_x(n,k)\} = E\{CTFWD_x^*(n,k)\}$ i $L_H(n,k)$ je simetrična funkcija frekvencije, [3, 5].

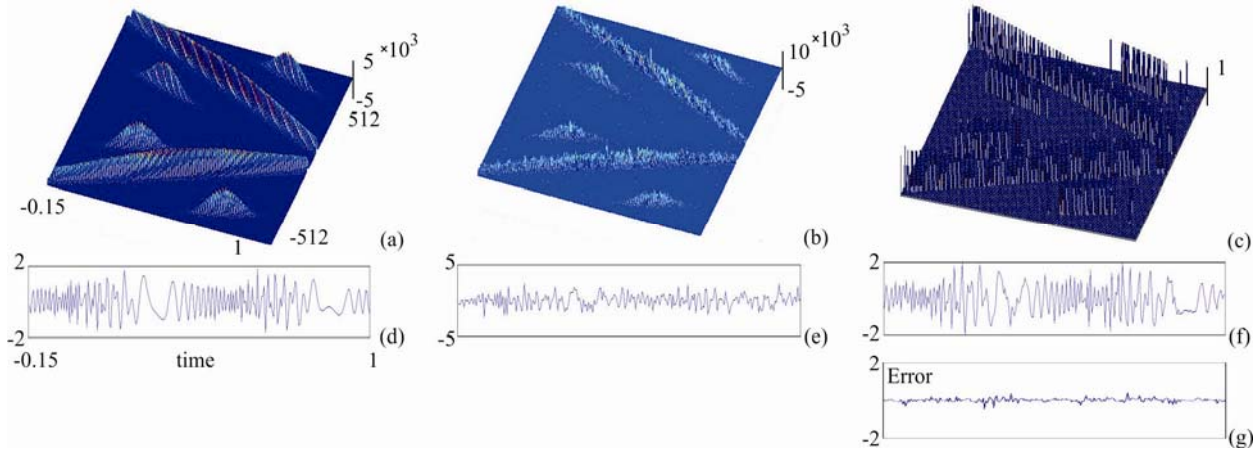
2. IMPLEMENTACIJA SIGNAL ADAPTIVNOG HARDVERA

Na slici 1 je prikazan dizajn arhitekture optimalnog real-time TV filtra. Ova arhitektura implementira definiciju (1) prateći real-time metod za IF estimaciju predložen u [5] i koristeći već razvijeni CTFWD real-time dizajn, [7]. Jezgro predloženog sistema, STFT-to-CTFWD gateway, slika 1(b), implementira algoritam (3). Koristi ulazne STFT odbirke (STFT_IN) da bi dobio poboljšanu TF reprezentaciju zašumljenog signala baziranu na CTFWD, kao što je obrazloženo u [7].

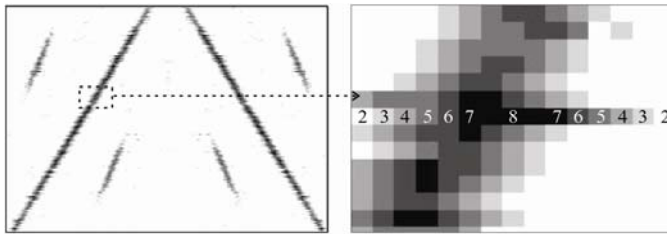
Predloženi dizajn hardvera vrši izračunavanje u $L(n,k)+3$ takta po frekvencijskoj tački. U prvih $L(n,k)+1$ taktova, izračunava se odbirak CTFWD, [7]. Funkcija TV filtra se implementira u naredna dva takta ($(L(n,k)+1)$ -om i $(L(n,k)+2)$ -om), gdje se $(L(n,k)+2)$ -gi preklapa tokom izračunavanja sa nultim taktom sledeće frekvencijske tačke. Bezuslovni nulti takt, kada je $L(n,k)=0$, i $(L(n,k)+1)$ -vi omogućavaju IF estimaciju baziranu na SPEC-u u svakoj TF

tački. Ostali (uslovni) taktovi (1-vi, 2-gi, ..., $L(n,k)$ -ti) se koriste da bi poboljšali kvalitet IF estimacije do onog dobijenog na bazi CTFWD, ali samo u TF tačkama iz

domena STFT odbiraka auto-člana, i određeni su sa $STFT_AT_Reg$



Slika 2. (a) CTFWD čistog signala $f(t)$; (b) CTFWD zašumljenog signala; (c) Estimirana IF/FRS; (d) Signal $f(t)$; (e) Zašumljen signal; (f) Izlazni signal predloženog dizajna hardvera, implementiran na FPGA čipu EP1S10F780C5, (g) Greška filtriranja.



2 TF points implemented in 2 CLKs

8 TF points implemented in 8 CLKs

Slika 3. Ilustracija broja taktova koje signal adaptivni sistem koristi u odgovarajućim tačkama TF ravni sa filtriranjem zašumljenog signala (5).

signalom. Signali $x_{\pm i}$, dobijeni na izlazu komparatora COMP kao: $x_{\pm i}=1$ ako je $|STFT(n,k\pm i)|^2 \geq S^2$ i $x_{\pm i}=0$ obratno, određuju ne-nulte vrijednosti $STFT(n,k\pm i)$ i generišu $STFT_AT_Reg$ signal, $STFT_AT_Reg = x_i \times x_{-i}$ ($i=0,1,\dots,L(n,k)$) u odgovarajućim taktovima. Nulta vrijednost $STFT_AT_Reg$ signala onemogućava i -ti član ($i=1,\dots,L(n,k)$) da uđe u sumiranje u jednačini (3) u i -tom taktu i na taj način učestvuje u generisanju $Gateway_CLK$ signala. Signal $Out_STFT_AT_Reg = \text{inv}\{STFT_AT_Reg\}$ omogućava da $CTFWWrite_Cond$ signal, koji je setovan u svakom uslovnom taktu, generiše bezuslovni $(L(n,k)+1)$ -vi takt od narednog uslovnog ($(i+1)$ -og) takt. Na ovaj način $STFT_AT_Reg$ i $CTFWWrite_Cond$ signali omogućavaju predloženom dizajnu da optimizuje broj taktova potrebnih za izračunavanje u različitim TF tačkama tokom izvršavanja da bi se ostvarila IF estimacija bazirana na CTFWD. Oni takođe kontrolišu završetak filtriranja u posmatranoj frekvencijskoj tački. $SPEC_EN$ signal obezbjeđuje izvršavanje bezuslovnog 0-tog takta, čak i kada je $x_0=0$.

U $(L(n,k)+1)$ -om taktu, sračunati CTFWD odbirak i realni dio odgovarajućeg STFT odbirka se čuvaju redom u ShMemBuff (veličine $2L_Q+1$ lokacija) i u FIFO delay bloku (veličine $2L_Q+1$ lokacija), što je omogućeno setovanjem $STFT_Load/CTFWD_Store$ signala. Paralelno sa ovim, COMP BLCK generiše FRS_k signal, na osnovu trenutnog sadržaja lokacija ShMemBuff i na bazi real-time algoritma za estimaciju [5]. On prepoznaje lokalni FRS, koji je signaliziran sa $FRS_k=1$, u frekvencijskoj tački koja odgovara

maksimalnom elementu ShMemBuff-a, ali samo ako je taj element istovremeno i centralni element ShMemBuff-a, i ako je istovremeno veći od spektralnog praga R , [5]. Sa kašnjenjem od pola takta, signal $FRS_k=1$ omogućava da se izlazni odbirak FIFO delay bloka uključi u sumiranje izlaznog signala (Hx)(n) u izlaznom kumulativnom sabiraču (CumADD), dok RESET signal briše sadržaj STFT-to-CTFWD gateway-a. $(L(n,k)+2)$ -gi takt se koristi za kompletiranje izračunavanja. Izlaz CumADD sabirača će sadržati konačnu vrijednost (Hx)(n), za dato n , nakon izvršavanja opisanog izračunavanja u svakoj frekvencijskoj tački za posmatrano n . Konačna vrijednost (Hx)(n) će biti dobijena posle izračunavanja u maksimalnoj frekvencijskoj tački, npr. kad maksimalni CTFWD odbirak po frekvenciji postane centralni element ShMemBuff-a, koji će biti detektovan Max_Freq signalom. Stoga će $Completion$ signal, generisan u $(L(n,k)+2)$ -om taktu, biti uslovan. Omogućiće da se izračunata vrijednost (Hx)(n) upiše u izlazni registar OutREG, ali samo onda kada je vrijednost signala $Max_Freq=1$. Sa kašnjenjem od pola takta, CumADD se resetuje i izračunavanje za sledeći trenutak vremena počinje. Istovremeno sa $(L(n,k)+1)$ -im taktom posmatrane frekvencijske tačke k , učitava se novi STFT_IN odbirak i opisani proces se ponavlja za narednu frekvencijsku tačku $k+1$. Napomenimo da se učitanje novog STFT_IN odbirka poklapa sa $STFT_Load/CTFWD_Store$ taktom, čiji period, stoga, mora biti $(L(n,k)+1)$ puta veći nego period takta. Ova tehnika implementacije (pipelining) omogućava preklapanje u izračunavanju završnog takta posmatrane frekvencijske tačke k i 0-tog takta naredne frekvencijske tačke $k+1$. Na ovaj način se umanjuje ukupno vrijeme izračunavanja dok vrijeme izračunavanja za pojedinu frekvencijsku tačku ostaje isti. Ovo predstavlja značajno ubrzanje jer se u praksi izvršava od par desetina hiljada do nekoliko miliona opisanih izračunavanja (u različitim TF tačkama) za slučaj zašumljenih signala.

Procesom upravlja Look-up-table (LUT), implementirana kao memorija. Njene lokacije se sastoje od tro-bitne oblasti kontrolnih signala ($ShLorNo/CTFWDWrite_Cond$,

CTFWDWrite, Completion biti) i adresa multipleksa. Binarni brojač generiše adrese LUT-a. Operacijama na maksimalnoj frekvenciji se upravlja na isti način kao i kod neadaptivnog sistema, kao što su na isti način postavljeni parametri L_Q i R [5].

3. TESTIRANJE I VERIFIKACIJA HARDVERA

U cilju verifikacije dizajn je implementiran uoprebom EP1S10F780C5 čipa iz Stratix II familije uređaja. Prije programiranja odabranog FPGA uređaja, odrađeni su kompajliranje i simulacija u razmatranom vremenskom intervalu ([-0.15,1]). Analizirana je suma realnih visoko nestacionarnih čirp signala (sa veoma visokim normalizovanim odnosima veličina 0.828, 0.844, 0.828, redom), koji pripadaju širokoj, često analiziranoj klasi FM signala konačnog trajanja:

$$f(t) = e^{-45(t-2/25)^2} \cos(900(t+1.3)^2) + e^{-(t-2/5)^2} \times \cos(1200(t+0.3)^2) + e^{-45(t-2/3)^2} \cos(900(t-1/22)^2) \quad (5)$$

gdje je $t=nT_w/N$. Signal (5) je zašumljen jakim bijelim šumom pri čemu je ulazni odnos signal/šum $SNR_{in}=10 \times \log(P_f/P_e)=-0.34$ [dB]. Korišćen je Hanning-ov prozor širine $T_w=0.25$, kao i vrijednosti $S^2=0.1 \times \max_{n,k}\{SPEC_x(n,k)\}$, $R=0.05 \times \max_{n,k}\{CTFWD_x(n,k)\}$, $L_m=7$, $L_Q=5$, i $N=256$. Efikasnost predloženog dizajna vremenski promjenjivog filtra se lako može uočiti na slici 2. Postignut je veoma visok izlazni odnos signal/šum $SNR_{out}-SNR_{in}=17.37$ [dB] u posmatranom slučaju (teorijski SNR poboljšanje ulaznog signala može biti do maksimalno $(156/N) \times 10 \log(N/4) + (100/N) \times 10 \log(N/2) = 19.2377$ [dB] u slučaju djelimično dvo-komponentnog signala (u 100 vremenskih-trenutaka) i u djelimično četvero-komponentnog signala (u 156 vremenskih trenutaka). Slika 2(a)-(c).

4. KOMPARATIVNA ANALIZA I ZAKLJUČAK

Predloženi signal adaptivni dizajn je poreden sa drugim mogućim implementacijama istog algoritma, Tabela 1. Moguće paralelna i hibridna implementacija bi bile bazirane na paralelnoj implementaciji gateway-a baziranaog na STFT koji je predložen u [4]. Neadaptivni MCI dizajn sa fiksnim brojem taktova je baziran na MCI gateway-u baziranom na STFT, prikazanom u [5]. Na taj način bi estimacija lokalne trenutne frekvencije i TV filtriranje bili implementirani u istom taktu (u slučaju paralelnog dizajna), i u sledeća dva takta (drugi slučajevi). Predloženi signal adaptivni dizajn je vrlo blizak postizanju minimalnih hardverskih zahtjeva i vremena izračunavanja neadaptivnog MCI dizajna, optimizujući ove karakteristike u poređenju sa paralelnim i hibridnim dizajnom i u poređenju sa postojećim linearnim i nelinearnim filtrima što je detaljnije razmatrano u [5]. (Paralelni i hibridni dizajni minimizuju ukupan broj lokacija upotrijebljene memorije, jer paralelni nema LUT memoriju, dok hibridni ima LUT memoriju koja ima samo tri lokacije - kontrola izvršavanja u 3 takta po frekvencijskoj tački. Predloženi dizajn posjeduje dvije ulazne memorije - koje se koriste za realne i imaginarne djelove ulaznih STFT odbiraka- kapaciteta od maksimum N lokacija. Napomenimo

da ukupan broj upotrijebljenih memorijskih lokacija ostaje mali u posmatranom slučaju.). Štaviše, predloženi dizajn omogućava da implementirani filter radi u različitom broju taktova-samo neophodnom broju koji je potreban da se postigne kvalitet IF estimacije jednak onome baziranom na CTFWD-u različitim TF tačkama tokom izračunavanja, Slika3: minimalan broj taktova izvan oblasti STFT auto-člana (gdje leži najveći dio tačaka TF ravni), viši unutar ovih oblast i najviši mogući oko centralne tačke svakog STFT auto-člana. Na ovaj način, predloženi dizajn značajno skraćuje vrijeme izračunavanja u odnosu na druge dizajne, uklanjajući glavnu manu neadaptivne MCI arhitekture u poređenju sa paralelnom i hibridnom, kao i u poređenju sa postojećim linearnim i nelinearnim rješenjima, [5]. Na primjer, u slučaju analiziranog signala (5), kada su upotrijebljeni $L_m=7$, $N=256$, predloženi dizajn skraćuje vrijeme izračunavanja odgovarajućih dizajna (uključujući i vrijeme izračunavanja paralelnih dizajna) za $T_{COMP\ BLCK}, T_{comp}, T_s \ll T_m < 2.754 \times T_a$, na kraju, samo predloženi dizajn daje maksimalni kvalitet (kvalitet kao kod estimacije bazirane na CTFWD) IF estimacije u jedinom praktično važnom slučaju višekomponentnih signala koji imaju različite širine STFT auto-članova. Neadaptivni dizajni ne daju toliko visok kvalitet estimacije/filtriranja. U slučaju analiziranog signala (5), numerički je ostvareno poboljšanje od 15.56[dB] upotrebom razmatranog neadaptivnog dizajna (nasuprot predloženom dizajnu koji ostvaruje poboljšanje od 17.37[dB])

LITERATURA

- [1] 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.
- [2] G.F. Boudreaux-Bartels: "Time-varying signal processing using Wigner distribution synthesis techniques," in *The Wigner Distribution - Theory and Applications in Signal Processing* (W. Mecklenbräuker, F. Hlawatsch, eds.), Elsevier, 1997, pp.269-317.
- [3] LJ. Stanković: "On the time-frequency analysis based filtering," *Ann. Telecomm.*, vol.55, May/June 2000, pp.216-225.
- [4] S. Stanković, LJ. Stanković, V.N. Ivanović, R. Stojanović: "An architecture for the VLSI design of systems for time-frequency analysis and time-varying filtering," *Ann. Telecomm.*, vol.57, Sept/Oct.2002, pp.974-995.
- [5] S. Jovanovski, V.N. Ivanović, "An efficient hardware design of an optimal nonstationary filtering system," in *Proc. IEEE Conf. ICASSP*, Taipei, Taiwan, April 19-24, 2009, pp.569-572.
- [6] V.N. Ivanović, M. Daković, LJ. Stanković: "Performances of quadratic time-frequency distributions as instantaneous frequency estimators," *IEEE Trans. SP*, vol.51, no.1, Jan.2003, pp.77-89.
- [7] V.N. Ivanović, S. Jovanovski: "Signal adaptive system for time-frequency analysis," *Electron. Lett.*, vol.44, no.21, Oct.2008, pp.1279-1280.

IDEJNO RJESENJE APLIKACIJE ZA SEMANTICKO ADRESIRANJE E-PORUKA U ZAVODU ZA ZAPOSŁJAVANJE CRNE GORE CONCEPTUAL DESIGN OF THE APPLICATION FOR SEMANTIC E-MAIL ADDRESSING IN EMPLOYMENT AGENCY OF MONTENEGRO

Tanja Rašović, Željko Zorić, *Zavod za zapošljavanje Crne Gore*

Sadržaj - E-mail marketing je danas jedan od najefikasnijih sredstava marketinga. Kompanija koja razmišlja o uspješnom poslovanju, ne smije ignorisati marketinški potencijal e-mail-a. Stalni razvoj Internet tehnologija i opšta prihvaćenost „e-poruka“, kao pouzdanog, brzog i jeftinog, načina razmjene informacija, bile su dovoljne preporuke da Zavod za zapošljavanje Crne Gore usvoji e-mail marketing kao model komunikacije sa korisnicima. Integracija ovih novih, interaktivnih, elektronskih tehnologija i tradicionalnih načina marketinga, predstavlja važan korak u pravcu osavremenjavanja poslovanja i poboljšanja kvaliteta usluga koje ZZZCG pruža svojim korisnicima.

U ovom radu je opisano idejno rješenje sistema za semantičko adresiranje e-mail poruka u Zavodu za zapošljavanje Crne Gore.

Ključne riječi: Internet marketing, e-mail marketing, semantičko adresiranje e-mail poruka

Abstract - The most effective method of marketing today is e-mail marketing. A company who wants to achieve a business succes, must not ignore the marketing potential of e-mail marketing. Permanent development of Internet technology and common understanding of "e-mail", as a reliable, fast and cheap way to share information, were sufficient recommendation to the Employment Agency of Montenegro to adopt e-mail marketing as a model of communication with their customers. The integration of these new, interactive, electronic technology and traditional methods of marketing, is an important step toward modernizing the business and it will improve the quality of services that ZZZCG provides to its customers.

This paper describes the conceptual design of the system for semantic e-mail addressing of the e-mail messages in the Employment Agency of Montenegro.

Keywords: Internet marketing, e-mail marketing, semantic e-mail addressing

1. UVOD

E-mail marketing je proces informisanja kupaca proizvoda ili korisnika usluga, koji žele da znaju šta se novo dešava sa poslovanjem određene kompanije, putem e-mail-a. Ciljna grupa e-mail marketinga se formira na osnovu prikupljenih podataka sa registracionih web-formi i/ili internih izvora podataka. Ovakav način reklamiranja može biti veoma jednostavna, a vrlo efikasna marketing tehnika. To je moćno sredstvo u marketingu kompanije, analizi poslovanja i stvaranju slike o kompaniji i njenim proizvodima u javnosti.

E-mail je najbrže rastući komunikacioni medij na svijetu danas. Dnevno se preko 30 milijardi e-mail poruka razmijeni na svijetu. Zahvaljujući njegovom eksplozivnom rastu, kompanije ga mogu upotrijebiti kako bi dobile obrazac ponašanja svojih korisnika i tako bolje razumjele njihove potrebe. Zbog mogućnosti direktnog kontakta sa korisnicima, e-mail predstavlja veoma efikasno sredstvo za razvijanje odnosa sa korisnicima, kreiranje kvalitativno različitog brenda u odnosu na konkurentske kompanije, ali i za ostvarivanje prihoda. Zbog toga se danas sve više pažnje poklanja razvijanju kvalitetnog sadržaja e-mail poruka, aplikacija za kreiranje i slanje ovih poruka, kao i sistema za praćenje rezultata postignutih ovakvim načinom marketinga.

Pored dosadašnje prakse informisanja putem tekstova u dnevnim listovima i/ili putem Interneta na Web sajtu Zavoda, svi korisnici usluga koje pruža Zavod za zapošljavanje Crne Gore, uskoro će dobiti još jednu mogućnost dobijanja pouzdane, kvalitetne i pravovremene informacije o dešavanjima i novinama na tržištu rada. Naime, u sklopu kontinuiranih aktivnosti na poboljšanju kvaliteta usluga koje pruža svojim korisnicima, u Zavodu za zapošljavanje Crne Gore je nedavno usvojen idejni projekat implementacije e-mail marketinga u informacioni sistem Zavoda. Zbog specifičnosti posla i relativno velike disperzije interesovanja korisnika, idejnim rješenjem je predviđeno semantičko adresiranje. Korisnicima će biti omogućeno da se sami prijave ili odjave sa mailing liste, kao i da izaberu kategorije kojima će pripadati i na osnovu kojih će dobijati informacije od strane Zavoda.

2. INTERNET MARKETING

Postoje različite tehnike Internet promocije, a kako istraživanja za 2011. godinu pokazuju e-mail marketing i marketing putem socijalnih medija su dva tipa Internet marketinga za koja će se u narednoj, 2011. godini, izdvojiti najveći dio budžeta. [4]

Prema istraživanju Marketing Trends-a, pokrenutog od strane Strong Mail-a, vodećeg provajdera za online marketing rješenja iz oblasti e-mail marketinga i socijalnih medija, [4]

većina firmi planira da poveća budžet namijenjen e-mail marketingu i marketingu putem socijalnih medija u 2011. godini. Ovo istraživanje sprovedeno je nad 925 leaderskih firmi prisutnih na tržištu i daje pozitivan ekonomski izgled i značajno povećanje budžeta za Internet marketing i u narednoj godini.

Rezultati ovog istraživanja, sprovedenog u novembru 2010. godine, dali su sledeće rezultate:

- 93% anketiranih firmi će povećati budžet namijenjen Internet marketingu u 2011. godini.
- 44% anketiranih firmi navode e-mail marketing kao primarni e-marketing izazov u 2011. godini i to 41% kroz integraciju podataka, 36% kroz e-mail isporuku.
- 52% anketiranih firmi navode povećanje pretplatničkog angažmana kao top izazov za e-mail marketing inicijativu; 49% kroz poboljšanje segmentacije - izbora ciljne populacije, 43% kroz integraciju e-mail marketinga i marketinga putem socijalnih medija.
- 65% anketiranih firmi planira povećati marketinški budžet za e-mail marketing, 57% za reklamu putem društvenih medija, 41% za bolje pozicioniranje na pretraživačima.
- 71% anketiranih firmi planira da integriše e-mail marketing i marketing putem socijalnih medija u 2011. godini.

Kako sprovedena anketa pokazuje, tendencija je da se poveća budžet namijenjen e-mail servisu, socijalnim medijima i optimizaciji Web sajta. Pri tome, unapređenje ovih metoda će biti u skladu sa najnovijim trendovima u oblasti Internet marketinga. U odnosu na isto istraživanje sprovedeno prethodne godine značajan napredak će biti urađen iz oblasti e-mail marketinga, koji ove godine, zajedno sa marketingom putem socijalnih medija dobija na značaju.

To pokazuje i istraživanje E-mail Marketing Benchmark Report [3], sprovedeno početkom 2011. godine. Na osnovu ovog, redovnog godišnjeg istraživanja sprovedenog nad 1.100 ispitanika, među kojima su poslovne firme koje se bave raznim djelatnostima, ali koje su u osnovi fokusirane da zadovoljenje potreba potrošača, pokazalo se koje su to taktike koje će ove firme primijeniti kako bi unaprijedile svoje poslovanje. Istraživanje je takođe pokazalo da su u poslednje vrijeme ove taktike najbolja Internet marketing reklama i da će u 2011. godini biti najviše primjenjivani e-mail marketing i marketing putem socijalnih medija.

Na osnovu navedenih rezultata sprovedenih anketa, kao i trendova e-mail marketinga na tržištu, može se zaključiti da e-mail marketing donosi značajno dobre rezultate, pa će budžet za ovaj tip marketinga i dalje rasti.

Direktna komunikacija sa klijentima, potencijalnim klijentima ili samo posjetiocima Web sajta, putem e-mail marketinga, omogućice Zavodu za zapošljavanje da informiše svoje klijente, prvenstveno poslodavce zainteresovane za zapošljavanje lica sa evidencije nezaposlenih, o svojim uslugama, novostima na tržištu rada ili o načinu unapređenja saradnje. Ovakav, direktan vid komunikacije, stvara kod klijenata prijateljski osjećaj prema Zavodu. Okretanje potrebama poslodavaca u njihovoj potrazi za potrebnom radnom snagom je osnov uspješnog poslovanja Zavoda. Zbog

toga je pored dobro urađenog e-mail servisa još bitnije definisati kategorije poslodavaca, razumjeti njihove potrebe, želje i interesovanja i svoje poslovanje i komunikaciju putem e-mail-a prilagođavati njima.

3. AUTOMATIZOVANJE KOMUNIKACIJE ZAVODA SA POSLODAVCIMA

Da bi se brže i lakše komuniciralo sa klijentima poželjno je što je moguće više poslova automatizovati, odnosno izgraditi kvalitetni korisnički servis. Cilj svake firme je da automatizuje što više posla, kako bi zaposlenim u firmi ostalo više vremena da razvijaju nove proizvode, unapređuju usluge i da svoj rad fokusiraju na ostvarivanje ciljeva kompanije.

Jedan od servisa koji već nekoliko godina uspješno funkcioniše u okviru Web sajta Zavoda za zapošljavanje www.zzzcg.org je Elektronska Berza Rada. Elektronska berza rada omogućava razmjenu informacija između poslodavaca i tražioca zaposlenja putem Interneta. Elektronska berza rada u tom smislu nudi dva nivoa. Osnovni nivo omogućava pretragu oglašanih prijavi slobodnih radnih mjesta i prijava za posao. Viši nivo dozvoljava registrovanom korisniku da kreira i pošalje svoju prijavu i poslovnu prezentaciju sistemu, kao i da na osnovu postavljenih kriterijuma vrši pretragu slobodnih radnih mjesta ili tražioca zaposlenja. Postupak oglašavanja slobodnih radnih mjesta na Web sajtu je potpuno automatizovan, tako da su informacije o poslodavcima i aktuelnim poslovima dostupne odmah nakon prijema prijave. Pored ove direktne komunikacije sa poslodavcima različitih interesovanja, potreba i organizacione strukture, informisanje poslodavaca o novostima na tržištu rada se ostvaruje slanjem e-mail poruka, putem kojih Zavod poslodavcima nudi nove mogućnosti, predstavlja aktuelne akcije zapošljavanja, daje informacije o novim zakonima i slično.

4. SEMANTIČKO E-MAIL ADRESIRANJE

Suština semantičkog adresiranja je da pošiljalac prilikom slanja određene e-mail poruke sa mailing liste prepozna samo one koji su zainteresovani da primaju informaciju koja se tom prilikom šalje. Semantičko adresiranje je logički opis članova mailing liste, koji omogućava slanje e-mail poruka i jako dinamičnim grupama ljudi, omogućavajući pri tome da „pravi“ ljudi u određenom trenutku dobiju poslatu informaciju. Semantičko adresiranje je stabilno, s obzirom da se članovi mailing liste mogu mijenjati često. Suština ovakvog načina adresiranja sastoji se u rastavljanju složenog zahtjeva na proste činioce, u cilju boljeg razumijevanja postavljenog zahtjeva. Članovima mailing liste je omogućeno jednostavno administriranje svojih prijavi na različitim mailing listama. [6].

Često je potrebno određenom licu poslati određenu e-mail poruku, a da je pri tome poznata samo firma u kojoj radi ili njegovo zanimanje ili slični opis njegovog interesovanja, a e-mail nepoznat pošiljaocu. Prednost semantičkog adresiranja je upravo mogućnost slanja e-mail poruke osobi čiji je mail nepoznat pošiljaocu. Ovakav način slanja poruke moguće je ostvariti upisivanjem atributa u bazu mailing liste, koji će opisati primaoca e-mail poruke. Atributi mogu biti različiti u zavisnosti od interesovanja korisnika i potrebe pošiljaoca, a

najčešće su ime, adresa ili naziv kompanije u kojoj radi ili naziv sektora ukoliko se u okviru iste kompanije želi poslati mail samo zaposlenim u određenom sektoru i slično. Na taj način omogućava se segmentisanje mailing liste i poslatu poruku će primiti samo oni korisnici koji u svom opisu imaju attribute koje je prilikom slanja e-mail poruke odabrao pošiljalac.

S obzirom da bazu poslodavaca Zavoda za zapošljavanje čine poslodavci različitog oblika organizovanja, broja zaposlenih, organizacione strukture i interesovanja kada se radi o saradnji sa Zavodom, aplikacija za semantičko e-mail adresiranje je idealno rješenje za automatizovanje procesa komunikacije Zavoda sa poslodavcima putem e-mail poruka.

Inicijalna segmentacija poslodavaca će biti izvršena na osnovu informacija koje Zavod već ima u svojoj bazi. Tom prilikom će se izdvojiti sledeće kategorije poslodavaca, pri čemu će se u svakoj kategoriji nalaziti samo oni poslodavci koji su zaposlili najmanje jednog radnika od 2005. godine. Inicijalnu segmentaciju čini 6 atributa:

1. poslodavci koji su zapošljavali sezonske radnike;
2. poslodavci kojima je Zavod finansirao pripravnički staž za zapošljavanje pripravnika;
3. poslodavci koji su učestvovali u programu stručne obuke i osposobljavanja;
4. poslodavci koji zapošljavaju lica sa invaliditetom i oni koji su u nekoj od anketa izjavili da bi zaposlili lica sa invaliditetom;
5. poslodavci grupisani u zavisnosti od djelatnosti koju obavljaju;
6. ostali poslodavci koji su zaposlili barem jednog radnika od 2005. godine, a ne pripadaju ni jednoj od navedenih kategorija.

Da bi se postigao pozitivan efekat e-mail marketinga poruke se moraju slati samo korisnicima koji žele da primaju informacije od date kompanije. Takođe, kod kompanija koje imaju širok asortiman djelatnosti najčešće nijesu svi korisnici zainteresovani za primanje informacija o svim proizvodima ili uslugama kompanije. U tim slučajevima potrebno je prijavljenim na mailing listu omogućiti da izaberu kategorije svog interesovanja. Prijavom na mailing listu Zavoda za zapošljavanje, poslodavci će moći izabrati jednu ili više kategorija svog interesovanja koje su definisali zaposleni zaduženi za saradnju sa poslodavcima:

1. sezonsko zapošljavanje;
2. refundacija pripravničkog staža;
3. kreditiranje malog biznisa;
4. programi obuke za tržište rada i poznatog poslodavca;
5. organizovanje tematskih sastanaka, prezentacija, okruglih stolova i slično;
6. primjena novih zakonskih rješenja i procedura iz oblasti rada i zapošljavanja;
7. zapošljavanje lica sa invaliditetom;
8. ostale informacije o stanju i potrebama na tržištu rada.

Definisanjem ove dvije liste formiraće se atributi poslodavaca u bazi koji se po potrebi mogu mijenjati i proširivati, bez potrebe za novom prijavom poslodavaca.

5. ARHITEKTURA SISTEMA I POKRETANJE APLIKACIJE

Aplikacija za semantičko adresiranje e-mail poruka je Web aplikacija, urađena korišćenjem ASP VBScript-a. Baza ove aplikacije će biti objedinjena sa bazom Web sajta, čime će biti data mogućnost da poslodavci prijavljeni na mailing listu Zavoda, kao i oni prijavljeni na Elektronsku berzu rada, preko Web sajta Zavoda www.zzzcg.me mogu ažurirati svoj profil i tako dodavati ili brisati kategorije kojima pripadaju, odnosno attribute koji ih karakterišu.

Proces implementacije aplikacije za semantičko adresiranje e-mail poruka obuhvataće sledeće korake:

- izmjena baze Web sajta Zavoda za zapošljavanje www.zzzcg.me, kako bi se već postojeće tabele prilagodile novim zahtjevima, evidentiranju atributa za poslodavce koji su registrovani u bazi.
- izmjena Web sajta Zavoda, tako da i preko Internet prezentacije bude postavljena mogućnost da prijavljeni poslodavci sami biraju kategorije kojima će pripadati prilikom prijave na mailing listu, kao i mogućnost da se prijave ili odjave sa mailing liste.
- slanje inicijalnog mail-a svima onima koji imaju tačan mail upisan u bazu Zavoda. Ovim mailom se pozivaju poslodavci da se prijave na mailing listu. Pritiskom linka (veze) za aktivaciju poslodavca koji ovaj mail sadrži, odnosno za njegovo upisivanje na mailing listu, dobija se strana na kojoj poslodavac može da ažurira svoj profil, da mijenja kategorije za koje je inicijalno prijavljen, kao i da se u potpunosti odjavi sa mailing liste.
- ukoliko se poslodavac ne nalazi na mailing listi Zavoda, a želi da se prijavi, to može uraditi popunjavanjem prijave na Web sajtu Zavoda i tom prilikom izabrati kategorije o kojima će dobijati informacije putem mail-a. Poruka koju će nakon prijave primiti na mail je potvrda o uspješnom upisu na mailing listu.

6. ADMINISTRACIONI PANEL

Administраторi aplikacije za semantičko adresiranje e-mail poruka će imati sledeće mogućnosti:

- da promijene nalog za prijavu za rad sa aplikacijom;
- da konfigurišu mailing listu;
- da dodaju ili brišu postojeće kategorije na mailing listi;
- da vrše upload (slanje) slika ili dokumenata koje bi kasnije koristili za slanje licima prijavljenim na mailing listu;
- da brišu pojedine korisnike sa liste, koji to zahtijevaju, a nisu se odjavili preko linka za odjavu;
- da brišu članove mailing liste koji nisu potvrdili link za aktivaciju na mailing listi;
- da blokiraju određeni mail ili domen, kako se ne bi mogao prijaviti na mailing listu;
- da kreiraju tekst koji će biti u prvoj poslatoj poruci svima prijavljenim na listi i tekst koji će mail-om korisnik primiti nakon aktivacije, odnosno prihvatanja da prima e-mail poruke od strane Zavoda.
- da nakon definisanja sadržaja mailova, namijenjenih za slanje prilikom prijave ili odjave sa mailing liste ili mailova za slanje određenim kategorijama (ukoliko se dio teksta ponavlja češće, ovi mailovi se u okviru

administracionog panela mogu snimiti kao template. E-mail template se može mijenjati ili obrisati.

- da formatiraju tekst koji se šalje putem tekst editora, u okviru kojeg se nalazi opcija za upload dokumenata. Prilikom kreiranja e-mail poruka ovaj administracioni panel nudi mogućnost kreiranja poruka kao HTML format, Plain text format ili oba.

Statistika interesovanja za članstvo na mailing listi može se pratiti preko odgovarajućeg administracionog panela. Ova mogućnost nudi uvid u broj prijavljenih na mailing listu u zavisnosti od kategorije kojoj pripadaju poslodavci, kao i ko su članovi u svakoj od kategorija.

7. SPAMOVANJE

Da e-mail ne bi bio prepoznat kao spam potrebno je dobro proučiti pravila šta određeni provajderi smatraju pod spam. Jer, što je za jednu grupu korisnika spam, za drugu je korisna informacija. U dokumentu „The CAN-SPAM Act of 2003“¹ definisano je 6 ključnih pravila koja treba poštovati, da se poslati mail ne bi tretirao kao spam:

1. Email poruka ne smije imati pogrešne ili neispravne podatke u zaglavlju, one koje ne odgovaraju stvarnom sadržaju poruke;
2. Email poruka ne smije imati naslov koji ne odražava sadržaj poruke;
3. Poruka mora doći sa email-a koji je u funkciji i na koji će stići odgovor, ukoliko se pošalje;
4. Pošiljalac mora ispuniti sve zahtjeve pretplatnika u roku od 10 dana;
5. Firme koje se bave trgovinom, moraju u mail-u dati i svoju adresu;
6. U svakoj unsolicited e-mail poruci mora biti jasno definisano da se radi o reklamnoj poruci i mora se nalaziti mogućnost da se korisnik trajno odjavi sa e-mail liste pošiljaoca.

Obzirom da se e-mail šalje samo registrovanim licima sa poznatim atributima, mogućnost spamovanja je praktično svedena na minimum. Semantičko adresiranje je posebno značajno u poslovnoj komunikaciji, jer primalac u tom slučaju ne treba da razmišlja je li primio spam ili nije.

8. ZAKLJUČAK

Bez obzira na sve ovdje pobrojane efekte primjene e-mail marketinga na poslovni sistem zapošljavanja, jasno je da se njime ne može riješiti problem nezaposlenosti.

Ali, suština ovog procesa i nije u rješavanju problema nezaposlenosti, već u otvaranju mogućnosti pouzdanijeg, bržeg i kvalitetnijeg informisanja zainteresovanih korisnika.

Zato je integracija metoda novih, interaktivnih, elektronskih tehnologija sa tradicionalnim metodama komunikacije, od vrhunske važnosti za organizovano i efikasno funkcionisanje poslovnog sistema Zavoda.

LITERATURA

- [1] Bruce C. Brown, „How to use the Internet to Advertise, Promote, and Market Your Business or Web Site – with little or no money“, Ocala, Florida, Atlantic Publishing Group, 2006.
- [2] Dave Chaffey, Fiona Ellis-Chadwick, Kevin Johnston, Richard Mayer, „Internet Marketing – Strategy, Implementation and Practice“, England, Pearson Education Limited, Third edition, 2006.
- [3] Lead Author: Sergio Balegno, Director of Research, Contributing Authors: Jen Dayle, Senior Research Analyst. Jeffrey Rice, Research Analyst. “2011 E-mail Marketing Benchmark Report”, MarketingSherpa 2011, Inc., 499 Main Street, Warren, RI, 02885.
- [4] http://www.strongmail.com/company/news-and-events/press_120910.php “ StrongMail Marketing Trends Survey Reveals Positive Economic Outlook for 2011”, Kevin Chang, Eastwick Communications for StrongMail Systems, 650-480-4080.
- [5] Ryan P. M. Allis, “Best practices for E-mail Marketers”, Copyright Broadwick Corp. 2005.
- [6] Philipe Rödlach, „Enabling Semantic E-mail Addressing“, bachelor Thesis, University of Innsbruck, Semantic Technology Institute, Emmat 370r, A-6105 Leutasch, Matrikelnr, Innsbruck, June 30, 2008.
- [7] logic.stanford.edu/~mkassoff/papers/sea-fss06.pdf
- [8] Semantic E-mail Addressing: The Semantic Web Killer App, <http://www.computer.org/portal/web/computingnow/0209/whatsnew/internetcomputing>
- [9] Steffen Staab and Rudi Studer, editors. Handbook on Ontologies. International Handbooks on Information Systems. Springer, 2004.

¹ Prvi američki nacionalni standard za slanje komercijalnih mailova.

REALIZACIJA USB HID BIBLIOTEKE U PROGRAMSKOM JEZIKU JAVA JAVA IMPLEMENTATION OF USB HID COMMUNICATION LIBRARY

Vladisav Jelisavčić, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*

Sadržaj - U ovom radu prikazana je implementacija JAVA biblioteke za komunikaciju putem Human Interface Device (HID) protokola. HID protokol predstavlja jedan od najkorišćenijih USB protokola i nalazi veliku primenu u interakciji čoveka sa računarom. Ponuđeno rešenje bazirano je na JSR 80 standardu i ne zasniva se na pozivanju hid drajvera operativnog sistema čime se omogućuje platformska nezavisnost. Ponuđeno rešenje je u potpunosti realizovano u programskom jeziku JAVA čime se izdvaja od već postojećih biblioteka .

Abstract - This paper presents an implementation of working JAVA library for communication via Human Interface Device protocol. HID protocol is one of the most widespread USB protocols in use today and is of great importance in human-computer interaction. Solution we are proposing is based on JSR 80 standard and isn't relying on existing HID driver or any native code. Our library is completely implemented in JAVA which rises it above existing solutions.

1. UVOD

Svaki USB uređaj pripada jednoj od klasa predefinisanih aktuelnim USB standardom. Klase su definisane tako da grupišu uređaje sličnih funkcionalnosti i zahtevnosti po pitanju brzine i kvaliteta protoka. Na taj način se omogućuje njihovo prepoznavanje, odnosno prepoznavanje funkcionalnosti uređaja i učitavanje odgovarajućeg drajvera na osnovu te funkcionalnosti. Aktuelnim standardom USB3.0 definisano je više od deset klasa među kojima su Audio, Video, Mass Storage, Printer i brojne druge [1]. Prilikom povezivanja uređaja, operativni sistem šalje zahteve za deskriptor uređaja koji sadrži neophodne informacije za učitavanje odgovarajućih drajvera, uključujući i klasu uređaja. HID klasa predstavlja jednu od najzastupljenijih klasa sa korisničkog aspekta i obuhvata uređaje za interakciju sa čovekom.

HID uređaji, iako pripadaju istoj klasi, mogu imati različite zahteve po pitanju količine i sadržaja podataka koje razmenjuju. Najčešće mogu imati proizvoljan broj osa, tastera, LED indikatora i ostalih korisničkih kontrola. Kako postoje brojne vrste uređaja koji se mogu svrstati u ovu kategoriju, i stalno se pojavljuju nove, skoro je nemoguće dalje klasifikovati ih i omogućiti zajednički drajver za svaku podklasu. Zbog toga se protokol koji se koristi u komunikaciji sa ovim uređajima zasniva na definisanju značenja i ograničenja bitskih polja u podacima koji se prenose. HID uređaji nisu ograničeni po pitanju strukture podataka koje razmenjuju, u smislu da dva uređaja koja imaju identičnu funkciju mogu slati informacije zapakovane u različite strukture. To se postiže tako što uređaj poseduje odgovarajući report deskriptor koji opisuje funkciju i značenje svakog polja.

Nakon povezivanja uređaja, i njegovog klasifikovanja kao HID, drajver zadužen za tu klasu prihvata i parsira deskriptor nakon čega je dalje moguće protumačiti značenje svake poruke dobijene od uređaja. Na taj način uređaji različitih proizvođača, pa čak i različitih funkcionalnosti, mogu koristiti isti drajver za koji je zadužen operativni sistem.

Iako je HID protokol prvobitno implementiran na USB protokolskom steku, identičan protokol javlja se u bluetooth tehnologiji.

2. POREĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOGIJA

Kako je za HID komunikaciju zadužen operativni sistem, kao i uopšte za pristup USB periferijama, javlja se problem portabilnosti. Programi koji koriste ovaj vid komunikacije postaju platformski zavisni jer različiti operativni sistemi pružaju različit API za obavljanje ove funkcije. Ovo ujedno predstavlja i najveći problem pri pristupanju USB periferijama iz Java okruženja.

Prilikom odabira API za USB komunikaciju u Javi ističu se dva rešenja: jUSB i javax.usb. Iako je jUSB [2] podržan na nekoliko platformi (uključujući Microsoft Windows i Linux) ne podržava sve funkcionalnosti definisane USB standardom. Sa druge strane, javax.usb je prihvaćen kao zvaničan standard od strane Java zajednice u okviru procesa jsr 80.

Od multiplatformskih rešenja za pristupanje USB periferijama napisanih u drugim programskim jezicima izdvaja se biblioteka libusb. Biblioteka libusb je napisana u programskom jeziku C pod LGPL licencom. Ova biblioteka je prvenstveno napravljena za Linux ali poseduje i Windows kao i MacOS X implementaciju. Biblioteka libhid je takođe pisana u C-u i implementira host stranu HID protokola. Ova biblioteka koristi libusb biblioteku za USB komunikaciju.

Postojeća rešenja za HID komunikaciju u programskom jeziku Java uglavnom se baziraju na pozivanju ovih biblioteka ili direktno HID API operativnog sistema putem JNI ili JNA.

3. IMPLEMENTACIJA

Za potrebe ove biblioteke realizovan je HID parser. Kako je gramatika odgovarajućih deskriptora dovoljno jednostavna da je moguće napisati lako održiv, razumljiv kod, izbegnuto je korišćenje generatora parsera. Parsiranjem odgovarajućeg

report deskriptora dobija se posebna struktura u vidu stabla sa konstantnim čvorovima. Ovo stablo sadrži sve informacije neophodne za tumačenje polja u podacima koji se razmenjuju sa uređajem.

Listovi ovog stabla predstavljaju odgovarajuće kontrole uređaja. Svaki list poseduje svoj identifikator korišćenja. Identifikator korišćenja je 32-bitna veličina čijih viših 16 bita predstavlja stranicu korišćenja dok nižih 16 bita predstavlja identifikator korišćenja u okviru stranice, kao što je definisano specifikacijom HID protokola [3]. Pomoću tabele identifikatora korišćenja moguće je prepoznavanje namene odgovarajuće kontrole, što je takođe definisano specifikacijom [4]. Takođe, svaki list poseduje opcioni designator identifikator koji govori kojim delom tela je predviđeno korišćenje date kontrole.

Čvorovi dobijenog stabla predstavljaju grupe više srodnih kontrola i odgovaraju pojmu kolekcije iz HID specifikacije [3]. Svaki čvor poseduje sopstveni identifikator korišćenja, čime se mogu identifikovati celi skupovi kontrola kao što su miš, tastatura, tablet i slično. Primer jednog report deskriptora dat je na slici 1 kao i pojednostavljena šema dobijene strukture na slici 2.

Takođe, prilikom parsiranja deskriptora dobija se tabela svih identifikatora korišćenja koje uređaj poseduje, kao i tabela preslikavanja polja podataka u odgovarajuće kontrole. Na osnovu ovakve abstrakcije moguće je slati podatke odgovarajućim kontrolama uređaja na osnovu identifikatora funkcije, kao i dobijati informacije o odgovarajućim poljima u primljenim podacima.

```
Usage Page (Generic Desktop),
Usage (Mouse),
Collection (Application),
Usage (Pointer),
Collection (Physical),
Usage Page (Buttons)
Usage Minimum (1),
Usage Maximum (3),
Logical Minimum (0),
Logical Maximum (1),
Report Count (3),
Report Size (1),
Input (Data, Variable, Absolute),
Report Count (1),
Report Size (5),
Input (Constant),
Usage Page (Generic Desktop),
Usage (X),
Usage (Y),
Logical Minimum (-127),
Logical Maximum (127),
Report Size (8),
Report Count (2),
Input (Data, Variable, Relative),
End Collection,
End Collection
```

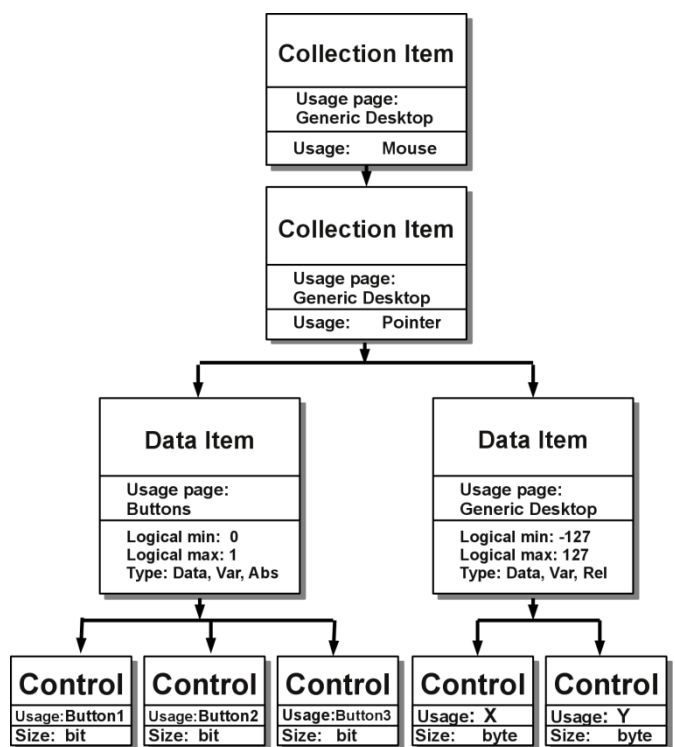
Sl. 1. Primer report deskriptora

API koji je ovom prilikom razvijen podržava event driven model. Napravljen je interfejs HIDEventSource čija je uloga osluškivanje odgovarajućeg USB porta i prosleđivanje poruka svim prijavljenim slušaocima. Osnovna implementacija ovog interfejsa je realizovana tako da

osluškuje sve HID prenose podataka sa namerom da korisnik, koristeći razvijene klase, dalje filtrira tipove uređaja koje želi da koristi na osnovu identifikatora korišćenja.

Za komunikaciju putem USB protokola odabran je javax.usb API definisan JSR 80 standardom. Sam parser, kao i odgovarajuće strukture koje nastaju parsiranjem report deskriptora, nisu zavisni od USB protokola. U daljem razvoju, bilo bi poželjno proširiti biblioteku tako da omogućuje HID komunikaciju putem bluetooth protokola. Ovakvo rešenje našlo bi primenu i u domenu aplikacija za mobilne uređaje.

Kao primer funkcionalnosti realizovane biblioteke, napisan je program koji obrađuje podatke dobijene sa grafičkog tableta. Korišćen je uređaj Genius G-Pen 450.



Sl. 2. Struktura dobijena parsiranjem report deskriptora

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljeno je nekoliko postojećih rešenja za HID komunikaciju u programskom jeziku Java, i uočeni su njihovi nedostaci. Jedan od nedostataka koji je uočen je pozivanje native koda čime je umanjena platformska nezavisnost. Zato je u ovom radu predloženo rešenje bazirano na JSR 80 standardu čiji je cilj upravo da se izbori sa platformskom zavisnošću. Biblioteka je realizovana sa namerom da doprinese open-source zajednici. Zatim je uočeno da bi se data biblioteka mogla dalje proširiti na JSR 82 standard, čime bi obuhvatila i bluetooth komunikaciju.

LITERATURA

- [1] Universal Serial Bus Implementers Forum, Universal Serial Bus 3.0 Specification 1, November 12, 2008. (www.usb.org)
- [2] M. Stahl., Java usb api for windows, Master's thesis, Institute for Information Systems, ETH Zürich, 2003.
- [3] Universal Serial Bus Implementers Forum, Device Class Definition for Human Interface Devices (HID), Firmware Specification, 1.11 - Final, June 27, 2001. (www.usb.org)
- [4] Universal Serial Bus Implementers Forum, HID Usage Tables 1.12, October 28, 2004.

SOLARNI PANELI I PRIMJENA MPPT METODA „PERTURB AND OBSERVE“ SOLAR PHOTOVOLTAIC MODULES AND USAGE OF MPPT METHOD „PERTURB AND OBSERVE“

Laković Milan, *Cnogorski elektroprenosni sistem*
Vladan Vujičić, Radovan Stojanović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj - U ovom radu objašnjeno je funkcionisanje, upotreba i značaj solarnih panela i analizirana je MPPT metoda „perturb and observe“ koja maksimizira energiju (snagu) koju proizvode moduli. Navedene osobine, prednosti i nedostaci opisanog algoritama pokazani su kroz simulacije u Matlab/Simulink-u.

Abstract - This paper explains the operation, usage and importance of solar panels and an analysis of the MPPT method “perturb and observe” which is used for maximum utilization of energy, produced by photovoltaic modules. The above features, advantages and disadvantages of the described algorithms are shown through simulation in Matlab / Simulink.

1. UVOD

Obnovljivi izvori energije predstavljaju energetske resurse koji se koriste za proizvodnju električne ili toplotne energije, a čije rezerve se konstantno ili ciklično obnavljaju jer se dobijaju iz prirode. Cilj je proizvesti što više električne energije iz obnovljivih izvora kako bi se smanjila upotreba fosilnih goriva, a time i emisija štetnih gasova.

Energija Sunca je daleko najveći mogući izvor energije na Zemlji. Osim toga, solarna energija predstavlja čist izvor energije sa dugim životnim vijekom i visokom pouzdanošću i predstavlja jedan od najodrživijih obnovljivih izvora energije.

Efikasnost tipičnog solarnog modula, koji pretvara solarnu energiju u električnu, još je relativno niska. Zbog toga se javlja potreba da se što je moguće više snage „izvuče“ iz solarnog panela što se postiže upotrebom metode za praćenje (traženje) tačke maksimalne snage (MPPT - Maximal Power Point Tracking) [1]-[3]. U laboratorijama efikasnost dostiže do 25% ali u komercijalnoj upotrebi efikasnost je 14-17% predate energije.

Najveća barijera za nagli rast prodaje solarnih panela je cijena, jer je glavni materijal solarnog modula silicijum čija je proizvodnja skupa.

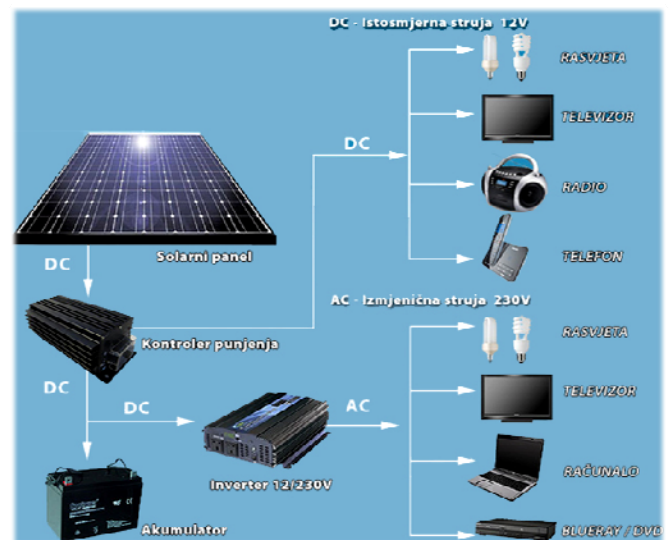
2. SOLARNA ČELIJA

Solarni sistem se sastoji od solarnog izvora (ćelije, modula ili panela), uređaja za čuvanje energije (akumulatora), AC i DC potrošača i elemenata za održavanje snage i kontrolu punjenja akumulatora (slika 1).

Solarni izvor se u potpunosti sastoji od solarnih ćelija, njihovih veza i zaštitnih djelova. Solarne ćelije sadrže p-n spoj zapakovan u tankom ravnom sloju poluprovodnika (najčešće silicijuma). U mraku, tj. kada na solarni panel ne pada nikakva svjetlost, strujno-naponska karakteristika (I-U) ima eksponencijalni oblik sličan karakteristici diode [6].

Solarni modul je rezultat grupisanja fotonaponskih ćelija redno i paralelno sa zaštitnim uređajima, i oni zajedno predstavljaju konverzionu jedinicu generatorskog sistema. Pored toga, dobijanje energije zavisi od sunčevog zračenja,

temperature ćelije i napona proizvedenog u solarnom modulu.



Slika 1 – Solarni sistem

Jedna silicijumska solarna ćelija daje oko 0.7V napona u praznom hodu. Kao što je rečeno, kada se serijski poveže više ovakvih ćelija dobija se solarni PV (photovoltaic) modul. U solarnom panelu se obično nalazi oko tridesetak solarnih ćelija, pa napon praznog hoda iznosi oko 20V. Struja panela zavisi od veličine površine solarnih ćelija. Da bi se dobila veća snaga (veća struja i napon), solarni paneli se vežu serijski i paralelno.

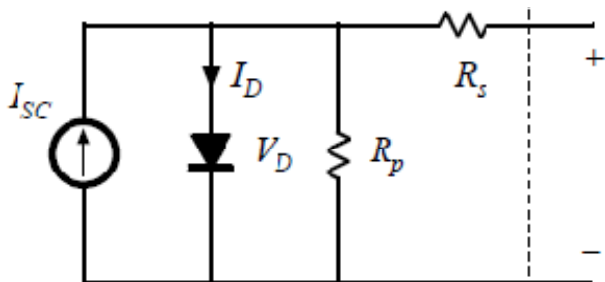
3. MODEL SOLARNE ČELIJE

Najprostije ekvivalentno kolo solarne ćelije je strujni izvor u paraleli sa diodom. Međutim da bi povećali tačnost i složenost tj. da bi ekvivalentno kolo primakli što realnijem stanju, najprostijem kolu se dodaje:

- Temperaturna zavisnost struje zasićenja diode
- Temperaturna zavisnost foto struje

- Serijska otpornost koja daje mnogo tačniji oblik između maksimalne tačke snage i napona otvorenog kola. Ovo predstavlja interne gubitke kroz koje struja protiče.
- Šant otpornik u paraleli sa diodom, koji odgovara struji curenja prema nuli koja se često zanemaruje.
- Ponekad se „dodaje“ promjenljivi faktor diode n^1 (umjesto što je fiksiran na vrijednosti 1 ili 2) ili se umjesto jedne postavljaju dvije paralelne diode sa nezavisnim strujama zasićenja.

Realniji model solarne ćelije izgleda kao na slici 2 [4]-[5].



Slika 2 – Model solarne ćelije

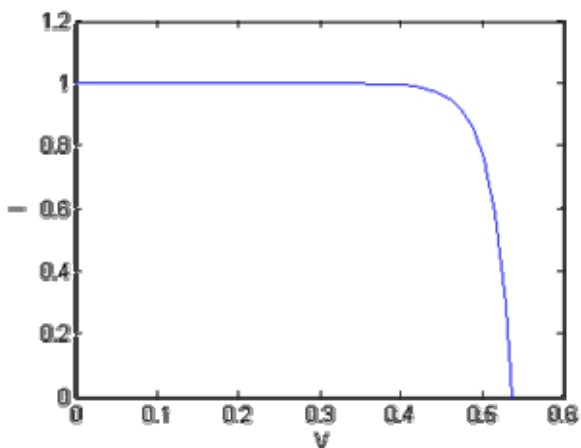
Za ovakvo kolo važe sledeće jednačine:

$$I = I_{sc} - I_D \quad (1)$$

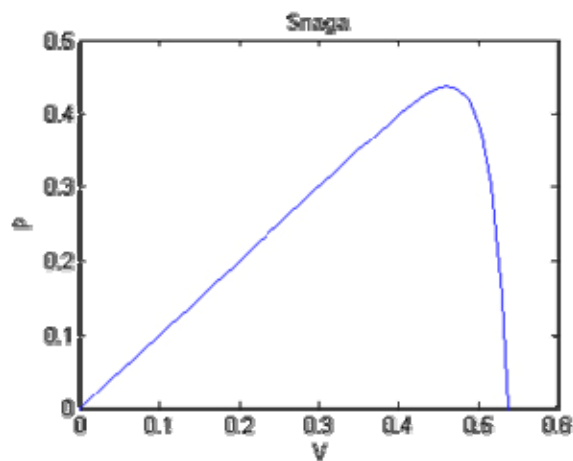
$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{V}{nV_T}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$V = I R_s + V_D \quad (3)$$

Simulacijom ovakvog kola dobijaju se I-V i P-V karakteristike kao na slici 3 a) i 3 b) respektivno.



Slika 3 a) I-V karakteristika solarne ćelije

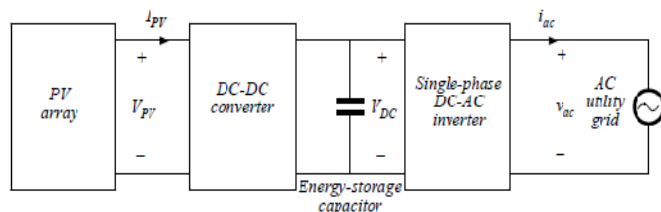


Slika 3 b) P-V karakteristika solarne ćelije

Na x osama oba grafika nalazi se napon dok je po y osi struja (slika 3 a) i snaga (slika 3 b).

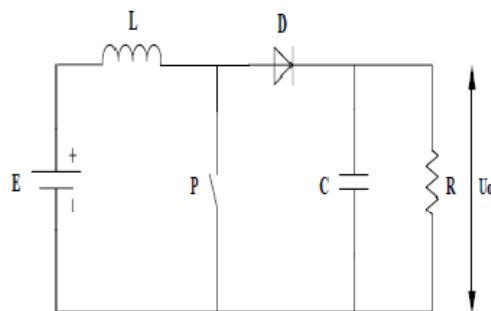
Zbog niske efikasnosti solarnog PV modula (od 14-17% predate energije) javlja se potreba da se što je moguće više snage „izvuče“ iz solarnog panela, dakle potrebno je radnu tačku panela dovesti u položaj maksimalne snage. Zbog toga postoji veliko interesovanje za praćenje maksimalne snage panela, ili kako se popularno zove MPPT (Maximum Power Point Tracking) postupak. Kao sastavni dio svakog MPPT sistema koriste se DC/DC konvertori.

Najčešća šema upotrebe solarnog panela prikazana je na slici 4. Nakon solarnog modula vezan je DC-DC konvertor čija je funkcija da se što više snage izvuče iz solarnog modula. Nakon njega najčešće se u sistemima veže baterija koja može akumulirati određenu količinu energije, koja se kasnije preko DC-AC invertora pretvara u naizmenični napon lokalne mreže a onda i koristi u domaćinstvu.



Slika 4 – Realna šema upotrebe solarnog panela

U ovom radu upotrebljen je Step-up (Boost) DC/DC konvertor. Na narednoj slici je data električna šema boost konvertora.



Slika 5 – DC/DC boost konvertor

¹ n predstavlja faktor kvaliteta diode.

Uloga DC/DC konvertora je da prenese maksimalnu snagu sa solarnog modula do potrošača, odnosno

opterećenja. Ulogu jednosmjernog naponskog izvora E imaće izlazni napon solarnog modula U_{pv} , dok su struje kabela i modula I_{pv} jednake. Osnovni cilj je da se podešavanjem faktora popunjenosti PWM² signala, kojim se kontrolira prekidač konvertora, dobije maksimalna snaga solarnog modula, odnosno maksimalna snaga na izlazu konvertora. Postoje razni primjeri gdje se solarni paneli sa MPPT sistemom koriste. Na ovaj način se na primjer može vršiti punjenje baterija, pokretanje motora, ili snadbijevanje električnom energijom nekih drugih potrošača.

Primitivni način optimalnog upravljanja prekidačem konvertora bi mogao biti manuelno podešavanje faktora popunjenosti upravljačkog signala. Međutim, jasno je da to nije najbolje rješenje. Razvijene su razne tehnike, tj. algoritmi koji nude automatsko upravljanje, što podrazumijeva upotrebu računara ili mikrokontrolera koji sami obavljaju MPPT postupak. To su npr. „*perturb and observe*“ algoritam, upravljanje pomoću kliznog režima, MPPT sa konstantnim referentnim naponom, MPPT sa konstantnom referentnom strujom, *fuzzy* logičko praćenje maksimuma snage, itd. U ovom radu biće opisan „*perturb and observe*“ algoritam.

Poznato je da se na izlazu *step-up* DC/DC konvertora dobija napon U_{out} koji je veći od ulaznog napona U_{in} i iznosi :

$$U_{out} = \frac{U_{in}}{1-D} \quad (4)$$

gdje je D faktor popunjenosti PWM signala koji se dovodi na prekidač konvertora. Faktor popunjenosti D može imati sve vrijednosti između 0 i 1. „*Perturb and observe*“ algoritam se zasniva na direktnoj primjeni dobijenog faktora popunjenosti. Sa izlaza solarnog panela se očitavaju vrijednosti napona i struje, nakon čega se one smještaju u memoriju računara.

Računar zatim vrši oduzimanje trenutne i prethodne vrijednosti snage, odnosno napona panela, pa na osnovu znaka dobijenih razlika povećava ili smanjuje veličinu faktora popunjenosti D . Dobijena vrijednost faktora popunjenosti se dovodi na PWM generator. PWM signal se generiše tako što se faktor popunjenosti poredi sa testerastim signalom velike frekvencije. Tako se na izlazu PWM generatora dobiju pravougaoni impulsi, sa osobinom da između vremena trajanja impulsa T_{on} i njihovog perioda T važi standardna relacija :

$$D = \frac{T_{on}}{T} \quad (5)$$

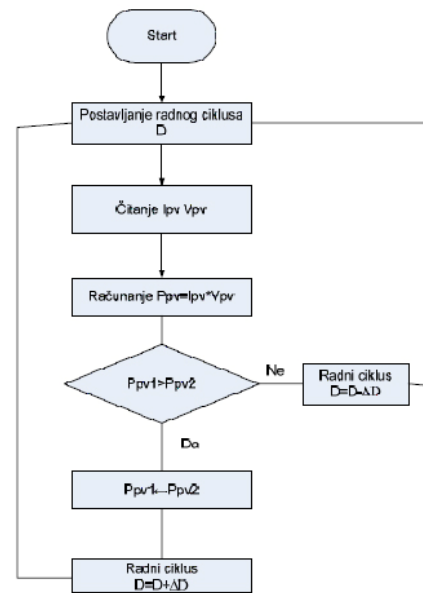
U stacionarnom stanju snage panela i potrošača na izlazu konvertora trebaju biti jednake. S toga u stacionarnom stanju važi relacija :

$$I_{pv} = U_{pv} \frac{1}{R(1-D)^2} \quad (6)$$

Iz prethodne relacije vidi se da radna prava solarnog panela zavisi od faktora popunjenosti. Olakšavajuća okolnost je da snaga solarnog panela ima uvijek samo jednu tačku

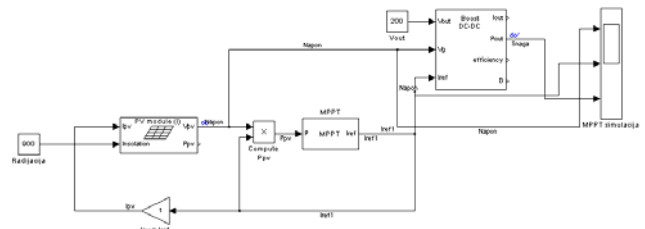
maksimuma (pri fiksnim atmosferskim uslovima). Promjenom faktora popunjenosti radna tačka se približava postepeno, sa određenim korakom (*perturbation*), maksimumu snage (MPP). Algoritam je takav da radna tačka stalno osciluje oko maksimuma, ali uz što manji korak promjene faktora popunjenosti ove oscilacije nisu kritične.

Najbolje objašnjenje ove metode dato je na slici 6, gdje je prikazana blok šema (dijagram toka) algoritma. Ovaj algoritam se veoma često koristi, jer je poprilično jednostavan. Međutim, njegovi nedostaci su u tome što zaviso od koraka perturbacije i vremena uzorkovanja dostizanje maskimalne snage može biti znatno sporije i sa većim odstupanjima nego kod nekih drugih algoritama. Takođe, kada se algoritam implementira npr. u mikrokontroleru, usljed A/D konverzije mogu se javiti kvantizacioni šumovi. Ipak, sa smanjenjem vremena uzorkovanja i koraka perturbacije mogu se postići zadovoljavajuće brzine rada. Još jedan problem se susreće u slučaju brzih promjena atmosferskih uslova (zračenje, temperatura, oblačnost, itd.), ali i pored toga algoritam je veoma popularan.



Slika 6 - Blok šema „*perturb and observe*“ algoritma

Na osnovu prethodne blok šeme predložena je realizacija u Simulink-u, prikazana na slici 7.

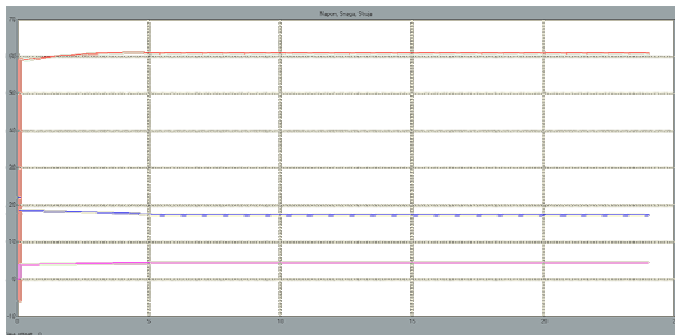


Slika 7 - Realizacija P&O algoritma u Simulink paketu

Na slici 8 prikazana je zavisnost struje (označena rozom bojom), napona (označen plavom bojom) i snage (označena crvenom bojom) solarnog panela od vremena (x-osa), u slučaju kada se koristi „*perturb and observe*“ algoritam. Korak promjene faktora popunjenosti ΔD iznosi 0.02.

² PWM - Impulsno širinska modulacija je vrsta upravljanja (predstavlja način da se od digitalnog signala napravi signal analogne vrednosti).

Simulacija je izvedena pod pretpostavkom da je intenzitet sunčevog zračenja konstantno 900 ali i da je spoljašnja temperatura konstantna.

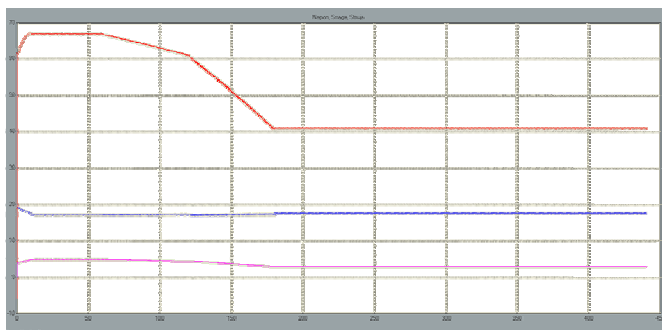


Slika 8 – „Perturb and observe“ algoritam pri 900

Da bi testirali nedostatke (usled brzih promjena svjetlosti) „Perturb and observe“ algoritma, mijenjamo drastično vrijednost radijacije. Na slici 9 radijacija najprije opadne sa 1000 na 900 da bi posle toga opala naglo na 600.

Vidimo da snaga (crvena boja) prati promjene radijacije tj. vidimo da u trenucima nagle promjene algoritam uspijeva da prati maksimalnu snagu. Zaključujemo da što je veći intenzitet zračenja, to je struja a tim i snaga fotonaponskog modula veća.

U slučaju veće temperature kod karakteristike snage napon praznog hoda opada, dok se kod karakteristike struje vrlo malo mijenja.



Slika 9 – „Perturb and observe“ algoritam pri naglim promjenama svjetlosti

4. ZAKLJUČAK

Kod proizvodnje električne energije putem fotonaponskih sistema postoji potreba za prilagođenjem rada fotonaponskog modula i potrošača u cilju maksimiziranja energije (snage) koju proizvode moduli. U ovom radu objašnjeno je funkcionisanje, upotreba i značaj solarnih panela ali i analizirana MPPT metoda „perturb and observe“ kojom se postiže maksimizacija snage solarnog modula. Navedene osobine, prednosti i nedostaci opisanog algoritama pokazani su kroz simulacije u Matlab/Simulink-u, a zbog svoje jednostavnosti algoritam je veoma popularan.

U praksi se MPPT kontrola DC/DC konvertora obavlja u realnom vremenu, preko računara. Implementirani MPPT algoritam se smješta u *dsp card* memoriju. Kartica dobija neophodne podatke sa solarnog modula (napon i struja modula), koji se obrađuju u algoritmu, nakon čega računar šalje upravljački PWM signal potreban za kontrolu prekidača, najčešće MOSFET tranzistora.

MPPT algoritmi se osim na računaru mogu praktično primijeniti koristeći operacione pojačavače, analogne množače, digitalna logička kola, itd. Posebno se danas sve češće koriste mikrokontroleri, koji zahvaljujući svojim gotovim modulima, zatim mogućnostima A/D i D/A konverzije, i drugim performansama, uspješno vrše upravljanje energetskim i drugim sistemima.

LITERATURA:

- [1] T. Suntio, J. Lepp “Issues on solar-generator interfacing with current - fed mpp-tracking converters”, IEEE Trans. on Pow. Elec. vol. 25 NO9, september 2010.
- [2] M. Šoja, S. Lubura, S. Lale “mppt metode za solarne panele”, INFOTEH-JAHORINA Vol. 9, Ref. E-V-20, p. 787-791, Mart 2010.
- [3] A. Stjepanović, S. Stjepanović, F. Softić, B. Blanuša “algoritmi i njihova primjena u fotonaponskim sistemima” INFOTEH, Jahorina, Vol. 9, Ref. E-y -21, str. 792-795 mart 2010
- [4] R. Hernanz, C. Martín, Z. Belver, L. Lesaka, Z. Guerrero, P. Pérez „modelling of photovoltaic module”, ICREPQ’10 Granada (Spain) march 2010
- [5] Francisco M. González-Longatt “Model of Photovoltaic Module in Matlab”, II CIBELEC 2005
- [6] B. Willson „Solar Cells”, cnx.org/content/m33803

LOGIČKA ŠEMA ARHITEKTURA eDMS SISTEMA IMPLEMETIRANA U VLADI CRNE GORE

LOGICAL SCHEME OF THE SYSTEM ARCHITECTURE eDMS BEEN IMPLEMENTED IN THE GOVERNMENT OF MONTENEGRO

Lukač Adnan, Tanja Maraš, *Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije*

Sadržaj - U radu je opisana logička šema arhitekture eDMS sistema, koji je implemetiran u Vladi Crne Gore. Sistem omogućava unos, obradu, razmjenu i skladištenje elektronskih dokumenata, a jedan od najbitnijih dijelova svakog informacionog sistema, pa tako i eDMS-a, je logička arhitektura. Logička šema arhitekture eDMS sistema prikazuje i opisuje princip rada svih modula koji se nalaze u sistemu.

Abstract - This paper describes a logical architecture diagram of eDMS system, which has been implemented in Government of Montenegro. The system allows data entry, processing, sharing and storage of electronic documents and one of the most important parts of each information system, including eDMS, is a logical architecture. Logical scheme of the architecture of eDMS shows and describes the operation principle of all modules of this system.

1. UVOD

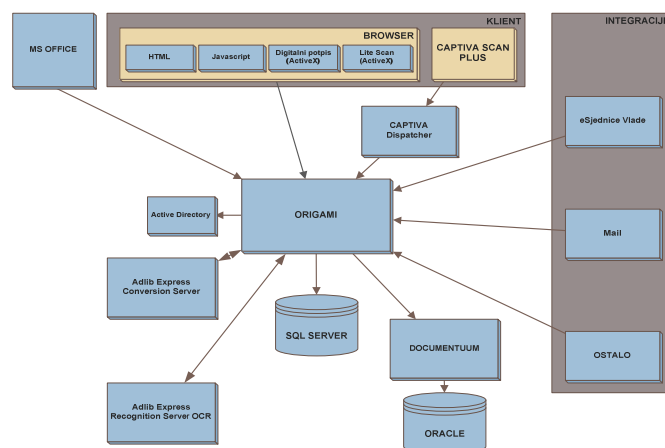
U današnje vreme poslovni podaci najčešće nastaju i obrađuju se u digitalnom formatu, ali su se zadržali stari načini razmene dokumenata u papirnoj formi. Poznato je da su papirni dokumenti još uvek najvažniji izvor informacija, na teritoriji Balkana, iz razloga što mnoge firme kako u privatnom sektoru, tako i u državnim institucijama nisu uveli sistem za upravljanje sa dokumentacionom građom. Odlukom Vlade Crne Gore iz 2009.godine Ministarstvo za informaciono društvo je preuzelo obavezu da uvede u svim ministarstvima eDMS (*electronic Management System*) iz razloga što eDMS omogućava informatizaciju i elektronicizaciju kancelarijskog poslovanja u Vladi Crne Gore, u cilju podizanja efikasnosti, uštede vremena, smanjenja troškova i kvalitetnijeg upravljanja dokumentacionom građom. Stručnjaci iz Ministarstva za informaciono društvo odlučili su se za jedan od najboljih i naj savremenih sistema za upravljanje dokumentacijom građom, a to je eDMS (*electronic Document Management System*). kompanije CRS iz Slovenije.

2. ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM

eDMS (*electronic Document Management System*) elektronski sistem za upravljanje dokumentima, predstavlja informacioni sistem (ili skup računarskih programa) koji se koristi za nastanak, obradu, praćenje i skladištenje elektronskih dokumenata. eDMS je veoma složen sistem, koji se sastoji iz više pod sistema, gdje svaki pod sistem ima tačnu funkciju u sistemu.

Sistem je baziran na troslojnoj arhitekturi i principima SOA-e (*Service Oriented Architecture*). eDMS posjeduje veoma složeno aplikativno rješenje koje će biti opisano u kratkim crtama.

Na slici 1 je prikazana logička šema eDMS sistema.



Slika 1. Logička šema eDMS sistema.

Sastavni segmenti logičke šeme su:

- Origami
- Adlib Express Conversion Server
- SQL Server,
- EMC Documentum Server
- Skeniranje i prepoznavanje teksta
- Integracija sa desktop aplikacijama (MS Office, OpenOffice)
- Moduli za integraciju sa drugim servisima (*Exchange Server, Active Directory, EMC Captiva*).

3. ORIGAMI

Origami je centralna serverska aplikacija koje povezuje sve ostale module eDMS-a. Origami je u potpunosti realizovan kao web aplikativno rješenje i kao takvo pruža mogućnost potpunog ostvarivanja svih zahtjevanih funkcionalnosti korišćenjem standardnog web klijenta.

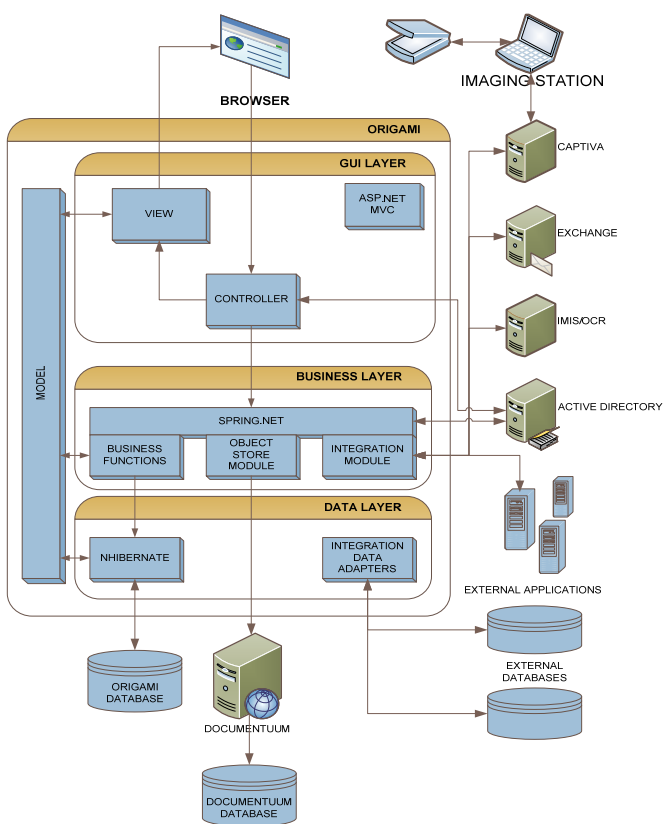
Softversko rješenje [1] Origami postavljeno je na

aplikativnom serveru (IIS, Win2003 Server) koji radi u klasteru korištenjem Microsoft NLB tehnologije, sa čime je obezbijedena visoka raspoloživost i skalabilnost sistema.

Origami je troslojno rješenje, razvijeno na Microsoft-ovoj NET tehnologiji, gdje svaki od slojeva ima posebnu ulogu u okviru Origami aplikacije:

- Sloj podataka (Data Layer)
- Poslovni sloj (Business Layer)
- Prezantacioni sloj (GUI Layer)

Detaljna topologija logičke arhitekture sistema prikazana je na Slici 2, sa izdvojenim posebnim komponentama i objedinjenim funkcionalnostima:



Slika 2. Logička šema serverske aplikacije Origami

Sloj podataka (Data Layer)

Ovaj sloj u osnovi obuhvata smještanje podataka. Specifičnosti sistema određuju postavljanje i skladištenje podataka raznog oblika, od sadržaja dokumenata, i to u više formata, do konkretnih poslovnih informacija.

Unutar Origami-ja, [1] sloj podataka čine interfejs prema bazi podataka i data adapteri.

Za interakciju sa podacima u bazi koristi se Nhibernate tehnologija. Nhibernate je O/R (Object Relational) mapper, koji mapira podatke u bazi.

Data adapteri omogućavaju vezu sa eksternim bazama podataka.

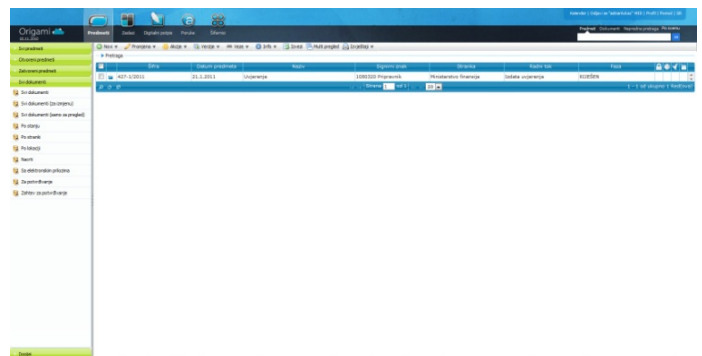
Poslovni sloj (Business Layer)

Poslovni sloj je centralni dio sistema koji je zadužen za cjelokupnu logiku Origami aplikativnog rješenja.[1] Na ovom nivou je razvijena poslovna logika koja je odgovorna za obradu podataka i upravljanje poslovnim procesima.

Poslovni sloj sadrži sledeće cjeline: Business functions, Object store module i integration module. Ove cjeline obezbeđuju poslovnu logiku, generisanje i upravljanje sa objektima i kolaboraciju sa drugim aplikativnim rješenjima.

Prezantacioni sloj (GUI – Grafic User Interface)

GUI je prezantacioni sloj koji je odgovoran za pripremu sadržaja za klijenta (Web Browser) kao i za prosleđivanje informacija sloju poslovne logike. GUI nivo je MVC – Model View Controller realizovan u tehnologiji ASP.NET MVC Framework. I ako i dalje liči na Web Forms Model, odnosno na rad sa standardnim web formama, kod MVC modela je bitno drugačija obrada korisnikovih akcija. Za razliku od Web Forms modela gdje korisnikove akcije kao input prima i upravlja sa njima View koji takođe generiše i output prema klijentu. Na Slici 3 je prikazan grafički prikaz Origamija.



Slika 3. grafički prikaz Origamija

MVC dijeli korisnički interfejs na tri odvojene komponente:

Controller prima i upravlja sa akcijama korisnika (u web kontekstu, HTTP zahtjevi) i zavisno od toga utiče na View ili prosleđuje zahtjeve poslovnoj logici, u kom slučaju se generiše nova specifikacija Modela od strane poslovne logike.

View generiše izlaz u [1] obliku koji odgovara određenom klijentu (na primjer, browser-u), na osnovu specifikacije Modela. View na taj način upravlja sa prikazom informacija. Na taj način se za dati model može pripremiti odgovarajući View za razne klijente. (Browser, ...).

Model sadži određenu logiku i predstavlja specifikaciju objekata, to jest, podrazumijeva specifikaciju objekata i njihovo ponašanje. Na primjer, tekst polje kao objekat ima svoju specifikaciju u modelu, koja ga opisuje. Njegova specifikacija u modelu određuje metode (ponašanje) tekst polja kao objekta prilikom unosa ili promjene teksta kao

podatka. Model odgovara na pitanja *View*-a o njegovom stanju i odgovara na zahtjeve *Controller*-a, ili poslovne logike da promijeni neko stanje. *Model* ne zavisi od *View*-a i *Controller*-a. Zahvaljujući tome, *Model* može da se projektuje i testira nezavisno od njegove buduće vizuelne prezentacije.

4. SQL SERVER TRANSAKCIONA BAZA

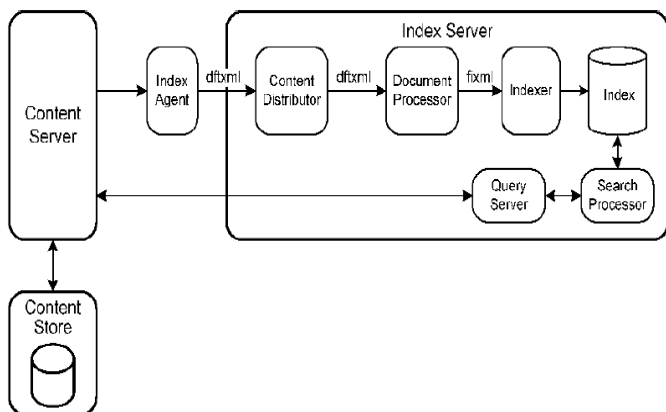
eDMS sadrži i SQL [1] transakcionu bazu, u kojoj su svi predmeti sa dokumentima koji su u radnom toku.

Origami upravlja sa transakcionom bazom, u koju smješta sadržaje, koji će kasnije biti prebačeni u repozitorijum *Documentum*-a.

5. EMC DOCUMENTUM

Platforma *EMC Documentum Content Server* [2] predstavlja centralni e-Arhiv, u kome se skladište i arhivirani dokumenti (predmeti) čuvaju, odnosno sadržaji. *EMC Documentum* obezbjeđuje bezbjednosne servise (*Security Services*) za autentifikaciju i zaštitu od neovlašćenog pristupa, servise povjerljivog sadržaja (*Trusted Content Services*), sa kojima se garantuje bezbjednost svih dokumenata koji su arhivirani, pouzdanost u smislu čuvanja i zaštitu od izmjene ili brisanja arhiviranih dokumenata.

Centralni dio Dokumentuma je repozitorijum u kome se smještaju sadržaji (dokumenti, slike, mail-ovi, ...). Sadržajima u repozitorijumu moguće je pristupiti isključivo preko klijentskog softvera (Origami), koji u potpunosti poštuje definisanu autorizaciju i korisnička prava i koji takođe obavlja i praćenje izmjena nad sadržajima, komunikaciju sa serverom za indeksiranje sadržaja i sve ostale akcije nad sadržajima. Važno je istaći da *Documentum* podržava autorizaciju na nivou dokumenta. Na Slici 4 je prikazana logička šema povezivanja Dokumentuma sa *Index Serverom*.



Slika 4. Logička šema povezivanja Dokumentuma sa *Index Serverom*

Repozitorijum *Documentum*-a sadrži [1] *Content Store* koji predstavlja logički repozitorijum za sadržaje i *Metadata Store* u kome se nalaze meta podaci koji opisuju sadržaje.

Index Server (Full Text Index Server) je neophodan za brzo pretraživanje dokumenata. On omogućava pretraživanje

po sadržaju i atributima (*Full Text Search*) dokumenata tako što svaku riječ dokumenta pretvara u samostalni index.

Index Server komunicira s *Documentum*-om preko *Index Agent*a kada se vrši indeksiranje dokumenta. Obratno, *Documentum* putem upita dobija rezultate pretraživanja preko *Query* komponente *Index server*a.

6. SKENIRANJE I PREPOZNAVANJE TEKSTA

EMC Captiva je [1] nezavisan sistem koji omogućava skeniranje velike količine papirnih dokumenata i njihovo prebacivanje u elektronski oblik. *EMC Captiva* podržava *OCR (Optical Character Recognition)* pa je moguće prepoznati tekst kod skeniranih dokumenata i tako generisati tekstualne datoteke koje se smještaju na *file system*. Integracija *Captive* sa eDMS-om se ostvaruje preko *file system*a. *Captiva* ima podršku i za *ICR (Intelligent Character Recognition)* tehnologiju za prepoznavanje pisanog teksta.

Inače, pored rješenja sa *Captivom*, standardna funkcionalnost skeniranja pojedinačnih dokumenata je kroz *Origami* automatizovana pomoću *activeX* kontrole *LiteScan* koja se kao *add-in* dodaje *browser*-u.

7. INTEGRACIJA SA DESKTOP APLIKACIJAMA (MS OFFICE, OPENOFFICE)

eDMS podržava integraciju [3] sa *MS Office* (*Word*, *Outlook*, *Excel*, *PowerPoint*, *Share Point Services*).

Integracija eDMS-a sa *MS Office* alatima podrazumijeva korišćenje korisničkog interface *MS Office* aplikacija i omogućava manipulaciju sa dokumentima u eDMS sistemu.

Povezivanje eDMS-a i *Microsoft* aplikacija ostvareno je preko standarda *ODMA (Open Document Management API)* protokola. On podržava i olakšava saradnju između *Microsoft* aplikacija koje se nalaze na radnoj stanici i sadržaja, odnosno dokumenata koji se nalaze na serveru. Na taj način se ostvaruje transparentan rad *Origami* korisnika sa dokumentima i mogućnost da se svaka sačuvana izmjena nekog dokumenta u *MS Office* alatu automatski sačuva u transakcionoj bazi.

Druga važna funkcionalnost, verzioniranje dokumenata, ostvaruje se korišćenjem standardnog *WebDAV* protokola.

Povezivanje *MS Outlook*-a i eDMS-sa omogućava da se svaki pristigli e-mail sa attachment-om može prebaciti kao dokument u eDMS sistemu, sa attachment-om kao elektronskim prilogom dokumenta.

8. MODULI ZA INTEGRACIJU SA DRUGIM SERVISIMA (EXCHANGE SERVER, ACTIVE DIRECTORY, EMC CAPTIVA)

Integracija sa *Exchange-om* – Omogućava [3] slanje i primanje dokumenata putem *email*-a. To omogućava da se neki dokument može poslati iz dokumentacionog sistema putem *email*-a, odnosno da se dokument koji je stigao na isti način može uključiti u dokumentacioni sistem. Tekst e-mail-a se obrađuje (meta podaci) i formira se elektronski dokument

a svi njegovi attachment-i se preuzimaju kao prilozi dokumenta. Pri tom se *email*-ovi tretiraju kao složeni dokumenti koji mogu imati jedan ili više različitih priloga u različitim formatima zapisa.

Integracija sa *Active Directory (AD)* - eDMS može da ostvari u potpunosti integraciju sa aktivnim direktorijumom, čime se obezbijeduje veći bezbjednosni nivo zaštite sistema.

Integracija sa *PKI* sistemom - eDMS takođe podržava integraciju sa sistemom za izdavanje digitalnih sertifikata, u smislu korištenja sertifikata za elektronsko potpisivanje dokumenata i u smislu autentifikacije korisnika, što doprinosi dobroj informacionoj bezbjednosti sistema.

Integracija sa drugim aplikativnim rješenjima

eDMS će biti povezan sa aplikativnim [1] rješenjem za elektronske sjednice Vlade (eSjednice), čime će se u potpunosti obuhvatiti elektronsko upravljanje sa dokumentima u administraciji državne uprave. Integracija će biti realizovana sa slijedećim ciljevima:

- smještaj i čuvanje dokumenata u eDMS-u, koji će biti kreirani u aplikativnom rješenju eSjednice, u skladu sa definisanom autorizacijom;
- uključivanje u eSjednice dokumenata iz eDMS-a za potrebe sjednica Vlade;

eDMS je otvoreno rješenje, u tom smislu da podržava mogućnost integracije odnosno povezivanja sa drugim aplikativnim rješenjima putem web servisa.

Aktivni direktorijum

Active directory (AD) je serverska [1] aplikacija za organizaciju domena i autentifikaciju korisnika. Pored toga, u AD-u se definišu prava korisnika u domenu, na hijerarhijski

način. AD je važan dio ukupne sigurnosti i administracije mreže i mrežnih resursa. AD koristi i *Domain Name System (DNS)*, za lociranje resursa i određivanje prostora imena domena (*namespace*). AD koristi LDAP (*Lightweight Directory access protocol*) koji omogućuje i povezivanje sa drugim tipovima mreža. AD kao servis omogućava centralizovanu administraciju - sa jednog računara moguće je kontrolisati sve resurse mreže (korisničke naloge, mrežne konekcije, računare, štampače itd.) gde god se oni nalazili. Servis AD podržava sledeće protokole: LDAP, MAPI-RPC i delimično X.509. Svaki objekat u AD ima jedinstveno ime (DN, *Distinguished Name*) koje sadrži putanju do objekta i jedinstven identifikator (GUID, Globally Unique Identifier) koji se dodjeljuje objektu prilikom kreiranja i ne može da se mijenja.

9. ZAKLJUČAK

Tema ovog rada je bila opisivanje šeme logičke arhitekture eDMS sistema implemetiranog u Vladi Crne Gore. U radu je opisana logička arhitektura eDMS sistema, i veze između modula, kao i rad samih modula. Logička arhitektura eDMS sistema sastoji se iz centralne serverske aplikacije Origami i modula: Adlib Express Conversion Server, SQL Server, EMC Documentum Server, modula za skeniranje i prepoznavanje teksta, modula za Integraciju sa desktop aplikacijama (MS Office, OpenOffice) i moduli za integraciju sa drugim sistemima (*Exchange Server, Active Directory, EMC Captiva*). Vezu između centralne aplikacije i drugih modula u sistemu čini eDMS sistem.

LITERATURA

- [1] Tederska dokumentacija "eDMS"
- [2] <http://www.emc.com/about/who-we-are/serbia.htm?fromGlobalSiteSelect>
- [3] <http://www.src.si/resitve/edms/default.asp>

SISTEM VIŠESTRUKIH PODNOSILACA BAZIRAN NA AFFINE FOURIEROVOJ TRANSFORMACIJI U SATELITSKIM POMORSKIM KANALIMA A MULTICARRIER SYSTEM BASED ON THE AFFINE FOURIER TRANSFORM IN MARITIME SATELLITE CHANNELS

Alen Pelinković, Igor Đurović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica,*
Đuro Stojanović, *Crnogorski Telekom*

Sadržaj: *Predstavljamo aplikaciju sistema sa višestrukim podnosiocima (MC- Multicarrier) u satelitskim pomorskim (MS – maritime satellite) kanalima koji predstavljaju poseban slučaj mobilnih satelitskih kanala. Doplerovo širenje i višestruka propagacija dovode do interferencije koja značajno degradira performanse sistema. Efekti višestruke propagacije se mogu umanjiti dodavanjem zaštitnog intervala dovoljnog trajanja, dok efekti Doplerovog širenja predstavljaju izazov istraživanja. Stoga predstavljamo MC tehniku baziranu na Affine Fourierovoj transformaciji (AFT-MC) koja predstavlja uopštenje ortogonalnog frekvencijskog multipleksa (OFDM). Dobijeni su momenti funkcije rasijanja u zatvorenom obliku praćeni optimalnim parametrima. Rezultati dobijeni za AFT-MC u MS kanalima pokazuju da ova tehnika efikasno suzbija interferenciju izazvanu Doplerovim širenjem.*

Abstract: *We present an application of multicarrier systems (MC) in maritime-satellite (MS) channels which represent a special case of mobile satellite channels. Doppler spreading and multipath propagation lead to interference that can significantly derogate system performance. Effects of multipath propagation can be mitigated by using a sufficient guard interval, while suppression of Doppler spreading effects represents a challenging task. Therefore we present MC technique based on the Affine Fourier transform (AFT-MC) which can be considered as a generalisation of the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). The moments of scattering function are obtained in the closed form followed by the optimal parameters. Results which are obtained for AFT-MC show that AFT-MC efficiently combats interference in MC channels.*

1. UVOD

Dosadašnji satelitski komunikacioni sistemi u pomorstvu su se uglavnom primjenjivali u navigacione svrhe i za prenos podataka i govora za potrebe posade brodova. Sa porastom potrebe za širokopojasnim i mobilnim pristupom otvorio se prostor za implementaciju novih tehnika baziranih na višestrukim nosiocima (MC- Multicarrier) u pomorskim satelitskim (MS – maritime satellite) kanalima. Pored pružanja brzog pristupa internetu i prenosa govora javila se i potreba za emitovanjem digitalne televizije. Detaljan opis karakteristika ovih kanala se može naći u [1]. Komunikacioni sistemi sa višestrukim nosiocima predstavljaju najboljeg kandidata za buduće komunikacione sisteme u MS kanalima. Sistemi bazirani na MC tehnikama su već pronašli svoje mjesto u mnogobrojnim aplikacijama u komunikacionim sistemima. Tipičan primjer je ortogonalni frekvencijski multipleks (OFDM), baziran na Fourierovoj transformaciji (FT). OFDM predstavlja jednu od najvažnijih klasa modulacionih tehnika sa jednako razmaknutim podnosiocima i preklapanjem spektra [2]. Implementiran je u fizičkom sloju mnogih bežičnih komunikacionih standarda. OFDM se pokazao kao tehnika za prenos podataka visokim protokom koja je robustna na vremensku disperziju. Međutim, ova tehnika je izuzetno osjetljiva na Doplerovo širenje koje ozbilno narušava efikasnost u MS kanalima.

U cilju umanjivanja interferencije između podnosilaca (ICI-intercarrier interference) izazvane Doplerovim širenjem potrebna je MC tehnika koja će efikasno savladati ICI i brzo se prilagođavati različitim stanjima kanala. Kao prvi izbor bi

se nametnuo OFDM kao jedna od najpopularnijih MC tehnika. Međutim, njegova Fourierova baza nije pogodna za prenos u MS kanalima. MC tehnika bazirana na Affine Fourierovoj transformaciji (AFT-MC), je od skora predložena kao obećavajuća tehnika za prenos u bežičnim kanalima [3][4]. AFT-MC je odabran kao pogodan za komunikaciju u mobilnim satelitskim kanalima [3].

U ovom radu, ćemo razmatrati AFT-MC sistem u MS kanalima sa direktnom komponentom (LOS-Line of sight) i grupom rasijanih komponenti. Dobijeni su izrazi za interferenciju, momente funkcije rasijanja (scattering function) kao i za optimalne parametre u zatvorenom obliku. Kako AFT-MC predstavlja uopštenje OFDM-a, on će se u najgorem slučaju ponašati kao OFDM. U svim ostalim situacijama kada je dominantna LOS komponenta i kada je uzak snop rasijanih komponenti AFT-MC ima bolje karakteristike od OFDM-a.

Ovaj rad je organizovan na sljedeći način. Performanse signaliziranja su predstavljene u dijelu 2. Analiza momenata je data u dijelu 3. Primjeri praktičnih aplikacija u MS kanalima su dati u dijelu 4. Konačno, na kraju je dat zaključak.

2. PERFORMANSE SIGNALIZIRANJA

Vremenski pomjerena i modulirana verzija osnovnog impulsa u AFT-MC sistemu se može zapisati kao:

$$g_{n,k}(t) = g(t-nT)e^{j2\pi(c_1(t-nT)^2 + c_2k^2 + \frac{k}{T}(t-nT))}, \quad (1)$$

gdje je T period simbola, c_1 i c_2 su AFT parametri, n i k intervali odabiranja i redni brojevi podnosilaca, respektivno. AFT-MC signal u osnovnom opsegu se sada može definisati kao:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{k=0}^{M-1} c_{n,k} g_{n,k}(t), \quad (2)$$

gdje je M broj podnosilaca, $\{c_{n,k}\}$ simboli koji su u AFT-MC sistemu statistički nezavisne, identički distribuirane promjenljive sa nultom srednjom vrijednošću i jediničnom varijansom. Dvostruko disperzivni kanal se može modelovati multipath fading linearnim operatorom \mathbf{H} . Signal na prijemu je dat kao [4]:

$$r(t) = (\mathbf{H}s)(t) + n(t), \quad (3)$$

gdje $n(t)$ predstavlja aditivni bijeli Gausov šum (AWGN- Additive White Gaussian Noise), sa jednostranom spektralnom gustinom snage šuma N_0 . Rekonstrukcija signala na prijemu se obavlja projekcijom primljenog signala na set signala $\{g_{n,k}(t)\}$. Primljeni simboli se mogu predstaviti kao [6]

$$\begin{aligned} \hat{c}_{n,k} &= \langle \mathbf{H}s, g_{n,k} \rangle + \langle n, g_{n,k} \rangle \\ &= \sum_{n'=-\infty}^{\infty} \sum_{k'=0}^{M-1} c_{n',k'} \langle \mathbf{H}g_{n',k'}, g_{n,k} \rangle + \langle n, g_{n,k} \rangle. \end{aligned} \quad (4)$$

gdje koeficijenti $g_{n,k,n',k'} = \langle \mathbf{H}g_{n',k'}, g_{n,k} \rangle$ predstavljaju produkte kanala, unešene između predajnog i prijemnog impulsa. Unutrašnji produkti se mogu zapisati kao:

$$g_{n,k,n',k'} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau, \nu) g_{n',k'}(t-\tau) \times g_{n,k}^*(t) e^{j2\pi\nu t} dt d\tau d\nu, \quad (5)$$

gdje $h(\tau, \nu)$ označava funkciju širenja kanala, kao funkciju vremenskog kašnjenja τ i Doplerovog pomjeraja ν . Linearno transformisana ambiguity funkcija $A(\tau_p, \nu_p)$ [3] se može definisati po analogiji sa definicijom klasične ambiguity funkcije [6] kao:

$$A(\tau_p, \nu_p) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) g^*(t-\tau_p) e^{-j2\pi\nu_p t} dt, \quad (6)$$

gdje je

$$\begin{aligned} \tau_p &= (n'-n)T + \tau, \\ \nu_p &= \frac{1}{T}(k'-k) + \nu - c_0 - 2c_1((n'-n)T + \tau). \end{aligned} \quad (7)$$

Za kanale koji su stacionarni u širem smislu i kod kojih su slabljenje i fazni pomjeraj međusobno nekorelisani (WSSUS- Wide Sense Stationary Uncorrelated Scattering) [5], funkcija rasijanja $S(\tau, \nu)$ koja u potpunosti opisuje WSSUS kanal je:

$$E[h(\tau, \nu)h^*(\tau_1, \nu_1)] = S(\tau, \nu)\delta(\tau-\tau_1)\delta(\nu-\nu_1). \quad (8)$$

pri čemu srednja kvadratna vrijednost koeficijenata zadovoljava:

$$E\left[|g_{n,k,n',k'}|^2\right] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau, \nu) \times |A(\tau_p, \nu_p)|^2 d\tau d\nu. \quad (9)$$

Korisna snaga je dobijena kao [3]

$$P_U = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau, \nu) |A(\tau_p, \nu_p)|_{n=n', k=k'}^2 d\tau d\nu. \quad (10)$$

Snaga interferencije P_I u bežičnim kanalima, gdje vremensko i frekvencijsko širenje ima konačnu vrijednost, $\tau \in [0, \tau_{\max}]$ i $\nu \in [-\nu_d, \nu_d]$ se može izraziti kao [3]:

$$P_I = 1 - \int_{-\nu_d}^{\nu_d} \int_0^{\tau_{\max}} S(\tau, \nu) |A(\tau_p, \nu_p)|_{n=n', k=k'}^2 d\tau d\nu. \quad (11)$$

AFT-MC sistem se svodi respektivno na FrFT i OFDM baziran sistem za $c_1 = \cot\alpha/(4\pi)$ i $c_1 = 0$ u (7) [3].

Razmotrimo slučaj, gdje imamo AFT-MC sistem sa pravougaonim impulsima $g(t) = 1/\sqrt{T}$, $-T/2 \leq t \leq T/2$, sa zaštitnim intervalom GI (Guard Interval). Ambiguity funkcija za $n=n'$ i $k=k'$ se može izraziti kao

$$|A(\tau_p, \nu_p)|_{n=n', k=k'}^2 = \frac{\sin^2 \pi(\nu - c_0 - 2c_1\tau)T}{\pi^2(\nu - c_0 - 2c_1\tau)^2 T^2}. \quad (12)$$

Između simbola je dodat GI trajanja T_G ($T_G > \tau_{\max}$) u cilju eliminisanja kašnjenja prouzrokovanog višestrukum propagacijom. Interferencija se može ograničiti sa gornje strane uvrštavanjem (12) u (11) i korišćenjem osobina

Tejlorovog reda $1 - \cos \theta \geq \frac{1}{2}\theta^2 - \frac{1}{24}\theta^4$ kao [3][7]:

$$P_{IUB} \leq \frac{1}{3}m_{20}(c_0, c_1)\pi^2 T^2, \quad (13)$$

gdje $m_{ij}(c_0, c_1)$ za $i, j \in N$ predstavlja momente funkcije rasijanja za AFT-MC

$$m_{ij}(c_0, c_1) = \int_{-\nu_d}^{\nu_d} \int_0^{\tau_{\max}} S(\tau, \nu) \times (\nu - c_0 - 2c_1\tau)^i \tau^j d\tau d\nu. \quad (14)$$

OFDM momenti $m_{ij}(0,0)$ se mogu dobiti za $c_0 = 0$ i $c_1 = 0$. AFT-MC momenti $m_{ij}(c_0, c_1)$ se mogu izračunati iz OFDM momenata $m_{ij}(0,0)$ korišćenjem:

$$m_{ij}(c_0, c_1) = \sum_{k=0}^i \sum_{l=0}^{i-k} (-1)^{l+k} \binom{i}{k} \binom{i-k}{l} \times c_0^l (2c_1)^k m_{i-k-l, k+j}(0,0). \quad (15)$$

Bitno je naglasiti da (12) i (14) predstavlja AFT-MC ekvivalent za gornju i donju granicu koji su prethodno izvedeni za OFDM u [5].

Za $(v + |c_0| + 2|c_1|\tau_{\max})T > 1$ (trajanje simbola i brzina su veliki) i ako je dodat dovoljan GI, aproksimacija interferencije se može napisati kao [3]

$$P_I = \frac{\left(\frac{1}{3}\right)\left(\frac{1}{K+1}\right)m_{20}(c_0, c_1)\pi^2 T^2}{\left(\frac{1}{K+1}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)m_{20}(c_0, c_1)\pi^2 T^2}. \quad (16)$$

3. MOMENTI FUNKCIJE RASIJANJA

Sada ćemo analizirati uopšteni slučaj multipath scenarija gdje je snaga LOS komponente koja stiže u trenutku $\tau=0$ sa frekvencijskim offset-om data kao $K/(K+1)$. Snaga višestrukih (multipath) komponenti je $1/(K+1)$. Parametar K je Rice-ov faktor i predstavlja odnos snage LOS komponente i snage multipath komponenti. Sada se uopštena funkcija rasijanja može zapisati kao:

$$S(\tau, \nu) = \frac{K}{K+1} \delta(\tau) \delta(\nu - \nu_{LOS}) + \frac{1}{K+1} S_{diff}(\tau, \nu), \quad (17)$$

gdje $S_{diff}(\tau, \nu)$ označava funkciju rasijanja multipath komponentii. U ovom radu će biti analizirana dva moguća scenarija u MS kanalima: scenario sa LOS komponentom i odvojenom funkcijom rasijanja i scenario sa LOS komponentom i grupom rasutih komponenti. Za prvi scenario multipath komponente se modeluju kao $S_{diff} = Q_{diff}(\tau)P_{diff}(\nu)$, gdje je $Q_{diff}(\tau)$ profil snage kašnjenja (PDP- power delay profile) i $P_{diff}(\nu)$ Doplerov profil snage (DPP-Dopler power profile). Drugi moguć scenario se modeluje funkcijom rasijanja oblika $S_{diff} = P_{diff}(\nu)\delta(\tau - \tau_{diff})$. Sada ćemo definisati α_i i β_j kao:

$$\alpha_i = \int_{-v_d}^{v_d} P_{diff}(\nu) \nu^i d\nu, \quad (18)$$

$$\beta_j = \int_0^{\tau_{\max}} Q_{diff}(\tau) \tau^j d\tau,$$

Optimalni koeficienti c_{0opt} i c_{1opt} se mogu izračunati minimizacijom $v_m(c_0, c_1)$ kao [3] i [8]:

$$c_{0opt} = \frac{m_{02}(0,0)m_{10}(0,0) - m_{01}(0,0)m_{11}(0,0)}{m_{02}(0,0) - m_{01}^2(0,0)}, \quad (19)$$

$$c_{1opt} = \frac{m_{11}(0,0) - m_{01}(0,0)m_{10}(0,0)}{2(m_{02}(0,0) - m_{01}^2(0,0))}.$$

Momenti funkcije rasijanja se mogu sada definisati u opštem obliku u skladu sa (18) kao:

$$m_{10}(0,0) = \frac{K}{K+1} \nu_{LOS} + \frac{1}{K+1} \alpha_1,$$

$$m_{20}(0,0) = \frac{K}{K+1} \nu_{LOS}^2 + \frac{1}{K+1} \alpha_2,$$

$$m_{01}(0,0) = \frac{1}{K+1} \beta_1, \quad (20)$$

$$m_{02}(0,0) = \frac{1}{K+1} \beta_2,$$

$$m_{11}(0,0) = \frac{1}{K+1} \alpha_1 \beta_1.$$

Momenti $m_{20}(0,0)$ i $m_{02}(0,0)$ imaju važno fizičko značenje, s obzirom da predstavljaju Doplerovo širenje ν_m i kašnjenje τ_m kanala u OFDM sistemu, respektivno.

Koeficijenti $m_{10}(0,0)$ i $m_{01}(0,0)$ predstavljaju srednje Doplerovo širenje i srednje kašnjenje, respektivno. U narednom dijelu će biti dati proračuni za praktične aplikacije u MS kanalima.

4. PRIMJER PRAKTIČNE APLIKACIJE

MS kanali predstavljaju izazov za implementaciju MC sistema. Dva scenarija kanala se mogu definisati u zavisnosti od funkcije rasijanja koja definše multipath komponente. Ovi scenariji su okarakterisani različitim vrijednostima fading-a, Doplerovog spread-a i kašnjenja. Vrijednost Rice-ovog faktora je $K=17$ dB i $v=10$ m/s. Za prvi scenario sa LOS komponentom i grupom rasijanih komponenti DPP se može modelovati Gauss-ovom funkcijom kao [9]:

$$P_{diff}(\nu) = c_g \frac{\sqrt{2}}{B_{rms} \sqrt{\pi}} e^{-\frac{2(\nu - \nu_x)^2}{B_{rms}^2}}, \quad (21)$$

gdje je $c_g = 1/\text{Erf}(1.41\Delta\nu/B_{RMS})$ konstanta uvedena da normalizuje DPP, ν_x je pomjeraj na ν osi, $\Delta\nu = (\nu_2 - \nu_1)/2$, B_{RMS} predstavlja srednju kvadratnu vrijednost Doplerovog širenja koja je data kao:

$$B_{rms} = 4 \frac{\epsilon f_c}{c} v \sin(\alpha), \quad (22)$$

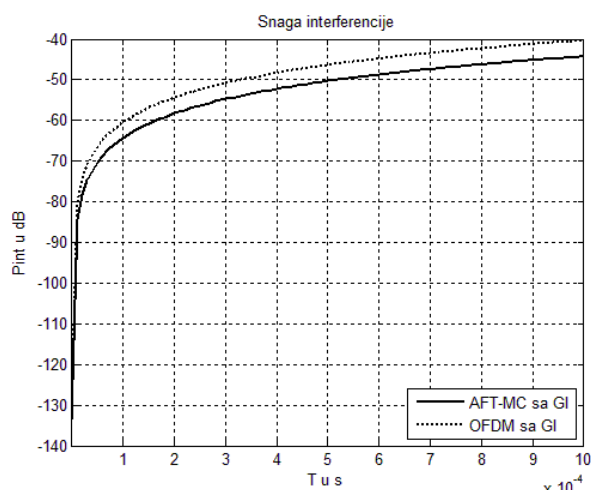
gdje je \square srednja kvadratna vrijednost valovitosti površine sa koje se reflektuju talasi, c brzina svjetlosti, v brzina kretanja, α elevacioni ugao i f_c noseća frekvencija. Granice Gauss-ovog modela se uzimaju kao $\nu_i = (v f_c \cos(\alpha))/c$ za $i=1,2$. Za MS kanale su predpostavljeni sledeći parametri: $f_c = 1.5$ GHz, $\alpha_1 = 90^\circ$, $\alpha_2 = 45^\circ$, $\alpha_{LOS} = 20^\circ$, $\square = 0.5$ i maksimalno kašnjenje $\tau_{max} = 0.34 \mu\text{s}$.

Na sl. 1 su prikazani rezultati za prvi scenario sa funkcijom rasijanja $S_{diff} = P_{diff}(\nu)\delta(\tau - \tau_{diff})$, DPP-om kao (21). AFT-MC je u ovom slučaju značajno bolji od OFDM-a u suzbijanju interferencije. Poboľšanje dobijeno upotrebom AFT-MC je 5 dB u najvećem opsegu T .

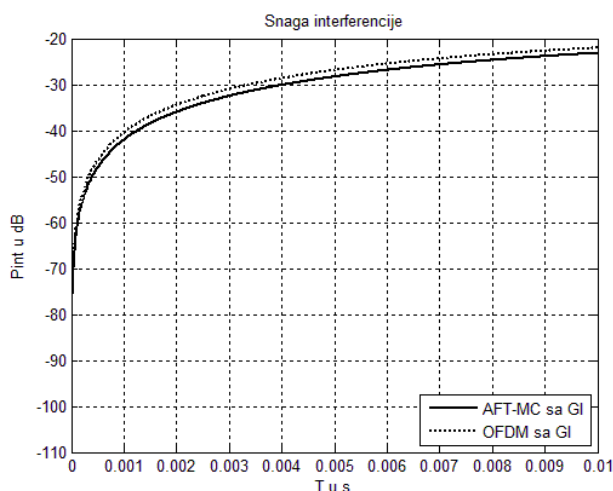
Za drugi scenario DPP je modelovan kao (21). PDP se može modelovati kao eksponencijalna funkcija slično ruralnom nebrdovitom COST 207 modelu [10]

$$Q_{diff}(\tau) = \begin{cases} c_n e^{-t/\tau_s}, & 0 \leq \tau \leq \tau_{diff}, \\ 0, & \text{ostalo}, \end{cases} \quad (23)$$

gdje je τ_{diff} maksimalno prekomjerno kašnjenje, τ_s karakteriše nagib funkcije i $c_n = 1/(\tau_s(1 - e^{-\tau_{diff}/\tau_s}))$ predstavlja normalizacioni faktor. Za ruralan nebrdoviti model $\tau_{diff} = 0.7 \mu s$ i $\tau_s = 1/9.2 \mu s$ [10]. Na sl. 2 su prikazani rezultati poređenja. AFT-MC je i dalje superiorniji u odnosu na OFDM. U ovom slučaju je dobijeno poboljšanje reda 3 dB primjenom AFT-MC.



Slika 1. Poređenje snage interferencije za scenario sa LOS komponentom i grupom rasutih komponenti za AFT-MC i OFDM sa zaštitnim intervalom u MS kanalima



Slika 2. Poređenje snage interferencije za scenario sa odvojenom funkcijom rasijanja za AFT-MC i OFDM sa zaštitnim intervalom u MS kanalima

Dakle, AFT-MC je značajno bolji od OFDM-a u suzbijanju interferencije izazvane Doplerovim širenjem.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu su istraživane performanse AFT-MC tehnike u satelitskim-pomorskim kanalima. Izvedeni su momenti funkcije rasijanja praćeni optimalnim parametrima u zatvorenoj formi. Data su poređenja između AFT-MC i OFDM-a za praktični primjer MS kanala. Pokazano je da AFT-MC značajno redukuje interferenciju izazvanu Doplerovim širenjem. S obzirom da AFT-MC predstavlja uopštenje OFDM-a, u najgorem slučaju kada nije prisutna LOS komponenta se ponaša kao OFDM. Prema tome AFT-MC predstavlja obećavajućeg kandidata za prenos u MS kanalima.

LITERATURA

- [1] J. Hagenauer, F. Dolainsky, E. Lutz, W. Papke and R. Schweikert, "The Maritime Satellite Communication Channel - Channel model, Performance of Modulation and Coding," *IEEE on Selected Areas in Communications*, Vol. SAC-5, NO. 4, pp. 701-713, May 1987.
- [2] J. A. C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 28, no.5, pp. 5-14, May 1990.
- [3] Dj. Stojanović, I. Djurović, and B. R. Vojcic, "Interference analysis of multicarrier systems based on affine Fourier transform," *IEEE Trans. Wireless Comm.*, vol. 8, no. 6, pp. 2877-2880, June 2009.
- [5] P. A. Bello, "Characterization of randomly time-variant linear channels," *IEEE Trans. Commun. Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 360-393, Dec. 1963.
- [4] Erseghe, N. Laurenti, and V. Cellini, "A multicarrier architecture based upon the affine Fourier transform," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 53, no. 5, pp. 853-862, May 2005.
- [5] P. A. Bello, "Characterization of randomly time-variant linear channels," *IEEE Trans. Commun. Syst.*, vol. 11, no. 4, pp. 360-393, Dec. 1963.
- [6] W. Kozek and A. F. Molisch, "Nonorthogonal pulseshapes for multicarrier communications in doubly dispersive channels," *IEEE J. Select. Areas In Commun.*, vol. 16, no. 8, pp. 1579-1589, Oct. 1998.
- [7] A. Pelinković, I. Đurović, Đ. Stojanović "Sistem višestrukih podnosilaca baziran na Affine Fourierovoj transformaciji u vazduhoplovnim kanalima," IT' 2010 Žabljak, Žabljak, Crna Gora, str. 24-27. Februara 2010.
- [8] S. Barbarossa and R. Torti, "Chirped-OFDM for transmissions over time-varying channels with linear delay/Doppler spreading," in *Proc. IEEE ICASSP'01* Salt Lake City, vol. 4, pp. 2377-2380, May 2001.
- [8] E. Haas, "Aeronautical Channel Modeling," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 51, no. 2, pp. 254-264, March 2002.
- [9] P.A. Bello, "Aeronautical Channel Characterization", *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-21, pp 548-563, May 1973.
- [10] M. Falli, Ed., *Digital land mobile radio communications-COST 207: Final report*, Luxembourg: Commission of European Communities, 1989.

ANALIZA PROPUSNOSTI 2x2 CROSSBAR KOMUTATORA SA JEDINIČNIM BAFERIMA U UKRSNIM TAČKAMA PRI SPORADIČNOM DOLAZNOM SAOBRAĆAJU THROUGHPUT ANALYSIS OF 2x2 CROSSPOINT QUEUED CROSSBAR SWITCH WITH ONE-CELL BUFFERS UNDER THE BURSTY INCOMING TRAFFIC

Anita Šimurina, Igor Radusinović, Milutin Radonjić, Zoran Veljović, *Elektrotehnički fakultet*

Sadržaj - U ovom radu je predstavljen model za analizu performansi 2x2 crossbar komutatora sa jediničnim baferima u ukrsnim tačkama za sporadični tip dolaznog saobraćaja. Analiza je zasnovana na algoritmu raspoređivanja baziranom na slučajnom izboru. Dolazni saobraćaj je modelovan IBP (*Interrupted Bernoulli Process*) modelom saobraćaja. Sa ciljem dokazivanja tačnosti analize, rezultati dobijeni analitičkim modelom upoređeni su sa rezultatima simulacije i pokazano je da se rezultati prilično dobro podudaraju.

Abstract - Performance analysis model of 2x2 crosspoint queued crossbar switch with one-cell buffers under the bursty traffic, is presented in this paper. Analysis is based on a random scheduling algorithm while traffic at each input port is modeled with IBP (*Interrupted Bernoulli Process*) traffic model. In order to show accuracy of our model, obtained analytical results are compared to the simulation results and it is shown that these results are very close.

1. UVOD

Arhitektura *crossbar* komutatora paketa koji sadrži bafere isključivo u ukrsnim tačkama aktuelizovana je otkako je tehnološki napredak omogućio njihovu realizaciju, odnosno implementaciju većih bafera u ukrsnim tačkama [1]. Velika prednost ovakve arhitekture je to što ne sadrži ulazne bafere, te za razliku od popularnih metoda baferovanja kakve su VOQ (*Virtual Output Queueing*) [2] i CICQ (*Combined Input-Crosspoint Queueing*) [3], nema problem sa propagacionim kašnjenjem kontrolne komunikacije između linijskih kartica i centralizovanog raspoređivača paketa [1].

Performanse CQ (*Crosspoint Queued*) komutatora su analizirane u [1, 4-7]. U [1] su, za slučaj jediničnih bafera i uniformni dolazni saobraćaj, izvedeni izrazi u zatvorenoj formi za propusnost i kašnjenje. Složenost ovakvog pristupa čini ga neprimjenljivim na slučajeve većih ukrasnih bafera. U [4] je predstavljen model za analizu performansi *crossbar* komutatora sa jediničnim baferima u ukrsnim tačkama za uniformni tip dolaznog saobraćaja zasnovan na balansnim jednačinama. Model za analizu performansi CQ komutatora sa ukrsnim baferima većim od jediničnih, za uniformni tip dolaznog saobraćaja, baziran na iterativnom računskom algoritmu, predstavljen je u [5]. Performanse CQ komutatora za različite tipove dolaznog saobraćaja su, na osnovu rezultata dobijenih simulacijama, analizirane u [6, 7]. Koliko je poznato autorima ovog rada, do sada nije napravljen analitički model za analizu performansi CQ komutatora za sporadični tip dolaznog saobraćaja.

Činjenica da je struktura CQ komutatora izuzetno atraktivna za realizaciju i imajući u vidu da sporadičan tip dolaznog saobraćaja kvalitetnije modeluje slučaj realne situacije u odnosu na uniformni saobraćaj, bili su motiv autorima da naprave model za analizu performansi CQ komutatora za sporadični tip dolaznog saobraćaja.

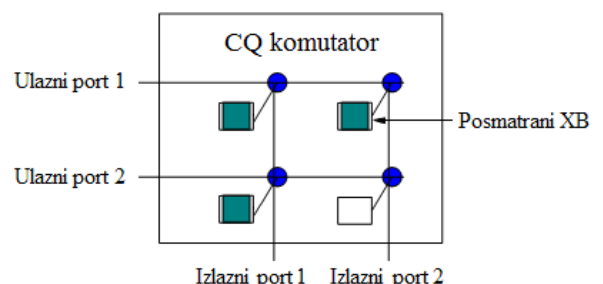
Ovaj rad je rezultat istraživanja koja su finansirana u sklopu Projekta broj 3358/2008 od strane Ministarstva nauke Crne Gore.

U ovom radu je predstavljen model za analizu performansi 2x2 *crossbar* komutatora paketa sa jediničnim baferima u ukrsnim tačkama za sporadični tip dolaznog saobraćaja. Izvor saobraćaja je modelovan IBP (*Interrupted Bernoulli Process*) modelom, koji je jedan od najrealističnijih neuniformnih modela saobraćaja. Analiza se zasniva na modelovanju sistema trodimenzionim Markovljevim lancem koji se rješava iterativnim metodom sa ciljem dobijanja raspodjele stanja na osnovu koje se računaju performanse. Predloženi model je modifikacija modela za analizu performansi CICQ komutatora predstavljenog u [8].

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju opisana je struktura analiziranog komutatora i model saobraćaja. Model za analizu performansi je predstavljen u trećem poglavlju. Četvrto poglavlje sadrži poređenje analitičkih rezultata sa rezultatima simulacija, a na kraju su dati zaključci.

2. STRUKTURA KOMUTATORA

Struktura analiziranog komutatora prikazana je na Sl. 1. Komutator ima 2 ulaza i 2 izlaza, a u svakoj ukrasnoj tački se nalazi bafer (XB) veličine jednog paketa. Pristižući paketi, koji su jednake dužine i nazivaju se ćelijama, direktno se smiještaju u odgovarajuće XB ukoliko oni nisu puni, ili se odbacuju u slučaju da u baferu nema mjesta. Pretpostavka da su ćelije koje dolaze na ulaz jednake dužine je realna, jer se u realnim komutatorima segmentacija i ulančavanje paketa varijabilne dužine obavljaju van komutacionog uređaja, na



Sl. 1. Struktura analiziranog komutatora

linijskim karticama. U ovom radu se razmatra komutator koji za rješavanje problema izlazne kolizije koristi algoritam raspoređivanja sa slučajnim izborom.

Uobičajena pretpostavka je da je vrijeme podijeljeno na jednake vremenske slotove koji predstavljaju vrijeme potrebno za prenos ćelije kroz komutator. Svaki vremenski slot je konceptualno podijeljen u dvije faze: 1. faza odlaska, kada paketi napuštaju komutator i 2. faza dolaska, kada paketi pristižu i smještaju se u odgovarajuće baferne u ukrsnim tačkama. Dakle, u ovoj analizi je uzeto da faza odlaska prethodi fazi dolaska, što ne utiče na opštost rezultata, jer je poznato da redosled ovih faza ne utiče na performanse komutatora.

Izvor saobraćaja na svakom ulazu komutatora modelovan je IBP modelom saobraćaja. Ćelije dolaze u grupama koje su adresirane na isti izlaz (*burst-ovi*). Ukoliko je u prethodnom slotu pristigla ćelija, u tekućem slotu pristiže nova ćelija sa vjerovatnoćom α odnosno ne pristiže sa vjerovatnoćom $1-\alpha$, a ukoliko u prethodnom slotu nije pristigla ćelija, ne pristiže ni u tekućem slotu sa vjerovatnoćom β odnosno pristiže sa vjerovatnoćom $1-\beta$. Ako je p intenzitet dolaznog opterećenja a b_s srednje trajanje *burst*-a, parametri α i β za IBP model saobraćaja dati su jednačinama (1) i (2).

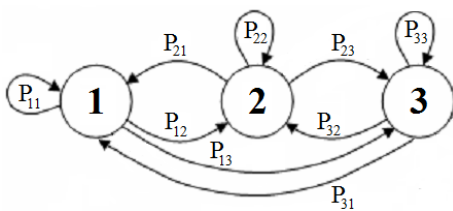
$$\alpha = 1 - 1/b_s, \quad (1)$$

$$\beta = (1-p)/(1-p\alpha) \quad (2)$$

Pristižuće grupe ćelija mogu biti adresirane na jedan od dva moguća izlaza te se dolazni saobraćaj na ulazu može naći u jednom od tri moguća stanja:

1. Na posmatranom ulazu komutatora ne pristiže ćelija,
2. Na posmatranom ulazu komutatora pristiže ćelija koja nije adresirana na posmatrani izlaz,
3. Na posmatranom ulazu komutatora pristiže ćelija koja je adresirana na posmatrani izlaz.

Dijagram stanja dolaznog saobraćaja na ulazu u XB prikazan je na Sl. 2, a vjerovatnoće tranzicija opisane jednačinom (3).



Sl. 2. Dijagram stanja izvora saobraćaja

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta & 0,5 \cdot (1-\beta) & 0,5 \cdot (1-\beta) \\ (1-\alpha)\beta & \alpha + 0,5 \cdot (1-\alpha)(1-\beta) & 0,5 \cdot (1-\alpha)(1-\beta) \\ (1-\alpha)\beta & 0,5 \cdot (1-\alpha)(1-\beta) & \alpha + 0,5 \cdot (1-\alpha)(1-\beta) \end{bmatrix} \quad (3)$$

3. MODEL STANJA BAFERA

Vjerovatnoće promjene zauzetosti XB zavise od vjerovatnoće dolaska nove ćelije i vjerovatnoće odlaska ćelije, koje zavise od stanja izvora saobraćaja i popunjenosti konkurentnog XB, respektivno. Dakle, osim informacije o

popunjenosti bafera u ukrsnim tačkama, neophodna je i informacija o stanjima izvora saobraćaja na ulazima. Ipak, praćenje promjena popunjenosti i stanja izvora saobraćaja za svaki XB na posmatranom izlazu podrazumijevalo bi veliku složenost, pogotovo kad se radi o većim XB i/ili većim komutatorima. S ciljem da se izbjegne velika složenost, modelovanje sistema se svodi na modelovanje jednog XB uz pretpostavku da i konkurentni XB ima identičnu raspodjelu stanja.

Sistem je modelovan trodimenzionim Markovljevim lancem koji uzima u obzir popunjenost posmatranog XB (L), stanje izvora saobraćaja na posmatranom ulazu (G) i dužinu konkurentnog XB (K). Neka $\pi_{(l,g,k)}$ predstavlja vjerovatnoću da je na kraju vremenskog slota posmatrani XB dužine $L=l$, stanje izvora saobraćaja na posmatranom ulazu $G=g$, a konkurentni XB dužine $K=k$, za $l, k \in [0, I]$, $g \in [1, 2, 3]$. Stoga, vektor raspodjele stanja je

$$\Pi = \left[\pi_{(0,1,0)}, \pi_{(0,1,1)}, \pi_{(0,2,0)}, \pi_{(0,2,1)}, \pi_{(0,3,0)}, \pi_{(0,3,1)}, \right. \\ \left. \pi_{(1,1,0)}, \pi_{(1,1,1)}, \pi_{(1,2,0)}, \pi_{(1,2,1)}, \pi_{(1,3,0)}, \pi_{(1,3,1)} \right] \quad (4)$$

Uzimajući u obzir pretpostavku o identičnoj raspodjeli stanja ukrasnih bafera, dolazi se do formula za vjerovatnoće da u konkurentni XB, koji je na kraju prethodnog slot bio prazan, pristiže ćelija, pri čemu je posmatrani XB mogao biti dužine 0 ili 1, respektivno, su:

$$\eta_0 = \frac{\pi_{(0,1,0)}P_{13} + \pi_{(0,2,0)}P_{23}}{\pi_{(0,1,0)} + \pi_{(0,2,0)}}, \quad (5)$$

$$\eta_1 = \frac{\pi_{(0,1,1)}P_{13} + \pi_{(0,2,1)}P_{23}}{\pi_{(0,1,1)} + \pi_{(0,2,1)}} \quad (6)$$

Vjerovatnoće da u konkurentni XB koji na kraju prethodnog slot nije bio prazan, pristiže ćelija, pri čemu je posmatrani XB mogao biti dužine 0 ili 1, respektivno, su:

$$\psi_0 = \frac{\pi_{(1,1,0)}P_{13} + \pi_{(1,2,0)}P_{23} + \pi_{(1,3,0)}P_{33}}{\pi_{(1,1,0)} + \pi_{(1,2,0)} + \pi_{(1,3,0)}}, \quad (7)$$

$$\psi_1 = \frac{\pi_{(1,1,1)}P_{13} + \pi_{(1,2,1)}P_{23} + \pi_{(1,3,1)}P_{33}}{\pi_{(1,1,1)} + \pi_{(1,2,1)} + \pi_{(1,3,1)}} \quad (8)$$

Prethodne relacije se dobijaju na osnovu formula totalne i uslovne vjerovatnoće.

Vjerovatnoće da je posmatrani XB prazan na kraju vremenskog slot u kom nije pristigla nova ćelija pri čemu je i konkurentni bafer prazan $\pi_{(0,g,0)}$, $g \in [1,2]$, opisane su jednačinom (9). Izvor saobraćaja na posmatranom ulazu mora preći u stanje $g \in [1,2]$ u tekućem slotu. Prilikom izračunavanja vjerovatnoće $\pi_{(0,g,0)}$ mora se uzeti u obzir sledeće: oba bafera na posmatranom izlazu su bila prazna na kraju prethodnog slot a u konkurentni XB ne smije pristići nova ćelija; ili je posmatrani XB bio prazan a konkurentni XB sadržao ćeliju na kraju prethodnog slot pri čemu u konkurentni XB ne smije pristići nova ćelija; ili je posmatrani XB sadržao ćeliju a konkurentni XB bio prazan na kraju prethodnog slot pri čemu u konkurentni XB ne smije pristići nova ćelija. Drugim riječima, da bi oba XB na kraju tekućeg slot bila prazna, ne smije pristići nova ćelija u tekućem slotu; ako je jedan od dva XB sadržao ćeliju na kraju

prethodnog slota ona će biti proslijeđena na izlaz, dok je nemoguće preći u ovo stanje ako su oba XB sadržala ćelije.

$$\begin{aligned} \pi_{0,g,0} &= (\pi_{0,1,0}P_{1g} + \pi_{0,2,0}P_{2g} + \pi_{0,3,0}P_{3g})(1-\eta_0) \\ &+ (\pi_{0,1,1}P_{1g} + \pi_{0,2,1}P_{2g} + \pi_{0,3,1}P_{3g})(1-\psi_0) \\ &+ (\pi_{1,1,0}P_{1g} + \pi_{1,2,0}P_{2g} + \pi_{1,3,0}P_{3g})(1-\eta_1), \quad g \in [1,2] \end{aligned} \quad (9)$$

Vjerovatnoće da je posmatrani XB prazan na kraju vremenskog slota u kom nije pristigla nova ćelija pri čemu konkurentni XB sadrži ćeliju $\pi_{(0,g,l)}$, $g \in [1,2]$, opisane su jednačinom (10). Izvor saobraćaja na posmatranom ulazu mora preći u stanje $g \in [1,2]$ u tekućem slotu. Izraz $\pi_{(0,g,l)}$ uzima u obzir sledeće: oba bafera na posmatranom izlazu su bila prazna na kraju prethodnog slota pri čemu u konkurentni XB mora pristići nova ćelija; ili je posmatrani XB bio prazan, a konkurentni XB sadržao ćeliju na kraju prethodnog slota, pri čemu u konkurentni XB mora pristići nova ćelija; ili je posmatrani XB sadržao ćeliju, a konkurentni XB bio prazan na kraju prethodnog slota, pri čemu u konkurentni XB mora pristići nova ćelija; ili su oba XB na posmatranom izlazu sadržala ćelije na kraju prethodnog slota i ćelija posmatranog bafera se mora prosljeđiti na izlaz, što se dešava sa vjerovatnoćom $0,5$. Drugim riječima, ukoliko je posmatrani XB bio prazan na kraju prethodnog slota, u konkurentni XB mora pristići ćelija, a ukoliko je posmatrani XB sadržao ćeliju na kraju prethodnog slota, ta ćelija mora biti proslijeđena na izlaz što se dešava sa vjerovatnoćom $0,5$ ukoliko konkurentni XB takođe takođe sadrži ćeliju (u ovom slučaju je nebitno da li u konkurentni bafer pristizhe nova ćelija u tekućem slotu), odnosno sa vjerovatnoćom 1 kada je konkurentni XB prazan (u ovom slučaju, u konkurentni XB mora pristići nova ćelija u tekućem slotu).

$$\begin{aligned} \pi_{0,g,1} &= (\pi_{0,1,0}P_{1g} + \pi_{0,2,0}P_{2g} + \pi_{0,3,0}P_{3g}) \cdot \eta_0 \\ &+ (\pi_{0,1,1}P_{1g} + \pi_{0,2,1}P_{2g} + \pi_{0,3,1}P_{3g}) \cdot \psi_0 \\ &+ (\pi_{1,1,0}P_{1g} + \pi_{1,2,0}P_{2g} + \pi_{1,3,0}P_{3g}) \cdot \eta_1 \\ &+ (\pi_{1,1,1}P_{1g} + \pi_{1,2,1}P_{2g} + \pi_{1,3,1}P_{3g}) \cdot 0,5, \quad g \in [1,2] \end{aligned} \quad (10)$$

Kako u ovoj analizi faza odlaska prethodi fazi dolaska, XB ne može biti prazan na kraju slota ukoliko je pristigla nova ćelija. Stoga, XB se ne može naći u stanjima $\pi_{(0,3,0)}$ i $\pi_{(0,3,1)}$, odnosno, vjerovatnoća da se bafer nađe u nekom od ova dva stanja je jednaka nuli:

$$\pi_{0,3,0} = \pi_{0,3,1} = 0 \quad (11)$$

Vjerovatnoće da posmatrani XB sadrži ćeliju na kraju vremenskog slota, u slučaju nedolaska nove ćelije u tekućem slotu, opisane su jednačinama (12) i (13). Izvor saobraćaja na posmatranom ulazu mora preći u stanje $g \in [1,2]$ u tekućem slotu. Kako se ovdje radi o slučaju kada u tekućem slotu ne pristizhe nova ćelija u posmatrani XB, da bi posmatrani XB sadržao ćeliju na kraju tekućeg slota, morao je sadržati i na kraju prethodnog slota. To znači da se na izlaz u tekućem slotu prosljeđuje ćelija konkurentnog XB (sa vjerovatnoćom $0,5$), odnosno, da su oba XB na kraju prethodnog slota morala sadržati ćelije – te u izrazima figurišu jedino vjerovatnoće stanja $\pi_{(l,g,l)}$. Dalje, ako u konkurentni XB u tekućem slotu ne pristizhe nova ćelija (što se dešava sa vjerovatnoćom $1-\psi$), onda se radi o stanju koje karakteriše vjerovatnoća $\pi_{(l,g,0)}$ opisana jednačinom (12), a ukoliko u konkurentni XB pristizhe nova ćelija (ψ), radi se o stanju koje karakteriše vjerovatnoća $\pi_{(l,g,1)}$ opisana jednačinom (13).

$$\pi_{1,g,0} = (\pi_{1,1,1}P_{1g} + \pi_{1,2,1}P_{2g} + \pi_{1,3,1}P_{3g}) \cdot 0,5 \cdot (1-\psi_1), \quad g \in [1,2] \quad (12)$$

$$\pi_{1,g,1} = (\pi_{1,1,1}P_{1g} + \pi_{1,2,1}P_{2g} + \pi_{1,3,1}P_{3g}) \cdot 0,5 \cdot \psi_1, \quad g \in [1,2] \quad (13)$$

Vjerovatnoće da posmatrani bafer sadrži ćeliju na kraju vremenskog slota, u slučaju dolaska nove ćelije u tekućem slotu, opisane su jednačinama (14) i (15). Izvor saobraćaja na posmatranom ulazu mora preći u stanje 3 u tekućem slotu. Kako u ovom slučaju pristizhe ćelija u tekućem slotu, posmatrani XB će svakako sadržati ćeliju na kraju tekućeg slota. Međutim, zavisno od popunjenosti oba XB na kraju prethodnog slota, kao i vjerovatnoće dolaska nove ćelije u konkurentni XB, konkurentni XB može biti prazan ili pun na kraju tekućeg slota. Kako su parametri η i ψ koji predstavljaju vjerovatnoće dolaska nove ćelije u konkurentni XB definisani zavisno od popunjenosti posmatranog XB, to se mora praviti razlika između slučajeva popunjenosti bafera na kraju prethodnog slota. U svakom slučaju, da bi konkurentni XB bio prazan na kraju tekućeg slota, što se dešava sa vjerovatnoćom $\pi_{(1,3,0)}$ opisanom jednačinom (14), u konkurentni XB ne smije pristići nova ćelija. Ukoliko je konkurentni XB na kraju prethodnog slota sadržao ćeliju, ona se u tekućem slotu mora prosljeđiti na izlaz što se dešava sa vjerovatnoćom 1 ukoliko je posmatrani XB bio prazan, odnosno $0,5$ ukoliko je bio pun na kraju prethodnog slota. Da bi konkurentni XB bio pun na kraju tekućeg slota, što se dešava sa vjerovatnoćom $\pi_{(1,3,1)}$ opisanom jednačinom (15), u konkurentni XB mora pristići nova ćelija osim ukoliko su oba XB na kraju prethodnog slota bila puna. U ovom slučaju, ukoliko se na izlaz prosljeđuje ćelija posmatranog XB (što se dešava sa vjerovatnoćom $0,5$), nebitno je da li u konkurentni XB pristizhe nova ćelija, dok nova ćelija mora pristići (ψ) ukoliko se na izlaz prosljeđuje ćelija konkurentnog XB ($0,5$).

$$\begin{aligned} \pi_{1,3,0} &= (\pi_{0,1,0}P_{13} + \pi_{0,2,0}P_{23} + \pi_{0,3,0}P_{33})(1-\eta_0) \\ &+ (\pi_{0,1,1}P_{13} + \pi_{0,2,1}P_{23} + \pi_{0,3,1}P_{33})(1-\psi_0) \\ &+ (\pi_{1,1,0}P_{13} + \pi_{1,2,0}P_{23} + \pi_{1,3,0}P_{33})(1-\eta_1) \\ &+ (\pi_{1,1,1}P_{13} + \pi_{1,2,1}P_{23} + \pi_{1,3,1}P_{33}) \cdot 0,5 \cdot (1-\psi_1) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \pi_{1,3,1} &= (\pi_{0,1,0}P_{13} + \pi_{0,2,0}P_{23} + \pi_{0,3,0}P_{33})\eta_0 \\ &+ (\pi_{0,1,1}P_{13} + \pi_{0,2,1}P_{23} + \pi_{0,3,1}P_{33})\psi_0 \\ &+ (\pi_{1,1,0}P_{13} + \pi_{1,2,0}P_{23} + \pi_{1,3,0}P_{33})\eta_1 \\ &+ (\pi_{1,1,1}P_{13} + \pi_{1,2,1}P_{23} + \pi_{1,3,1}P_{33})(0,5 + 0,5 \cdot \psi_1) \end{aligned} \quad (15)$$

Rješavanjem jednačina (9-15) dobija se vektor raspodjele stanja na osnovu kojeg se računaju performanse komutatora. Ovaj sistem jednačina se može riješiti iterativnim metodom. Nakon dobijanja vektora raspodjele stanja, propusnost se računa kao vjerovatnoća da nisu svi XB na posmatranom izlazu prazni na početku faze odlaska, što odgovara vjerovatnoći da isti nisu bili prazni na kraju prethodnog slota:

$$Th = 1 - (\pi_{(0,1,0)} + \pi_{(0,2,0)}) \quad (16)$$

4. REZULTATI

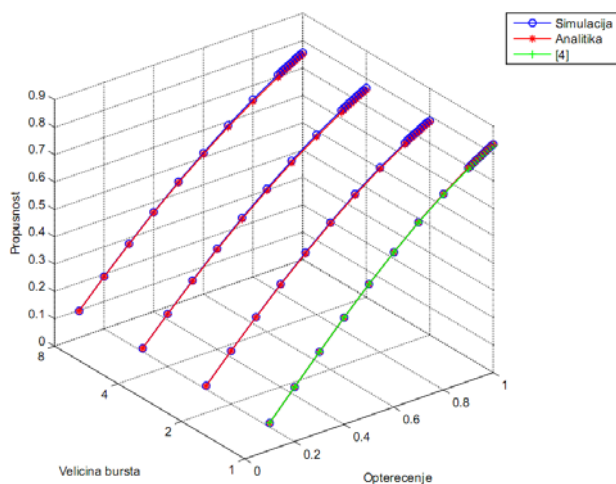
Sa ciljem dokazivanja tačnosti analize, analitički rezultati su upoređeni sa rezultatima simulacija. Simulacije su izvršavane na 10 miliona vremenskih slotova korišćenjem originalnog programa razvijenog u programskom jeziku C.

Predstavljeni su rezultati za propusnost 2×2 crossbar komutatora sa jediničnim baferima u ukršnim tačkama za IBP

model dolaznog saobraćaja. U obzir su uzete četiri različite veličine *burst*-a koje su od značaja za komutator sa 2 ulaza odnosno izlaza $bs \in [1, 2, 4, 8]$ i sledeća opterećenja $p \in [0.1, 0.2, 0.3, \dots, 0.9, 0.91, 0.92, \dots, 0.99, 1]$.

Na dijagramu na Sl.3 prikazano je poređenje rezultata koji su za propusnost dobijeni analitičkim i simulacionim modelom. Osim sa simulacionim rezultatima, rezultati za slučaj veličine *burst*-a $bs=1$ su upoređeni i sa analitičkim rezultatima modela za uniformni tip dolaznog saobraćaja koji su predstavljeni u [4]. Uočava se odlično poklapanje rezultata što potvrđuje tačnost modela.

S porastom ulaznog opterećenja, raste odstupanje propusnosti od ulaznog opterećenja, što znači da raste vjerovatnoća gubitka. Kada je intenzitet dolaznog opterećenja I , propusnost za veličine *burst*-a 1, 2, 4 i 8 iznosi oko 83, 78, 76 i 75 procenata, respektivno. To znači da propusnost opada s porastom veličine *burst*-a, što je i očekivano.



Sl.3. Propusnost 2x2 *crossbar* komutatora sa jediničnim baferima u ukrsnim tačkama

Radi potpunije analize, u tabeli 1 su prikazana odstupanja između rezultata izračunatih ovdje prikazanim analitičkim modelom i rezultata dobijenih simulacijama i analitičkim modelom za uniformni dolazni saobraćaj [4]. Rezultati potvrđuju jako mala odstupanja, koja, i u najgorem slučaju, ne prelaze 1,14%. S obzirom na primijenjene aproksimacije, ovakvi rezultati se mogu smatrati jako dobrim.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljen je model za analizu performansi 2x2 *crossbar* komutatora sa jediničnim baferima u ukrsnim tačkama, za sporadični tip dolaznog saobraćaja modelovanim IBP modelom saobraćaja. Izlazna kolizija se razriješava algoritmom slučajnog izbora. Model je zasnovan na trodimenzionom Markovljevom lancu čije se vjerovatnoće stanja u ravnoteži izračunavaju iterativnim putem. Poređenjem dobijenih rezultata sa rezultatima simulacije pokazuje se veoma velika bliskost bez obzira na napravljene aproksimacije.

Kao budući pravac istraživanja planiran je razvoj modela za analizu performansi *crossbar* komutatora paketa sa većim

baferima u ukrsnim tačkama, kao i sa većim brojem ulaza odnosno izlaza, za IBP ili druge *bursty* modele dolaznog saobraćaja.

Tabela 1. Odstupanje simulacionih i analitičkih rezultata izraženo u procentualnoj vrijednosti

	Bs=1[4]	Bs=1	Bs=2	Bs=4	Bs=8
p	Odstupanje [%]	Odstupanje [%]	Odstupanje [%]	Odstupanje [%]	Odstupanje [%]
0.1	0,00001	0,02338	0,21	0,27	0,18
0.2	0,00029	0,02575	0,36	0,56	0,52
0.3	0,00021	0,008175	0,48	0,76	0,60
0.4	0,000273	0,01196	0,56	0,87	0,80
0.5	0,000614	0,00852	0,66	0,99	0,89
0.6	0,000381	0,00649	0,73	1,01	1,04
0.7	0,001033	0,011959	0,70	1,11	1,07
0.8	0,002211	0,005242	0,64	1,13	1,07
0.9	0,003465	0,00291	0,64	1,11	0,97
0.91	0,003604	0,00204	0,72	1,04	1,02
0.92	0,003744	0,008609	0,74	0,91	1,04
0.93	0,003831	0,005387	0,73	1,02	1,03
0.94	0,004027	0,00897	0,66	1,06	0,92
0.95	0,004117	0,004305	0,65	1,11	0,81
0.96	0,004265	0,000979	0,73	0,95	0,90
0.97	0,004465	0,0069	0,73	0,92	0,88
0.98	0,004612	0,01307	0,73	0,92	0,91
0.99	0,004759	0,001221	0,68	0,91	0,77
1	0,004906	0,01648	0,62	1,00	0,68

LITERATURA

- [1] Y. Kanizo, D. Hay, and I. Keslassy, "The crosspoint-queued switch", in Proc. INFOCOM '09, pp. 729–737, Rio de Janeiro, Brasil, April 2009.
- [2] N. McKeown, A. Mekikittikul, V. Anantharam, and J. Warland, "Achieving 100% throughput in an input-queued switch", IEEE Transactions on Communications, Vol. 47, No 8, pp. 1260 – 1267, August 1999.
- [3] R. Rojas-Cessa, E. Oki, Z. Jing, and H. J. Chao, "CIXB-1: Combined input-one-cell-crosspoint buffered switch", in Proc. IEEE HPSR '01, Dallas, TX, USA, May 2001, pp. 324–329.
- [4] J. Čvorović, I. Radusinović, M. Radonjić, "Buffering in Crosspoint-Queued Switch", in Proc. of 17th Telecommunication Forum TELFOR 2009, pp. 198-201, Belgrade, Serbia, November 2009.
- [5] M. Radonjic, I. Radusinovic, J. Cvorovic, K. Yoshigoe, "Iterative throughput calculation for crosspoint queued switch", IEICE Transactions on Communications, Vol E93-B, No 12, December 2010, pp. 3635-3638,
- [6] M. Radonjić, I. Radusinović, "Average Latency and Loss Probability Analysis of Crosspoint Queued Crossbar Switches", in Proc. of 52nd International Symposium ELMAR-2010, pp. 203-206, Zadar, Croatia, Sept. 2010.
- [7] M. Radonjic, I. Radusinovic, "Buffer Length Impact to 32x32 Crosspoint Queued Crossbar Switch Performance", in Proc. of 15th IEEE symposium on Computers and Communications (ISCC 2010), pp. 954-959, Riccione, Italy, June 2010.
- [8] G. Nong, N. Situ, M. Hamdi, "Delay Analysis of Combined Input-Crosspoint Queueing Switches", in Proc of 16th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2007), pp 912-917, Honolulu, USA, September 2007.

METOD KOMPLEKSNE EMPIRIJSKE DEKOMPOZICIJE U OBRADI RADARSKIH SIGNALA

COMPLEX EMPIRICAL DECOMPOSITION METHOD IN RADAR SIGNAL PROCESSING

Boriša Bjelica, Miloš Daković, Ljubiša Stanković, *Elektrotehnički fakultet – Podgorica*

Sadržaj – U radu su objašnjene osnove algoritma za kompleksnu empirijsku dekompoziciju signala (EMD). Prikazani metod je zatim primijenjen na analizu realnih radarskih signala. Opisan je postupak izdvajanja signala mete od šuma pomoću kompleksne EMD. Pokazano je da kompleksna EMD može izdvojiti signal mete u slučajevima kada su mu superponirane jake smetnje i da pri tom daje znatno bolje rezultate u odnosu na klasičnu EMD.

Abstract – In this paper we explained basic complex Empirical Mode Decomposition (EMD) algorithm. Presented method is then applied to the analysis of experimental radar signals. Detail procedure of extracting target signal from clutter is described. It is shown that complex EMD can extract target signal in heavy clutter environment and comparing to original EMD it achieve much better results.

1. UVOD

Empirijska dekompozicija signala (EMD) je nova tehnika za analizu signala koja je, zahvaljujući trenutnoj frekvenciji, omogućila bolji uvid u njegove sastavne komponente. Ova tehnika je prvi put predstavljena u istraživanju okeana [1] i od tada postaje osnovni alat za analizu nelinearnih i nestacionarnih signala. Za razliku od ostalih metoda koje teže da predstavljaju signal preko ranije definisanih bazisa, ideja EMD-a je da se posmatrani signal razloži na određeni broj „bazisnih funkcija“ označenih kao prirodne sastavne funkcije (IMF-ovi), koji se na potpuno prirodan način izvode direktno iz signala.

Motiv za uvođenje EMD bili su nedostaci tradicionalnih oblika spektralne analize, kao što su Furijeova i Wavelet, kod analize nestacionarnih i nelinearnih signala. Kao što znamo Furijeova spektralna analiza koristi linearnu superpoziciju trigonometrijskih funkcija. Stoga, da bi mogla da simulira deformisane talasne profile koji puno odstupaju od sinusnog oblika, potrebni su dodatni harmonici. Ovakve deformacije su direktna posledica nelinearnih efekata. Dakle, nestacionarnost i nelinearnost mogu proizvesti „lažne“ harmonijske komponente u spektru koje prouzrokuju „razlivanje“ energije i nemaju fizički smisao. Za posledicu imamo nepravilnu energijsko-frekvencijsku distribuciju nelinearnih i nestacionarnih signala [4, 5].

Signali koji se dobijaju standardnim tehnikama su realni i prirodno, obrada istih se vrši u skupu realnih brojeva R . Ipak, kompleksna reprezentacija realnih signala često je jako korisna jer se tada veze amplituda i faza među komponentama signala mogu istovremeno modelovati. Sem toga, nekoliko veoma značajnih oblasti obrade signala (telekomunikacije, sonari, radari i sl.) koriste kompleksne signale.

Furijeova spektralna analiza i dalje je najzastupljenija metoda obrade linearnih i stacionarnih signala u kompleksnom domenu. Međutim, pošto su realni signali uglavnom nestacionarni (i nelinearni) moraju se koristiti druge tehnike vremensko-frekvencijske analize kakva je npr. kratkotrajna Furijeova transformacija i Wavelet transformacija. Uprkos mogućnostima ovih tehnika, one se

još uvijek oslanjaju na setove ranije definisanih bazisa. To znači da imaju ograničene mogućnosti u nekim oblastima primjene, naročito kada se radi o analizi visokofrekvencijskih sadržaja. Alternativu predstavlja EMD za koju nije potrebno unaprijed znati da li je signal linearan ili stacionaran (što je obično nepoznato). Dalje, ne treba nam ni informacija o izgledu sastavnih funkcija signala, kako bismo mogli odabrati odgovarajuću, jer se EMD algoritam adaptira lokalnim uslovima i promjenama unutar posmatranog signala.

Uprkos činjenici da je empirijska dekompozicija dobro utemeljen i shvaćen metod i što se već primjenjuje u mnogim oblastima obrade signala, postoji prepreka zbog koje ona ne može da ostvari još veću ekspanziju. Ograničava je činjenica da je razvijena isključivo za rad sa realnim signalima. Da bi ovaj nedostatak bio prevaziđen, neophodno je razviti ekstenziju standardne EMD kako bi mogla vršiti obradu i kompleksnih signala.

Ekstenzija EMD-a na domen kompleksnih brojeva C naročito je značajna kod analize fazno zavisnih procesa, kakvi se dobijaju iz niza senzora. Upravo takav set od 69 realnih radarskih signala biće analiziran u ovom radu i na njima pokazane mogućnosti kompleksne EMD u detekciji mete. Signali su dobijeni praćenjem kretanja aviona King-Air 200 visoko-frekvencijskim (HF) radarom sa površinskim talasom (HFSWR), pri čemu je korišćen sistem od 10 prijemnih antena u linearnom nizu [6, 7].

Međutim, treba naglasiti da proširivanje EMD na kompleksni domen nije trivijalna stvar, najviše zbog uzajamne zavisnosti realnog i imaginarnog dijela kompleksnog signala. Najjednostavniji način bio bi da odvojeno primijenimo EMD na realni, a potom na imaginarni dio kompleksnog signala. Iako se ovaj pristup na prvi pogled čini dopadljivim, problem koji se može javiti jeste gubitak pomenutih zajedničkih informacija (faza) razdvajanjem imaginarnog i realnog dijela. Sem toga, u ovom slučaju ni fizička interpretacija IMF-ova, koja je osnovna snaga EMD-a, ne bi imala smisao.

Kompleksna EMD je testirana i potvrđena, ali samo empirijski. Ipak, u mnogim slučajevima dala je jasnije

rezultate od ostalih tradicionalnih metoda za vremensko-frekvencijsko-energijski prikaz signala.

2. KOMPLEKSNA EMD

U cilju dobijanja kompleksne empirijske dekompozicije prvo treba razdvojiti kompleksni signal na pozitivne i negativne frekvencijske komponente. Na ovaj način dobijamo dva nova analitička signala koji odgovaraju pozitivnim, odnosno negativnim frekvencijskim komponentama. Poznajući karakteristike Furijeove reprezentacije signala u kompleksnom domenu, na ovaj način dobijamo mogućnost da analiziramo samo realni dio posmatranog signala, a da se pri tom ne odrekemo dijela informacija [2].

Neka je $x[n] \in C$ kompleksni signal, a $X(e^{j\omega})$ njegova diskretna Furijeova transformacija. Postoje dva načina dobijanja željenog realnog dijela signala $x[n]$. Prvo, ako je $x[n]$ već analitički signal, i recimo negativni dio spektra jednak je nuli ($X(e^{j\omega}) = 0$ za $-\pi \leq \omega < 0$) onda odmah možemo analizirati realni dio signala $x[n]$ jer ga pomoću Hilbertove transformacije možemo opet konvertovati u $x[n] \in C$. Međutim, $x[n]$ u većini slučajeva nije analitički signal. Zbog toga je najbolje prvo razdvojiti $x[n]$ na pozitivne i negativne frekvencijske komponente. To ćemo uraditi pomoću idealnog filtra $H(e^{j\omega})$ čija je prenosna funkcija:

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \omega < \pi \\ 0, & -\pi \leq \omega < 0 \end{cases} \quad (1.0)$$

Dva analitička signala, koji odgovaraju pozitivnim, odnosno negativnim frekvencijskim komponentama dobijamo ovako:

$$X_+(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega})X(e^{j\omega}) \quad (1.1)$$

$$X_-(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega})X^*(e^{-j\omega}) \quad (1.2)$$

gdje je $X^*(e^{j\omega})$ kompleksni konjugat od $X(e^{j\omega})$. Poznajući karakteristike Hilbertove transformacije, primjenom inverzne Furijeove transformacije $F^{-1}[\cdot]$ na $X_+(e^{j\omega})$, odnosno $X_-(e^{j\omega})$ dobijamo:

$$x_+[n] = \Re F^{-1}\{X_+(e^{j\omega})\} \quad (1.3)$$

$$x_-[n] = \Re F^{-1}\{X_-(e^{j\omega})\} \quad (1.4)$$

gdje \Re označava operator koji izdvaja realni dio kompleksne funkcije. Pošto su sada $x_+[n]$ i $x_-[n]$ realni signali iz njih se odgovarajući IMF-ovi mogu dobiti standardnom empirijskom dekompozicijom. Kao rezultat se dobija:

$$x_+[n] = \sum_{i=1}^{N_+} x_i[n] + r_+[n] \quad (1.5)$$

$$x_-[n] = \sum_{i=-N_-}^{-1} x_i[n] + r_-[n] \quad (1.6)$$

gdje su $\sum_{i=1}^{N_+} x_i[n]$ i $\sum_{i=-N_-}^{-1} x_i[n]$ sume IMF-ova koji odgovaraju $x_+[n]$ i $x_-[n]$ respektivno, a $r_+[n]$ i $r_-[n]$ su odgovarajući ostaci.

Rekonstrukciju originalnog kompleksnog signala dobijamo prema sledećoj relaciji:

$$x[n] = (x_+[n] + jH\{x_+[n]\}) + (x_-[n] + jH\{x_-[n]\})^* \quad (1.7)$$

gdje $H[\cdot]$ označava operator Hilbertove transformacije.

Slično kao kod standardne dekompozicije kompleksni signal može se predstaviti kao suma kompleksnih IMF-ova i ostatka:

$$x[n] = \sum_{i=-N_-, i \neq 0}^{N_+} y_i[n] + r[n] \quad (1.8)$$

gdje $r[n]$ predstavlja ostatak, dok su $y_i[n]$ kompleksni IMF-ovi i definišu se kao:

$$y_i[n] = \begin{cases} (x_+[n] + jH\{x_+[n]\}), & i = 1, \dots, N_+, \\ (x_-[n] + jH\{x_-[n]\})^*, & i = -N_-, \dots, -1 \end{cases} \quad (1.9)$$

Ovim se završava postupak za dobijanje kompleksne EMD koja je, kao što smo vidjeli, zadržala opštu formu klasične empirijske dekompozicije [3].

U praksi se idealan filter iz (1.0) ne može realizovati pa je neophodno vršiti aproksimaciju prenosne funkcije $H(e^{j\omega})$. Za aproksimaciju se može koristiti neka od standardnih metoda iz teorije digitalnih filtera [8].

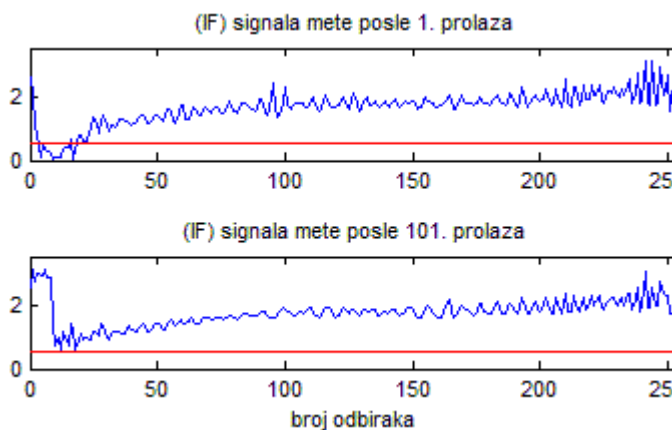
3. KOMPLEKSNA EMD U OBRADI RADARSKIH SIGNALA

Navedenu teoriju o kompleksnoj empirijskoj dekompoziciji primjenićemo na realne radarske signale. Vidićemo kakve su njene mogućnosti u detekciji mete. Analiza je sprovedena na uzorku od 69 realnih radarskih signala. Obzirom da su radarski signali kompleksni i da se sada ne mora odbaciti dio informacija, kao što je to bio slučaj kod klasične EMD gdje smo posmatrali samo realni dio, očekuje se da će kompleksna ekstenzija empirijske dekompozicije dati bolje rezultate.

Postupak izdvajanja signala mete od šuma opisan je u 8 koraka:

1. Razdvajanje kompleksnog radarskog signala na pozitivni i negativni dio spektra, relacije (1.0)-(1.6).
2. Izračunava se EMD tako dobijenih analitičkih signala.
3. Preko Hilbertove transformacije se potom određuje trenutna frekvencija prvog IMF-a.
4. Očekuje se da signal mete ima najveću frekvenciju u signalu. Pored toga koristi se i činjenica da trenutna frekvencija radarskog signala vraćenog od pomičnih meta ima oblik *chirp* signala. Na osnovu navedenog određen je prag *thresh* kao srednja vrijednost minimuma funkcije koja opisuje trenutnu frekvenciju, slika 1.
5. Potom se za dio (dijelove) signala koji su ispod praga ponovo izračunava empirijska dekompozicija.

6. Nadovezivanjem prve IMF funkcije dobijene od dijelova signala iz koraka 5. i dijela signala koji je zadovoljio kriterijum signala mete, IF iznad praga *thresh*, formira se novi signal iste dužine, 256 odbiraka.
7. Ukoliko nije zadovoljen nijedan od kriterijuma zaustavljanja navedenog procesa, analiza se ponavlja 1-6 s tim što umjesto radarskog signala u koraku 1. uzimamo signal iz koraka 6.
8. Prikazuje se rezultat, TFR signala mete.

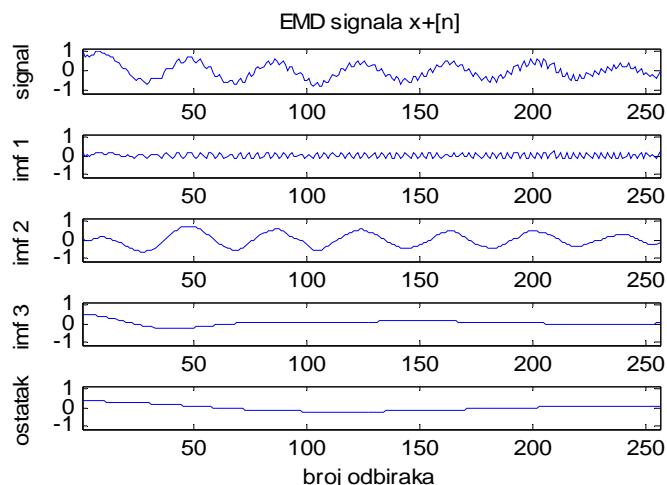


Slika 1. Trenutna frekvencija(IF) signala mete i prag(thresh) za signal iz mjerenja 43.

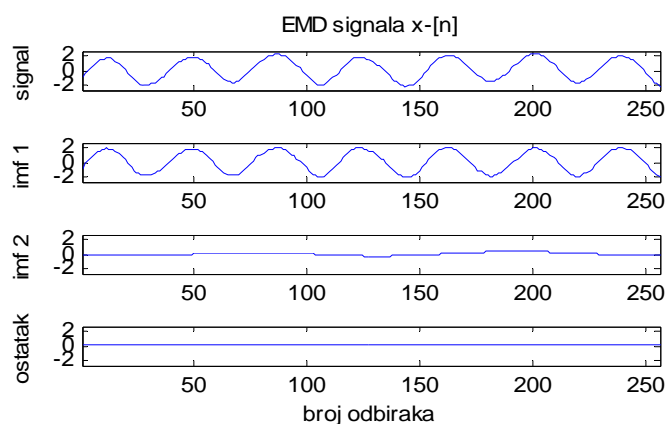
Postupak je ilustriran kroz dekompoziciju radarskog signala iz mjerenja 43. Prema relacijama (1.0)-(1.6) dobijamo dva analitička signala, slike 2 i 3 (signal) koji su vremenska reprezentacija pozitivnog, odnosno negativnog spektra posmatranog signala. Na osnovu relacija (1.7)-(1.9) na slici 2 prikazani su rezultati empirijske dekompozicije signala koji odgovara pozitivnom dijelu spektra tj. odgovarajuće kompleksne IMF komponente. Analogno, na slici 3 prikazani su rezultati za negativni dio spektra. Primjetiti da se broj IMF-ova razlikuje. To je jedan od glavnih nedostataka kompleksne EMD: kako rekonstruisati $x[n]$ na osnovu (1.7) kada imamo različit broj IMF-ova? Ovakva pojava direktna je posledica nedostatka preciznog matematičkog izvođenja IMF-ova.

Na slici 4 imamo potvrdu da dobijeni kompleksni IMF-ovi zaista imaju fizički smisao i da vjerno reprezentuju trenutnu frekvenciju i snagu analiziranog signala. Prvi IMF pozitivnog dijela spektra predstavlja signal mete, slika 4(b), dok su ostale prirodne sastavne funkcije komponente šuma, slika 4(a).

Zbog prisustva šuma ne možemo primjeniti Hilbertovu transformaciju kako bismo saznali više informacija o kretanju aviona (procjena trenutne frekvencija Hilbertovom transformacijom je jako osjetljiva na šum, slika 1). Umjesto toga, korišćemo vremensko frekventijsku reprezentaciju signala prikazanu na slici 4(b).



Slika 2. Empirijska dekompozicija pozitivnog dijela spektra kompleksnog signala $x[n]$.



Slika 3. Empirijska dekompozicija negativnog dijela spektra kompleksnog signala $x[n]$.

4. PREDNOST KOMPLEKSNE U ODNOSU NA KLASIČNU EMD

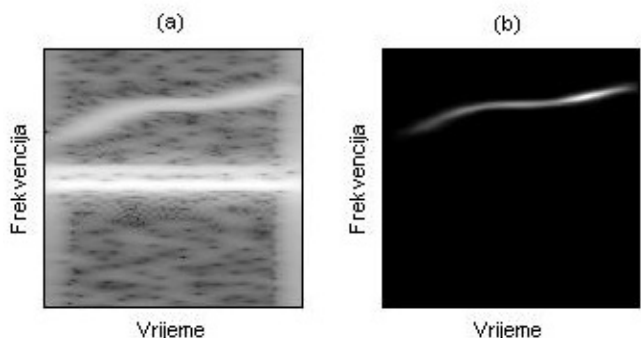
Kao što smo rekli u uvodnom dijelu, postoje slučajevi kada su signali dobijeni mjerenjima kompleksni. Radarski signali koji su predmet istraživanja imaju realni i imaginarni dio. Obzirom na to da je klasična EMD stvorena za rad samo sa realnim signalima, pri analizi radarskih signala neophodno je bilo odreći se dijela informacija. Analiziran je samo realni dio kompleksnog radarskog signala. Uvođenjem kompleksne EMD omogućena je analiza cjelokupnog sadržaja signala. Prema tome, za očekivati je da će kompleksna EMD ostvariti bolje rezultate kod izdvajanja signala mete.

Utvdili smo da kod signala kod kojih signal mete ima malu frekvenciju, tj. na frekventijskoj osi je blizu signala smetnje, klasična EMD nije dala zadovoljavajuće rezultate. Rezultati koje daje algoritam za izdvajanje signala mete sa kompleksnom EMD kod ovakvih signala takođe nisu idealni, ali su znatno bolji. Komparacija je data na slici 5.

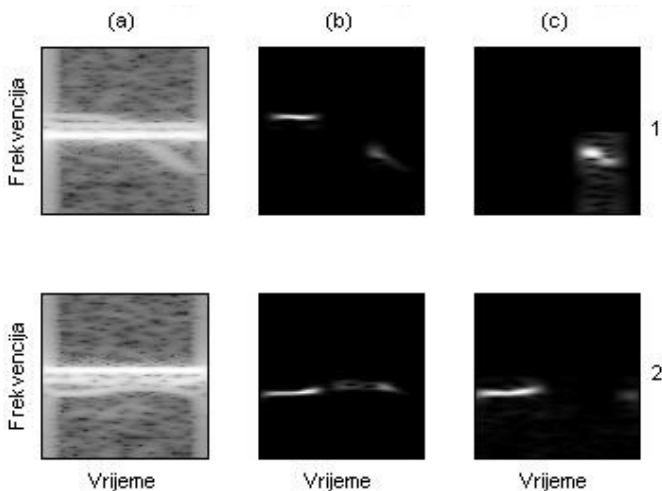
Čak i u slučajevima signala kod kojih klasična EMD nije dala nikakve rezultate (mjerenja 13, 34, 41, 46 i 47),

kompleksnom empirijskom dekompozicijom uspješno je izdvojen signal mete.

Kompleksna ekstenzija empirijske dekompozicije uspješno je izvršila detekciju i izdvajanje signala mete u svim slučajevima.



Slika 4. Primjena kompleksne EMD na signal iz mjerenja 43: (a) TFR originalnog signala u logaritamskoj skali, jer je signal smetnje mnogo jači od signala mete. (b) TFR prvog IMF-a pozitivnog dijela spektra (signal mete).



Slika 5. Poređenje rezultata kompleksne i klasične EMD: (a) TFR originalnog signala u logaritamskoj skali, (b) TFR signala mete - kompleksna EMD, (c) TFR signala mete - klasična EMD. 1 – signal iz mjerenja 41, 2 – signal iz mjerenja 7.

5. ZAKLJUČAK

Ekstenzija EMD za kompleksne signale je efikasan metod u analizi kompleksnih nestacionarnih signala. Pošto je dekompozicija bazirana na lokalnoj karakterističnoj vremenskoj skali signala, može se primjeniti na nelinearnim i nestacionarnim procesima.

Kompleksnu empirijsku dekompoziciju signala smo primijenili na eksperimentalne radarske signale i dobili rezultate koji opravdavaju nastavak istraživanja mogućnosti algoritma kompleksne EMD.

Osnovni problem u detaljnoj analizi algoritma kompleksne EMD je, kao i kod klasične empirijske dekompozicije to što nema dovoljno jaku teorijsku podlogu, već je većina postupaka zasnovana na eksperimentalnim (empirijskim) rezultatima.

LITERATURA

- [1] N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, et al., „The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis,“ *Proceedings of the Royal Society of A*, vol. 454, no. 1971, pp 903-995, 1998.
- [2] T. Tanaka and D. P. Mandić, „Complex Empirical Mode Decomposition“, *Signal Processing Letters*, IEEE, vol. 14, no. 2, Feb. 2007, pp. 101-104
- [3] Danilo P. Mandic, George Souretis, Wai Yie Leong, David Looney, Marc M. Van Hulle and Toshihisa Tanaka, „Complex Empirical Mode Decomposition For Multichannel Information Fusion“, Imperial College London, UK, KU Leuven, Belgium and Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, 2007.
- [4] N. E. Huang, Samuel S. P. Shen, „Hilbert-Huang Transform and Its Applications“, *Interdisciplinary Mathematical Sciences*, vol.5, 2005.
- [5] Quin Pinle, Lin Yan and Chen Ming, „Empirical Mode Decomposition Method Based on Wavelet with Translation Invariance“, *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Volume 2008, Article ID 526038
- [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 Trans. on Signal Processing*, vol 54, no 11, Nov. 2006, pp 4332-4342
- [7] LJ. Stankovic, T. Thayaparan, M. Dakovic, "Algorithm for Signal Decomposition by Using The S-Method", *EUSIPCO 2005*, Antalya, Turkey, Sept. 2005
- [8] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, „*Discrete-Time Signal Processing*“. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989.

PROCES STANDARDIZACIJE IMT-ADVANCED TEHNOLOGIJE RADIO INTERFEJSA STANDARDISATION PROCESS OF IMT-ADVANCED RADIO INTERFACE TECHNOLOGY

Elvis Babačić, Boris Jevrić, *Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost*
Zoran Veljović, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Saržaj – U ovom radu opisan je proces standardizacije IMT-Advanced tehnologije radio interfejsa (RIT), koncepta koji je u okviru Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU) usvojen kao platforma za razvoj mobilnih komunikacionih mreža četvrte generacije (4G). Rad pruža presjek aktualnih ITU-R dokumenata koji se odnose na opšte, tehničke i spektralne aspekte vezane za uvođenje i dalji razvoj IMT-Advanced sistema. Posebno su analizirane odluke Radiokomunikacione skupštine (RA-07) i Svjetske radio-komunikacione konferencije (WRC-07) iz 2007. godine koje se tiču koncepta i okvira za dalji razvoj IMT sistema, uključujući i alokacije novih radio-frekvencijskih opsega za mobilnu službu na primarnoj osnovi i njihovu identifikaciju za IMT. Takođe, u radu je detaljno opisan proces razvoja ITU-R preporuka kojima će biti specificirana tehnologija radio interfejsa za IMT-Advanced sisteme.

Abstract – In this paper standardization process of IMT-Advanced radio interface technology (RIT) is described, the concept adopted by International Telecommunication Union (ITU) as a platform for development of the fourth generation mobile networks (4G). The paper provides an overview of the actual ITU documents which are related to general, technical and spectrum aspects of introducing and further development of IMT-Advanced systems. Specially, decisions of the Radiocommunication Assembly (RA-07) and World Radiocommunication Conference (WRC-07) held in 2007 related to concept and framework for future development of IMT systems are analyzed, including new frequency bands allocations for mobile services on primary basis and its identification for IMT. In addition, development process for ITU-R Recommendations specifying IMT-Advanced radio interface technology is described.

1. UVOD

Iako tehnološki značajno naprednije u poređenju sa mobilnim komunikacionim mrežama druge generacije (2G), prije svega onim zasnovanim na GSM (*Global Standard for Mobile communications*) standardu, mobilne mreže treće generacije (3G) nijesu postigle očekivani komercijalni uspjeh. Ovo najviše zbog nepostojanja jedinstvene tehnološke platforme i slabijeg servisnog portfolija od onoga kakav se od nove tehnologije očekivao. Međutim, dodatnim tehnološkim unapređenjima mreža baziranih na IMT-2000/UMTS (*International Mobile Telecommunications in 2000/Universal Mobile Telecommunication System*) standardu, posebno kroz HSPA (*High Speed Packet Access*), kao i obogaćivanjem servisnog portfolija orjentisanog, prije svega, ka širokopojasnim mobilnim servisima, 3G mreže su stvorile potencijal za dalji razvoj mobilne industrije, kako u komercijalnom tako i u tehnološkom smislu. Odlukom Radio-komunikacione skupštine održane 2007. godine (RA-07) da se IMT-2000 familiji standarda doda OFDMA TDD WMAN radio-pristupna tehnologija, zasnovana na OFDMA tehnici pristupa (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) napravljen je krupan korak na putu daljeg razvoja [1]. Kao jedna verzija IMT-2000 OFDMA pristupa specificiran je 3GPP LTE standard, koji omogućava brzine prenosa podataka od čak 100 Mb/s na *downlink*-u i koji se popularno označava kao 3,9G standard.

Sve do 2007. godine, u ITU-R dokumentima, paralelno sa terminom IMT-2000, koji se odnosi na 3G mreže, za mobilne mreže narednih generacija koristio se termin *Beyond IMT-*

2000 sistemi. Na RA-07 odlučeno je da se termin IMT-2000 odnosi i na sva unapređenja i dalji razvoj tehnologija koje obuhvata, a da se za sisteme zasnovane na novim tehnologijama radio interfejsa, izvan IMT-2000, uvede novi termin *IMT-Advanced*, pri čemu se za IMT-2000 i *IMT-Advanced* može koristiti zajedničko ime IMT [2]. Takođe, u okviru ITU-R Studijske grupe 5 - Zemaljski servisi formirana je posebna radna grupa sa mandatom da razmatra opšte, tehnološke i aspekte vezane za spektar zemaljske komponente IMT sistema, sprovodi studije u cilju daljeg razvoja IMT-2000 i *IMT-Advanced* sistema i da kao vodeće radno tijelo radi na reviziji postojećih i razvoju novih ITU-R preporuka i izvještaja koji se odnose na IMT sisteme (Radna grupa 5D - IMT sistemi). Definisanjem *IMT-Advanced* koncepta ITU-R je započeo proces stvaranja jedinstvene platforme za razvoj mobilnih komunikacionih mreža četvrte generacije (4G).

Očekuje se da razvoj i implementacija LTE, a kasnije i *IMT-Advanced* mobilnih mreža, između ostalog, doprinese i ostvarivanju ciljeva iz EU Digitalne agende, kojom je planirano da do 2020. godine 100% stanovništva EU ima pristup mreži sa brzinom prenosa podataka većom od 30 Mb/s, od čega 50% sa brzinom većom od 100 Mb/s.

U ovom radu je dat pregled aktivnosti ITU-R-a na standardizaciji *IMT-Advanced* tehnologije radio interfejsa, kroz presjek najznačajnijih ITU-R rezolucija, preporuka i izvještaja koji se odnose na *IMT-Advanced* sisteme. Rad je organizovan na sljedeći način: u drugom poglavlju dat je osvrt na projektovane zahtjeve u pogledu "količine" spektra

neophodne za dalji razvoj IMT sistema, sa analizom scenarija upotrebe opsega 790-862 MHz za IMT, treće poglavlje daje pregled opštih i tehničkih zahtjeva za koje se kod IMT-Advanced sistema očekuje da budu ispunjeni, u četvrtom poglavlju je opisan proces specificiranja IMT-Advanced radio interfejsa kroz odgovarajuće ITU-R preporuke, a na samom kraju je dat zaključak sa osvrtom na trenutno stanje.

2. ZAHTJEVI U POGLEDU SPEKTRA

Povećanjem zahtjeva vezanih za kapacitet mreže, koji se u prvom redu odnose na brzinu prenosa podataka u radio-pristupnom dijelu (desetine, pa i stotine Mb/s prema korisniku u uslovima mobilnosti), povećavaju se i zahtjevi za resursima u pogledu radio-frekvencijskog spektra neophodnog za dalji razvoj IMT sistema. Prema ITU-R analizama, pretpostavljene potrebe za razvoj IMT sistema do 2015. godine iznose ukupno 1300 MHz, a do 2020. godine čak 1720 MHz spektra u scenariju višeg tržišta [3], [4]. Zbog propagacionih karakteristika, za pristupni dio mobilnih komunikacionih mreža poželjni su opsezi između 400 MHz i 5 GHz. Ima li se na umu da se upravo ovi opsezi intenzivno koriste od strane drugih radio službi, pitanje spektra postaje značajno složenije.

Uvidajući ozbiljnost ovog izazova ITU-R je na Svjetskoj radiokomunikacionoj konferenciji održanoj 2007. godine (WRC-07) alocirao dodatni spektar u opsezima 450-470 MHz, 790-862 MHz, 2300-2400 MHz i 3400-3600 MHz (za ITU Region 1) za mobilnu radio službu na primarnoj osnovi i identifikovao ukupno osam opsega za upotrebu od strane IMT sistema. U Tabeli 1 je dat pregled opsega koji su na WRC-07 identifikovani za IMT sisteme. Frekvencijski aranžmani za implementaciju zemaljske komponente IMT sistema u opsezima koji su u tabeli namjene ITU-R Pravilnika o radiokomunikacijama (ITU-R *Radio Regulations*) identifikovani za IMT opisani su u [5].

Tabela 1. Opsezi identifikovani za IMT

Opseg [MHz]	Radio služba (na primarnoj osnovi)	Trenutna upotreba
450-470	MOBILNA	PMR/PAMR
790-862	RADIO-DIFUZNA, MOBILNA izuzev aeronautičke mobilne	TV radio-difuzija
880-960	MOBILNA	E-GSM/GSM
1710-1880	FIKSNA, MOBILNA	DCS1800
1900-2170	FIKSNA, MOBILNA	IMT-2000
2300-2400	FIKSNA, MOBILNA	SAP/SAB
2500-2690	FIKSNA, MOBILNA izuzev aeronautičke mobilne	IMT-2000
3400-3600	FIKSNA, FIKSNA SATELITSKA, MOBILNA	BWA

Opseg 450-470 MHz je i ranije bio namijenjen mobilnoj službi. Ovaj opseg se pretežno koristi za PMR/PAMR (*Private Mobile Radio/Public Access Mobile Radio*) sisteme i njegova upotreba od strane IMT sistema zavisi, prije svega, od značaja PMR/PAMR instalacija za državu i spremnosti da se ti sistemi izmjestu u druge opsege. Slično je i sa opsegom

2300-2400 MHz koji se trenutno koristi za SAP/SAB (*Service Ancillary to Programme making/ Service Ancillary to Broadcasting*) aplikacije.

Zbog dobrih propagacionih karakteristika i relativno velike širine posebno je interesantan opseg 790-862 MHz, koji je osim za mobilnu službu namijenjen i za radio-difuznu i vazduhoplovnu radionavigacionu službu na primarnoj osnovi. Ovaj opseg je posebno pogodan za obezbjeđivanje pokrivanja u ruralnim i slabo naseljenim područjima, čime se na ekonomski opravdan način na takvim područjima mogu ponuditi širokopojasni servisi. Međutim, upotreba ovog opsega od strane mobilne službe za IMT sisteme zavisi prije svega od ishoda procesa digitalizacije TV radio-difuzije i opredjeljenja svake države da li da tzv. "digitalnu dividendu" opredijeli za IMT sisteme. Osim toga, neophodno je definisati regulatorne i tehničke mehanizme zaštite radio-difuznih stanica od interferencije baznih stanica IMT mreža.

Opsezi 880-960 MHz, 1710-1880 MHz, 1900-2170 MHz i 2500-2690 MHz su bili i ranije namijenjeni mobilnoj radio službi i, kao što je poznato, u njima rade mobilne mreže druge i treće generacije. Upotreba ovih opsega od strane IMT sistema je izvjesna (u zadnja dva opsega već rade IMT-2000 mreže), samo je pitanje trenutka kada će komercijalna računara pokazati da je isplativo zamijeniti stare tehnologije novim u ovim opsezima (*spectrum refarming*).

Opseg 3400-3600 MHz trenutno se koristi od strane fiksne službe za širokopojasne bežične pristupne mreže (BWA - *Broadband Wireless Access*) i njihova upotreba od strane IMT sistema je izvjesna.

Naravno, prije implementacije IMT sistema u bilo kom opsegu neophodno je sprovesti studije o mogućnostima korišćenja istog, odnosno susjednih opsega od strane tih sistema i sistema ostalih primarnih službi.

3. IMT-ADVANCED KONCEPT I ZAHTJEVI

Okvir i opšti ciljevi daljeg razvoja IMT-2000 i *Beyond IMT-2000* sistema, postavljeni još 2003. godine, pretpostavili su potrebu za definisanjem novog koncepta mobilnih komunikacionih mreža u tehnološkom smislu, uključujući i novu tehnologiju radio interfejsa [6]. Zajedno sa definisanjem termina IMT-Advanced, za mobilne mreže nove generacije definisani su i opšti zahtjevi koje takve mreže treba da ispune da bi podržale širok spektar naprednih servisa [7]. Najznačajniji IMT-Advanced zahtjevi su:

- visok stepen funkcionalne jedinstvenosti širom svijeta uz zadržavanje fleksibilnosti koja omogućava da se podrži širok spektar servisa i aplikacija na komercijalno efikasan način;
- kompatibilnost servisa unutar IMT i sa servisima fiksni mreža;
- mogućnost *interworking*-a sa drugim radio pristupnim sistemima;
- visoko-kvalitetni mobilni servisi;
- korisnička oprema pogodna za upotrebu širom svijeta;
- "user-friendly" aplikacije, servisi i oprema;
- mogućnost roaminga širom svijeta;

- unaprijeđeni vršni protoci da bi se podržali napredni servisi i aplikacije (100 Mb/s za visoku i 1 Gb/s za nisku mobilnost).

U cilju realizacije opisanog koncepta i ispunjenja opštih zahtjeva definisani su tehnički zahtjevi za IMT-Advanced radio interfejs [8], koji su objedinjeni u Tabeli 2.

Tabela 2. IMT-Advanced tehnički zahtjevi

Testno oktuženje	Spektralna efikasnost (b/Hz/ćeliji)		Spektralna efikasnost na ivici ćelije (b/Hz/ćeliji)	
	downlink	uplink	downlink	uplink
Unutra	3	2,25	0,1	0,07
Miktoćelija	2,6	1,8	0,075	0,05
Urbano	2,2	1,4	0,06	0,03
Velika brzina	1,1	0,7	0,04	0,015

Vršna spektralna efikasnost	downlink: 15 bit/s/Hz uplink: 6,75 bit/s/Hz
Širina spektra	skalabilna širina spektra do 40 MHz (dozvoljeno je proširenje do 100 MHz)
Kašnjenje	Kontrolna ravan: 100 ms Korisnička ravan: 10 ms

Testno oktuženje	Protok na saobraćajnom kanalu (b/s/Hz)	Min. VoIP kapacitet (b/Hz/ćeliji)
Unutra	1,0 pri brzini od 10 km/h	50
Miktoćelija	0,75 pri brzini od 30 km/h	40
Urbano	0,55 pri brzini od 120 km/h	40
Velika brzina	0,25 pri brzini od 350 km/h	30

Jasno je da ovako strogi tehnički zahtjevi iziskuju razvoj novih tehnika prenosa u radio-pristupnom dijelu mreže i nove alokacije spektra.

4. PROCES RAZVOJA IMT-ADVANCED RADIO INTERFEJSA

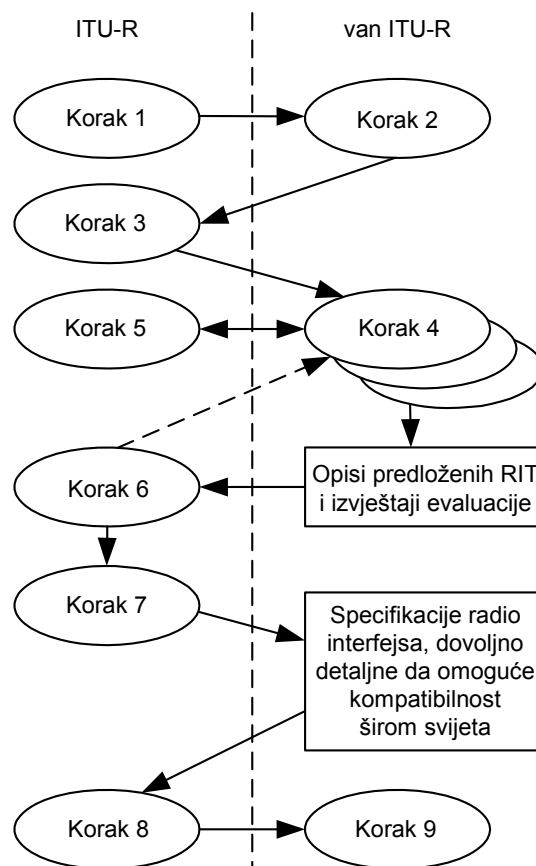
U [9] su opisani osnovni principi na kojima se bazira proces razvoja ITU-R preporuka i izvještaja kojim će biti specificirani IMT-Advanced sistemi, uključujući i tehnologiju radio interfejsa. Predviđeno je da se čitav proces realizuje u devet koraka, na način kako je ilustrovano na Slici 1 [10].

Korak 1: Cirkularno pozivno pismo za podnošenje predloga za tehnologiju radio interfejsa i eksterne evaluacije – Radiokomunikacioni biro (BR) cirkularnim pismom poziva eksterne organizacije da podnesu kandidate za tehnologiju radio interfejsa za zemaljsku komponentu IMT-Advanced sistema. Cirkularnim pismom se takođe pozivaju registrovane evaluacione grupe da po objavljivanju predloga izvrše evaluaciju predloženih kandidata za tehnologiju radio interfejsa i podnesu izvještaje o rezultatima evaluacije, pri čemu inicijalni izvještaj podnosi i predlagač.

Korak 2: Razvoj kandidata za tehnologiju radio interfejsa – Eksterne organizacije razvijaju tehnologiju radio interfejsa (RIT), ili set tehnologija (SRIT), koje će zadovoljiti IMT-Advanced tehničke zahtjeve i kriterijume evaluacije.

Korak 3: Podnošenje/prijem predloga za tehnologiju radio interfejsa – U ovom koraku eksterne organizacije Radnoj grupi 5D podnose predloge za IMT-Advanced tehnologiju radio interfejsa sa izvještajem o rezultatima inicijalne evaluacije.

Korak 4: Evaluacija kandidata za tehnologiju radio interfejsa od strane nezavisnih evaluacionih grupa – Registrovane evaluacione grupe vrše evaluaciju predloženih RIT ili SRIT kandidata shodno uputstvima, kriterijumima i test modelima definisanim u [11] i [12] i dostavljaju izvještaje o rezultatima evaluacije Radnoj grupi 5D. Pri tome, saradnja različitih evaluacionih grupa je poželjna u cilju jednoznačnog shvatanja zahtjeva, evaluacionih scenarija i postizanja konsenzusa o nekom predlogu.



Slika 1. Šematski prikaz procesa razvoja IMT-Advanced radio interfejsa

Korak 5: Praćenje i koordinacija spoljašnjih evaluacionih aktivnosti – Radna grupa 5D koordinira rad različitih eksternih evaluacionih grupa, prati napredak njihovog rada i daje pojašnjenja evaluacionih scenarija i zahtjeva u cilju njihovog jednoznačnog shvatanja i postizanja konsenzusa.

Korak 6: Ponovno razmatranje ocjene usklađenosti sa minimalnim zahtjevima – U ovom koraku Radna grupa 5D razmatra ocjene usklađenosti sa minimalnim tehničkim zahtjevima i kriterijumima evaluacije date u izvještajima evaluacionih grupa i procjenjuje da li su oni zaista ispunjeni. Predlog za IMT-Advanced tehnologiju radio interfejsa za koji se ocijeni da ispunjava minimalne tehničke uslove smatra se

kvalifikovanom RIT ili SRIT i ide u sljedeći korak. Svi predlagači, računajući i one čiji predlozi nijesu ispunili minimalne tehničke zahtjeve, mogu ponoviti neki od prethodna dva koraka u cilju dopune, izmjene ili pojašnjenja predloženih rješenja.

Korak 7: Razmatranje rezultata evaluacije, postizanje konsenzusa i donošenje odluke – Radna grupa 5D u ovom koraku razmatra rezultate evaluacije tehnologija radio interfejsa koje su prošle prethodni korak i donosi se odluka. Teži se konsenzusu sa ciljem da se postigne globalna tehnološka harmonizacija i obezbijedi široka podrška industrije, što može dovesti do grupisanja nekoliko tehnologija ili do modifikacije nekih predloga, ukoliko se na taj način dobija RIT ili SRIT koje bolje zadovoljavaju IMT-Advanced ciljeve.

Korak 8: Razvoj preporuka za radio interfejs – Na bazi rezultata dobijenih u Koraku 7, ITU-R razvija set preporuka kojima se specificira tehnologija radio interfejsa za zemaljsku komponentu IMT-Advanced sistema, a koje su dovoljno detaljne da omoguće funkcionalnu kompatibilnost i kompatibilnost opreme širom svijeta, uključujući i međunarodni roaming.

Korak 9: Implementacija preporuka – U ovom koraku aktivnosti se realizuju van ITU-a i obuhvataju razvoj suplementarnih standarda, dizajn i razvoj opreme, testiranje, razvoj komercijalnih aspekata i na kraju implementacija IMT-Advanced mreža i pružanje usluga.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat pregled aktivnosti pod okriljem ITU-R-a na standardizaciji IMT-Advanced sistema kao globalno usvojenog koncepta mobilnih komunikacionih mreža četvrte generacije. Poseban akcenat je stavljen na potrebe sa aspekta spektra neophodnog za razvoj ovih sistema. ITU-R je u tom smislu načinio prve korake alociranjem nekoliko novih opsega za mobilnu službu i njihovom identifikacijom za IMT. U tom smislu najznačajniji je opseg 790-862 MHz, koji se trenutno koristi za analognu TV radio-difuziju. Okončanjem procesa digitalizacije TV radio-difuzije otvara se perspektiva implementacije IMT sistema u ovom opsegu, što zbog dobrih propagacionih karakteristika, omogućava pružanje širokopojsnih servisa u ruralnim i slabo naseljenim područjima, na ekonomski opravdan način. Međutim, Kako se proces razvoja IMT-Advanced sistema bude bližio kraju, potrebe za spektrom će postajati sve izraženije i na tom polju se moraju tražiti nova rješenja kako na globalnom nivou, identifikacijom novih opsega, tako i na lokalnom nivou, racionalnim korišćenjem raspoloživih resursa, uključujući i implementaciju novih tehnologija u opsezima koji se trenutno koriste za GSM, DCS1800 i IMT-2000/UMTS (*spectrum refarming*).

Za komercijalni uspjeh javnih mobilnih komunikacionih mreža od presudnog značaja je harmonizacija opsega, tehnologije i načina korišćenja servisa na što većem području. Pri tome, iskustvo pokazuje da će uvođenje 4G mobilnih komunikacionih mreža ići postepeno, preko već implementiranog HSPA i najavljenog LTE standarda. Pri tome, glavnu ulogu u kreiranju okvira koji je omogućiti

postizanje ovih ciljeva imaju nacionalna regulatorna tijela.

Proces standardizacije tehnologije radio interfejsa za IMT-Advanced sisteme je počeo u martu 2008. godine slanjem cirkularnog pisma od strane Radiokomunikacionog biroa (Korak 1). Predlozi za IMT-Advanced RIT predstavljeni su Radnoj grupi 5D u oktobru 2009. godine, zajedno sa evaluacionim izvještajima predlagača (Koraci 2 i 3). Svoje predloge su dostavili 3GPP (LTE-Advanced zasnovan na rješenjima iz LTE Rel. 8) i IEEE (802.16m zasnovan na 802.16-2009). U osnovi oba predložena rješenja je radio interfejs zasnovan na OFDMA, koji uz primjenu tehnika za unapređenje performansi prenosa kao što su napredni algoritmi kodiranja, napredni postupci digitalne obrade signala, upotreba više antena na predaji i prijemu (MIMO), kooperativni radio na bazi relejnog prenosa i sl. ima potencijal da ispuni stroge IMT-Advanced zahtjeve.

U junu 2010. godine je okončan proces eksterne evaluacije (Korak 4), a Koraci 5, 6 i 7 kompletirani su u oktobru 2010. godine. Kompletan proces (Koraci 1-8) biće završen na sastanku Radne grupe 5D planiranom za februar 2011. godine.

LITERATURA

- [1] Recommendation ITU-R M.1457 - Detailed specifications of the radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)
- [2] Resolution ITU-R 56 - Naming for International Mobile Telecommunications
- [3] Recommendation ITU-R M.1768 - Methodology for calculation of spectrum requirements for the future development of the terrestrial component of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000
- [4] Report IRU-R M.2078 - Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced
- [5] Recommendation ITU-R M.1036 - Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT 2000) in the bands 806-960 MHz, 1 710-2 025 MHz, 2 110-2 200 MHz and 2 500-2 690 MHz
- [6] Recommendation ITU-R M.1645 - Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000
- [7] Recommendation ITU-R M.1822 - Framework for services supported by IMT
- [8] Report M.2134 - Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)
- [9] Resolution ITU-R 57 - Principles for the process of development of IMT Advanced
- [10] ITU-R WP 5D Document IMT-ADV/2-E – Submission and evaluation process and consensus building
- [11] Report ITU-R M.2133 - Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-Advanced
- [12] Report ITU-R M.2135 - Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced

OFF LINE RFID-FINGERPRINT IDENTIFIKACIONI SISTEM OFF LINE RFID-FINGERPRINT IDENTIFICATION SYSTEM

Fran Camaj, Nedjeljko Lekić, Veselin Manojlović, Elektrotehnički fakultet Podgorica

Sadržaj- U ovom radu opisan je realizovani identifikacioni sistem, u kojem su udružene tradicionalna i biometrijska identifikaciona tehnika. Tradicionalna identifikaciona tehnika upotrijebljena u sistemu je RFID tehnologija sa Mifare 1K karticama kao identifikatorima. Prepoznavanje otiska prsta je biometrijska identifikaciona tehnologija upotrijebljena u sistemu. Opisani identifikacioni sistem omogućuje prepoznavanje upoređivanjem otiska prsta korisnika, uzetog pomoću skenera SRF300-S, sa otiskom upisanim u Mifare 1K kartici. Identifikacija se obavlja off-line, bez potrebe za vezom sa bazom podataka.

Abstract - In this paper the identification system with traditional and biometric identification techniques is proposed. The RFID with Mifare 1K cards is traditional identification technique used in the system, while fingerprint recognition is a biometric identification technique. The proposed identification system enables the user authentication by comparing his fingerprint, taken by scanner SRF300-S, with identification record from Mifare 1K card. The identification is effectuated without usual conceptions based on the use of central database (off-line).

1. UVOD

Posljednjih godina Radio-Frekvencijska identifikacija postaje veoma popularna u raznim aspektima života. Radio frekvencijska identifikacija, ili RFID, je opšti naziv za tehnologiju koja koristi radio talase za automatsku identifikaciju ljudi ili objekata. RFID tehnologija omogućava identifikaciju uz minimum napora korisnika. Korisnici se mogu identifikovati bez potrebe da pronalaze identifikator (karticu) u svojoj tašni ili novčaniku. Dovoljno je da se RFID kartica nađe u polju čitača i identifikacija je obavljena.

Postoji više načina RF identifikacije, ali je najčešći na osnovu jedinstvenog serijskog broja identifikatora ili jedinstvenog zapisa u memoriji identifikatora. Najznačajniji nedostatak takvog automatizovanog identifikacionog sistema je njegova nesposobnost sprječavanja zloupotrebe RF identifikatora (RF tag-ova).

U ovom radu predlažemo metod udruživanja biometrijske tehnologije prepoznavanja otiska prsta sa RFID tehnologijom. Glavni cilj je razvoj jednostavnog i pouzdanog identifikacionog sistema, u kojem će biti onemogućena neovlaštena upotreba RF tag-a. U predloženom sistemu, umjesto serijskog broja RF tag-a, za identifikaciju se koristi digitalni zapis otiska prsta korisnika, odnosno fingerprint. Fingerprint se upisuje u memoriju RF identifikatora i prilikom identifikacije poredi se sa fingerprintom koji se u tom trenutku dobije od strane čitača otiska prsta.

U predloženom sistemu izvršeno je povezivanje identifikacionog zapisa RF tag-a sa biometrijskim karakteristikama vlasnika tag-a. Da bi se prepoznavanje izvršilo, na mjestu identifikacije mora biti prisutan i RF tag i korisnik sa svojim biometrijskim karakteristikama. Time se onemogućava neovlaštena upotreba identifikatora.

Predloženi identifikacioni sistem prepoznavanje korisnika vrši autonomno, bez neophodnosti povezivanja sa centralnom bazom podataka (off-line). Veza sa bazom podataka je

opciona, za slučaj kada se želi evidentiranje podataka o pokušajima identifikacije ili slično. Mogućnost da sistem radi i u off-line režimu proširuje spektar primjene sistema.

2. OPIS SISTEMA

Osnovni sastavni djelovi identifikacionog sistema su

- Mifare 1K kartica,
- čitač Mifare 1K kartice,
- skener otiska prsta SRF300-S i
- PC aplikacija.

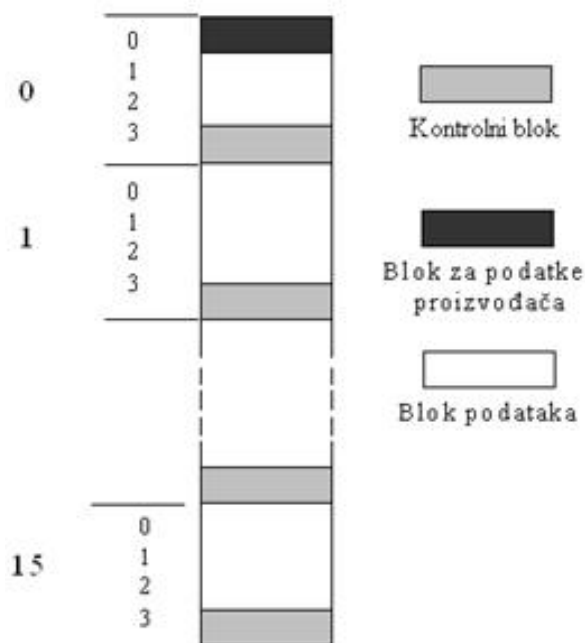
Mifare 1K je beskontaktna pametna pasivna kartica, veličine kreditne kartice. Ona sadrži antenu sačinjenu od nekoliko navojaka, mikročip i memoriju. Sve je to umetnuto u plastično tijelo kartice (Slika 1).



Sl. 1 Mifare 1K kartica

Kartica radi na učestanosti od 13.56MHz. Komunikacija između čitača i kartice se ostvaruje kada korisnik približi karticu čitaču. Za uspješno uspostavljanje veze između čitača i kartice potrebno je da budu na rastojanju do 100mm slobodnog prostora. RF komunikacioni interfejs omogućuje brzinu razmjene podataka od 106Kbaud-a [1].

Memoriju Mifare 1K kartice čini EEPROM veličine 1KB. Na slici 2. dat je blok dijagram EEPROM-a kartice.



SI. 2. Blok dijagram EEPROM-a Mifare 1K kartice.

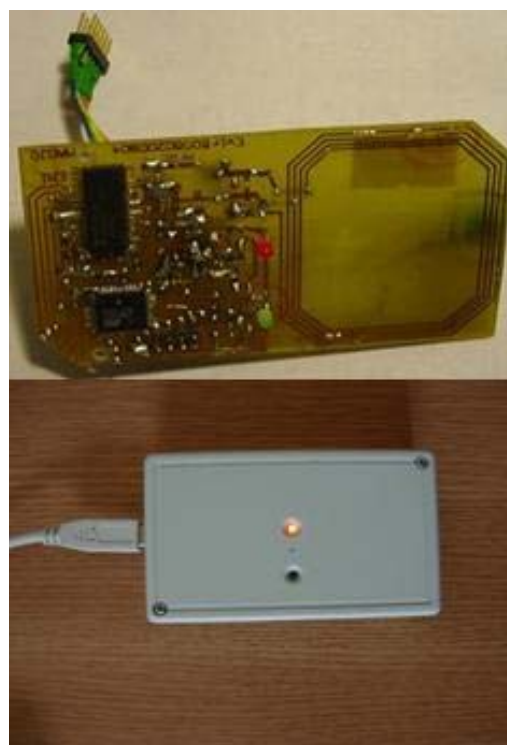
EEPROM kartice je podijeljen u 16 sektora. Svaki sektor sadrži 4 bloka od po 16 okteta. Prvi blok EEPROM-a kartice rezervisan je za podatke proizvođača (npr. 32-bitni serijski broj). Ovaj blok EEPROM-a može se samo očitavati. U mnogim dokumentima označava se kao "Block 0". Četvrti blok svakog sektora je tzv. "kontrolni blok". "Kontrolni blok" sektora sadrži pristupni ključ A i opcioni ključ B, kao i druge uslove pristupa podacima tog sektora. Blokovi podataka sadrže promjenjive podatke definisane od strane korisnika odnosno integratora sistema. Uslovi pristupa za blokove podataka definisani su u kontrolnom bloku [1].

Na slici 3 prikazan je USB čitač Mifare 1K kartica upotrijebljen u predloženom identifikacionom sistemu [2].

Glavni djelovi čitača su mikrokontroler ATMega16 i čip MFRC531.

MFRC531 služi za beskontaktnu komunikaciju sa karticom. MFRC531 posjeduje kompletno integrisan modulator i demodulator za sve vrste pasivnih beskontaktnih komunikacionih metoda i protokola, na učestanosti 13.56MHz. MFRC531 podržava sve nivoe ISO 14443 standarda, uključujući komunikacione šeme tipa A i tipa B [3]. Podržava beskontaktnu komunikaciju sa brzinama do 424kHz. Integrisani predajnik je u mogućnosti da, bez dodatnih aktivnih kola, pogoni antenu dizajniranu za blizinsko očitavanje do 100mm. Prijemnik obezbjeđuje robustno i efikasno demoduliranje i dekodiranje signala iz ISO 14443 kompatibilnih predajnika [4].

Čitač se u sistem povezuje preko pripadajućeg USB priključka, preko kojeg se napaja i razmjenjuje podatke.



SI. 3. Čitač Mifare 1K kartica upotrijebljen u predloženom identifikacionom sistemu.

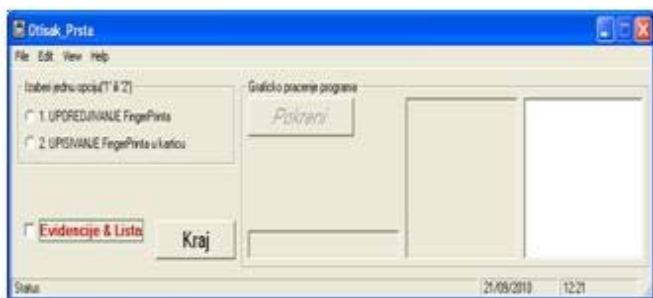
SFR300-S je USB skener otiska prsta upotrijebljen u sistemu (Slika 4).



SI. 4. SFR300-S skener otiska prsta

Skener je proizvod firme Suprema Biometric South Africa. Rezulucija skenera je 560dpi. Veličina slike koju skener daje je 288x288 piksela. Dimenzije skenera su 40 x 77 x 70.5 mm (širina x dužina x visina) [5].

Opisane elemente u identifikacioni sistem povezuje razvijena PC aplikacija. Aplikacija je napisana je u softverskom paketu Microsoft Visual Basic 6.0. Da bi se aplikacija uspješno startovala, na USB portove računara moraju biti priključeni skener otiska prsta i čitač Mifare 1K Classic kartice. Glavni prozor ove PC aplikacije izgleda kao na slici 5.



SI. 5. Glavni prozor PC aplikacije.

Aplikacija ima dva režima rada, i to:

- upisivanje fingerprinta korisnika u Mifare 1K karticu (opcija 2 na glavnom prozoru aplikacije) i
- upoređivanje fingerprinta korisnika sa fingerprintom iz Mifare 1K kartice (opcija 1 na glavnom prozoru aplikacije).

Da bi se upisao korisnikov fingerprint u karticu, potrebno je, kartica unijeti u polje čitanja čitača (Slika 6).



SI. 6. Unošenje kartice u polje čitača

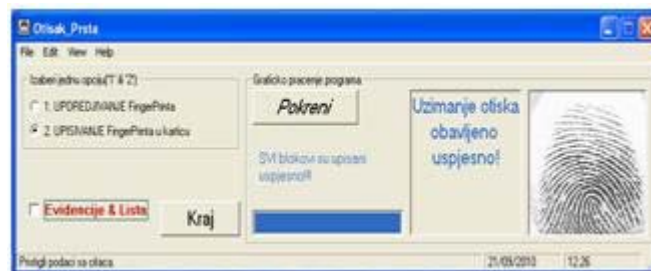
Proces otpočinje klikom na komandno dugme „Pokreni“. Nakon toga se u, za to predviđenom text boxu, pojavljuje poruka „STAVITE PRST NA ČITAČ“. Čitač otiska prsta uključuje crveno svijetlo i čeka na polaganje prsta (Slika 7).



SI. 7. Aktiviranje čitača otiska prsta i poruka na glavnoj formi aplikacije

Po uspješnom uzimanju otiska isti se prikazuje na glavnoj formi, a digitalni ekvivalent (fingerprint) upisuje u memoriju Mifare 1K kartice. Upisivanje se vrši u blokove podataka Mifare 1K kartice. Dužina fingerprinta, kojeg daje čitač SFR300-S, je 383 okteta. Za njegov upis u karticu, potrebno je zauzeti 24 bloka podataka, odnosno 8 sektora. Upisivanje otiska vizuelno se prati progres bar-om na glavnoj formi. Po

uspješnom završetku upisa glavna forma programa izgleda kao na slici 8.



SI. 8. Izgled glavne forma nakon uspješnog upisivanja fingerprint-a u memoriju Mifare 1K kartice.

Nakon odabira opcije 1 na glavnom prozoru, aplikacija radi u režimu upoređivanja korisnikovog fingerprinta sa fingerprintom iz Mifare 1K kartice. Upoređivanje počinje unošenjem kartice u polje čitača. Najprije se očitava fingerprint iz kartice. Proces očitavanja kartice u trenutnoj verziji traje oko 2.5 sekundi. Nakon uspješnog očitavanja kartice aktivira se čitač otiska prsta i u odgovarajućem tekst polju se ispisuje poruka poziva korisniku da spusti prst na čitač. Nakon uspješnog skeniranja prsta, program vrši upoređivanje dobijenog fingerprinta i fingerprinta pročitano iz kartice. Na osnovu rezultata upoređivanja, ispisuju se poruke „*Otisak je verifikovan (OTISCI SE POKLAPAJU)!*“, kao na slici 9, odnosno „*Verifikacija nije prosla (Otisci se NE poklapaju)!!!*“.



Slika 9. Izgled glavne forma nakon uspješne identifikacije.

3. ZAKLJUČAK

U radu je opisan identifikacioni sistem koji za prepoznavanje korisnika upotrebljava RFID tehnologiju i biometrijsku tehnologiju prepoznavanja otiska prsta. Razvijena je PC aplikacija, koja je objedinila ove tehnologije u jedan sistem.

Pokazani identifikacioni metod prepoznavanje obavlja upoređivanjem fingerprinta korisnika, uzetog čitačem SFR300-S, sa fingerprintom iz Mifare 1K kartice. Identifikacija se obavlja off-line, bez potrebe za povezivanjem sa bazom podataka.

Dalji razvoj bi se mogao ogledati u realizaciji sistema kao jednog uređaja. Uređaj bi u sebi sadržao čitač Mifare 1K kartica, skener otiska prsta i obavljao funkcije koje sada

obuhvata PC aplikacija. Na taj nači bi se pojednostavila upotreba sistema i proširilo područje primjene.

LITERATURA

- [1] *Mifare Standard Card IC MF1 IC S50*, Philips Semiconductors Gratkom GmbH, Mikron-Weg, A-8101 Gratkom, Austria
- [2] Nedjeljko Lekić, Zoran Mijanović, Rada Dragović Ivanović, Radovan Stojanović, “Off line Mifare System za kontrolu pristupa”, ETRAN, Budva, jun 2005.
- [3] ISO/IEC FDIS 14443
- [4] *Mifare MF RC531, ISO 14443A Reader IC*, Philips Semiconductors Gratkom GmbH, Mikron-Weg, A-8101 Gratkom, Austria.
- [5] <http://www.suprema.co.za>

SU-MIMO TEHNIKE U LTE SU-MIMO TECHNIQUES IN LTE

Uglješa Urošević, Zoran Veljović, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Sadržaj - U odnosu na mobilne radio-sisteme treće generacije (3G), LTE predstavlja značajan korak naprijed, ostvaruju se znatno bolje performanse u pogledu brzine prenosa, kapaciteta, spektralne efikasnosti i kašnjenja. Jedan od ključnih elemenata u LTE-u predstavljaju MIMO tehnike. MIMO sistemi se mogu šire klasifikovati na: SU-MIMO, MU-MIMO i multicell MIMO. U ovom radu je dat pregled SU-MIMO tehnika koje se koriste u LTE-u. Opisane su SU-MIMO tehnike kojima se postiže veća pouzdanost sistema, odnosno postupci za ostvarivanje prostornog diversity-ja, kao i tehnike kojima se vrši prostorno multipleksiranje.

Abstract - LTE significantly improves performance of the third generation mobile radio-systems. In comparison with 3G systems, increased data rate, capacity, spectrum efficiency and reduced latency are achieved. MIMO techniques represent one of the key elements in LTE. MIMO systems can be classified into SU-MIMO, MU-MIMO and multicell MIMO. In this paper, SU-MIMO techniques in LTE, are described. The SU-MIMO solutions that improve reliability of the system, i.e. spatial diversity, and techniques for spatial multiplexing are presented.

1. UVOD

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 8, 9 i 10 (LTE - Long Term Evolution i LTE-Advanced) predstavljaju značajan korak naprijed u odnosu na mobilne radio-sisteme treće generacije (3G), [1]-[3]. U odnosu na 3G sisteme, pomenuti standardi predstavljaju rješenja kojima se postižu znatno bolje performanse u pogledu brzine prenosa, kapaciteta, spektralne efikasnosti i kašnjenja. Obzirom da je frekvencijski spektar ograničen resurs, optimizacija spektralne efikasnosti je jedan od glavnih ciljeva u LTE-u. Naravno, uz veće brzine prenosa podataka potrebno je održati i zahtjevanu pouzdanost u prenosu.

Jedan od osnovnih načina na koji su ostvarena poboljšanja u LTE-u u odnosu na 3G, jeste kombinacija MIMO (Multiple Input Multiple Output) tehnika i OFDM-a (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), [4]-[6]. Kombinacija MIMO-OFDM je implementirana i u IEEE 802.11n (WLAN) i IEEE 802.16e (WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access) standardu.

Upotreba više antena na predajnoj i prijemnoj strani u mobilnim radio-komunikacionim sistemima, odnosno upotreba MIMO tehnologije, je zahvaljujući poboljšanju performansi SISO (Single Input Single Output) sistema, postala veoma popularna tokom poslednje decenije, [7]-[10]. Zbog mogućnosti poboljšanja pouzdanosti sistema, kao i povećanja maksimalne i prosječne brzine prenosa podataka (tj. spektralne efikasnosti), velika pažnja istraživača se posvećuje MIMO tehnikama. MIMO sistemi se mogu podijeliti na SU-MIMO (Single User MIMO), MU-MIMO (Multi-User MIMO) i multicell MIMO, [11]. SU-MIMO podrazumijeva dodjeljivanje određenih vremensko-frekvencijskih resursa jednom mobilnom terminalu. MU-MIMO alocira iste vremensko-frekvencijske resurse za više korisnika, pri čemu se njihovo razdvajanje obavlja u prostoru. Kod multicell MIMO transmisije postoji dinamička koordinacija između višestrukih geografski odvojenih

transmisionih tačaka. Komunikacija se obavlja između korisnika i više baznih stanica, pri čemu na svakoj od njih postoji više antena. U svakoj od prethodnih varijanti, MIMO tehnike se mogu klasifikovati u dvije kategorije: na one koje su namijenjene za povećanje pouzdanosti prenosa podataka i na one koje su dizajnirane u svrhu povećanja brzine prenosa podataka. Prve se odnose na prostorni diversity, dok se druge odnose na prostorno multipleksiranje.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon ovog uvoda, u drugom poglavlju su date SU-MIMO tehnike kojima se postiže diversity efekat, dok su u trećem poglavlju date SU-MIMO tehnike za ostvarivanje prostornog multipleksiranja u LTE-u. Na kraju je dat zaključak.

2. SU-MIMO TEHNIKE ZA OSTVARIVANJE DIVERSITY EFEKTA

Kao što je već spomenuto u uvodu, jedan od ključnih elemenata LTE-a predstavlja kombinacija MIMO-a i OFDM-a. MIMO kanal (za k -ti podnosilac, iz seta ortogonalnih podnosilaca) se može predstaviti diskretnim vremenskim modelom, [12]:

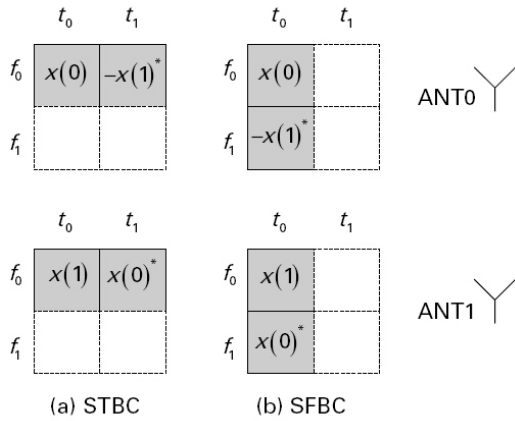
$$\begin{bmatrix} y_1^k \\ y_2^k \\ \vdots \\ y_{M_r}^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{1,1}^k & h_{1,2}^k & \cdots & h_{1,M_t}^k \\ h_{2,1}^k & h_{2,2}^k & \cdots & h_{2,M_t}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{M_r,1}^k & h_{M_r,2}^k & \cdots & h_{M_r,M_t}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^k \\ x_2^k \\ \vdots \\ x_{M_t}^k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1^k \\ n_2^k \\ \vdots \\ n_{M_r}^k \end{bmatrix} \quad (1)$$

x_j^k i y_i^k predstavljaju predajni simbol sa antene j ($j=1, \dots, M_t$; M_t - broj predajnih antena) i prijemni simbol na anteni i ($i=1, \dots, M_r$; M_r - broj prijemnih antena), respektivno. $h_{i,j}^k$ je koeficijent mobilnog radio-kanala između predajne antene j i prijemne antene i . n_i^k je odbirak

bijelog Gauss-ovog šuma (AWGN – *Additive White Gaussian Noise*).

Uslud *multipath* propagacije, tj. zbog pristizanja višestrukih replika prenošenog signala na mjesto prijema iz različitih pravaca, različito oslabljenih i sa različitim vremenom propagacije, dolazi do brzih fluktuacija anvelope prijemnog signala. Mogući su nagli padovi anvelope primljenog signala u odnosu na njegovu srednju vrijednost, što može značajno da degradira performanse sistema. Veća pouzdanost linka se postiže obezbjeđivanjem višestrukih kopija iste informacije, kroz putanje sa nekoreliranim fazama, čime se smanjuje vjerovatnoća istovremenih dubokih padova snage pojedinih replika. Broj nezavisnih replika iste informacije na prijemu se definiše kao red *diversity*-ja. U MIMO sistemima sa M_t predajnih i M_r prijemnih antena, maksimalan red prostornog *diversity*-ja iznosi $M_t M_r$.

U LTE-u se prostorni *diversity* ostvaruje SFBC (*Space-Frequency Block Codes*) kodiranjem, [13]-[14], koje je proisteklo iz STBC (*Space-Time Block Codes*) kodiranja, [15]-[16]. Iako se sa STBC kodovima može značajno smanjiti BER (*Bit Error Rate*) [17], osnovni uslov funkcionisanja datih kodova je nepromjenljivost mobilnog radio-kanala tokom trajanja jednog kodnog bloka. Međutim, ukoliko tokom trajanja jedne kodne riječi dođe do promjene mobilnog radio-kanala, doći će i do degradacije performansi sistema. Alternativno rješenje predstavlja SFBC kodiranje. Sada je pretpostavka da su susjedni podnosioci dovoljno korelisani, tako da se može smatrati da su koeficijenti mobilnog radio-kanala na njima skoro identični. Od korelacije koeficijenata kanala zavise i performanse sistema. Na slici 1 je dat primjer STBC i SFBC kodiranja, u slučaju dvije predajne antene.



Slika 1. Poređenje STBC i SFBC

U opštem slučaju prostorno-frekvencijski blok koder sakuplja blok od K uzastopnih informacionih simbola, i kreira sekvencu od L uzastopnih vektora dužine M_t , $\mathbf{x}[k] = [x_1[k] \cdots x_{M_t}[k]]^T$, $0 \leq k < L$. Informacioni simboli se kodiraju u dvije dimenzije, u prostoru i po frekvenciji. U slučaju dvije predajne antene, kodna matrica je:

$$\mathbf{X}_2 = \begin{bmatrix} x(0) & -x(1)^* \\ x(1) & x(0)^* \end{bmatrix} \quad (2)$$

U kodnoj matrici \mathbf{X}_2 , vrste predstavljaju simbole koji se šalju sa pojedinih antena, dok kolone čine simboli koji se prenose na dva susjedna podnosioca. Ukoliko se razmatra slučaj sa jednom prijemnom antenom tada se prijemni signal na dva susjedna podnosioca, $\mathbf{y} = [y_0(0) \ y_0(1)]^T$, može predstaviti izrazom:

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 & x_1 \\ -x_1^* & x_0^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \\ h_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Uzimajući konjugovano kompleksnu vrijednost druge vrste u prethodnom izrazu, dobija se:

$$\tilde{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_0 & h_1 \\ h_1^* & -h_0^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1^* \end{bmatrix} = \mathbf{H}[\mathbf{X}_2] \mathbf{x} + \tilde{\mathbf{n}} \quad (4)$$

Nadalje, u procesu prostorno-vremenskog dekodiranja se obavlja množenje vektora $\tilde{\mathbf{y}}$ sa transponovano-konjugovanom matricom $\mathbf{H}[\mathbf{X}_2]$, pa se dobija vektor na osnovu koga se vrši odlučivanje o poslatim simbolima:

$$\tilde{\mathbf{r}} = \mathbf{H}^H[\mathbf{X}_2] \tilde{\mathbf{y}} = \begin{bmatrix} |h_0|^2 + |h_1|^2 & 0 \\ 0 & |h_0|^2 + |h_1|^2 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \mathbf{H}^H[\mathbf{X}_2] \tilde{\mathbf{n}} \quad (5)$$

Posmatranjem dijagonalnih elemenata, koji su suma kvadrata modula koeficijenata mobilnog radio-kanala, vidi se da je red *diversity*-ja 2. Između simbola x_0 i x_1 nema interferencije pošto je $\mathbf{H}^H[\mathbf{X}_2] \mathbf{H}[\mathbf{X}_2]$ dijagonalna matrica. ML (*Maximum Likelihood*) detekcija, tj. detekcija sa kriterijumom maksimalne vjerodostojnosti, vektora \mathbf{x} se svodi na odlučivanje element po element:

$$\hat{x}_\mu = \arg \min_{\hat{x}} \left| \tilde{r}_\mu - (|h_{\mu,1}|^2 + |h_{\mu,2}|^2) \hat{x} \right|^2 \quad (6)$$

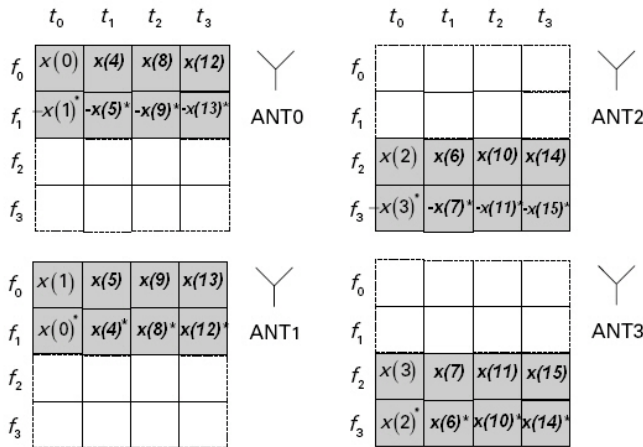
Prethodno dat postupak blok kodiranja/dekodiranja se može proširiti i na situaciju sa više prijemnih antena, pri čemu se na svakoj prijemnoj anteni obavlja opisani postupak, dok se izlazi sa svake od njih sabiraju. Tada je vektor za odlučivanje:

$$\tilde{\mathbf{r}} = \sum_{\mu=1}^{M_r} \left(|h_{\mu,1}|^2 + |h_{\mu,2}|^2 \right) \mathbf{x} + \mathbf{H}^H[\mathbf{X}_2] \tilde{\mathbf{n}} \quad (7)$$

Postiže se red *diversity*-ja od $2M_r$.

Radi boljih performansi, SFBC kodiranje se kombinuje sa FSTD (*Frequency Shift Transmit Diversity*), [13]. Primjer za

SFBC-FSTD kodiranje za četiri predajne antene je dat na slici 2.



Slika 2. SFBC-FSTD za četiri predajne antene

Kao što se može uočiti sa slike 2, četiri predajne antene su grupisane u dva para. Unutar svakog para je primijenjeno SFBC kodiranje, dok je FSTD primijenjen na parove predajnih antena. Nakon SFBC dekodiranja, za polovinu simbola se dobija koeficijent ekvivalentnog mobilnog radio-kanala $|h_0|^2 + |h_1|^2$, dok za drugu polovinu on iznosi $|h_2|^2 + |h_3|^2$. Red *diversity*-ja je $2M_r$.

Kod oba načina kodiranja, SFBC i SFBC-FSTD, kodni odnos je 1, a red *diversity*-ja $2M_r$. Poboljšanje koje se unosi sa FSTD šemom ogleda se u tome što se za polovinu informacionih simbola koristi jedan dio podnosilaca, dok se za drugu polovinu koristi preostali dio frekvencijskih resursa, tako da iako je red *diversity*-ja isti, manja je vjerovatnoća greške.

3. SU-MIMO TEHNIKE ZA OSTVARIVANJE PROSTORNOG MULTIPLEKSIRANJA

Prostornim multipleksiranjem se omogućava povećanje brzine prenosa u odnosu na SISO sisteme, onoliko puta koliko ima nezavisnih podtokova podataka. Pri tome se ne proširuje frekvencijski opseg. U tabeli 1 su date maksimalne brzine prenosa i maksimalne spektralne efikasnosti, za LTE, LTE-Advanced i IMT (International Mobile Telecommunications)-Advanced u ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication sector). U tabeli 2 je dat maksimalan broj podtokova za SU-MIMO, [5].

Tabela 1. Maksimalna brzina prenosa i maksimalna spektralna efikasnost

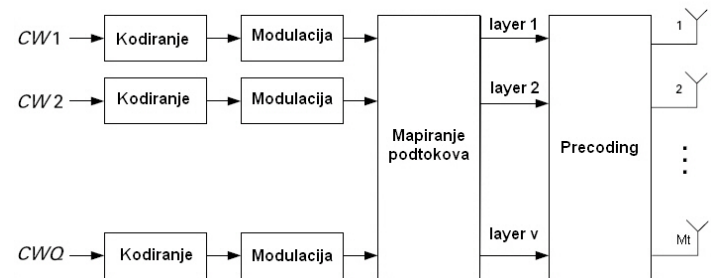
		Rel.8 LTE	LTE-Advanced	IMT-Advanced
Maks. brzina prenosa	DL	300 Mb/s	1 Gb/s	1 Gb/s ^(*)
	UL	75 Mb/s	500 Mb/s	
Maks. spektr. Efik. [b/s/Hz]	DL	15	30	15
	UL	3.75	15	6.75

* 1 Gb/s za malu mobilnost korisnika i 100 Mb/s za veliku mobilnost korisnika

Tabela 2. Maksimalna broj podtokova za SU-MIMO

		LTE	LTE-A
SU-MIMO	DL	Do 4 podtoka	Do 8 podtokova
SU-MIMO	UL	1 podtok	Do 4 podtoka

Na slici 3 je data šema prostornog multipleksiranja, sa Q podtokova. Na svakom podtoku se obavlja kodiranje i mapiranje (saglasno odgovarajućoj modulacionoj šemi). Nakon toga se obavlja mapiranje podtokova, odnosno dodjeljivanje svakom podtoku određenog broja nivoa (*layer*-a) i predajni *precoding*, [13]-[14].



Slika 3. Prostorno multipleksiranje

U LTE-u se za prostorno multipleksiranje koriste *closed loop* i *open loop* transmisioni moduli, [14].

Closed loop pristup podrazumijeva da postoji poznavanje kanala na predajnoj strani, tj. da postoji CSIT (*Channel Side Information at the Transmitter*). U prijemniku se na osnovu pilot tonova vrši estimacija kanala, na osnovu koje se šalje povratna informacija predajnoj strani o stanju MIMO kanala. Uz CSIT je moguće značajno poboljšati performanse MIMO sistema. Jedan način ostvarivanja prostornog multipleksa, jeste postojanje seta *precoding* matrica, za svaku konfiguraciju predajnih antena. Ovaj set *precoding* matrica je poznat i na predajnoj i prijemnoj strani. U prijemniku se na osnovu estimacije kanala, određuje najpovoljnija matrica iz postojećeg seta i prosleđuje se njen indeks prijemniku. Drugi način predstavlja *small delay CDD* (*Cyclic Delay Diversity*), koji je originalno razvijen za slučaj transmisije samo jedne kodne riječi. U kombinaciji sa OFDM-om, CDD podrazumijeva da se sa svake predajne antene šalju ciklično pomjereni OFDM simboli. Cilj *small delay CDD*-a je korišćenje frekvencijskog *diversity*-ja, obzirom da se na određenim grupama podnosilaca mogu pojaviti značajni dobiti. Na osnovu estimacije kanala u prijemniku, prosleđuje se informacija o setovima susjednih podnosilaca na kojim se ostvaruju dobiti, i tada se oni koriste za prenos. U slučaju prenosa više kodnih riječi primjenjuje se isti princip, pri čemu se CDD obavlja nakon distribuiranja *layer*-a na sve predajne antene.

Kod *open loop* tehnike ne postoji CSIT. U ovom slučaju se multipleksiranje zasniva na *large delay CDD*-u. Primjenom *large delay CDD*-a postiže se rotacija *layer*-a, odnosno da se svaki *layer* podjednako emituje sa svake predajne antene. Na ovaj način se izbjegava situacija da se pojedini slojevi ne mogu detektovati zbog lošeg stanja na kanalu.

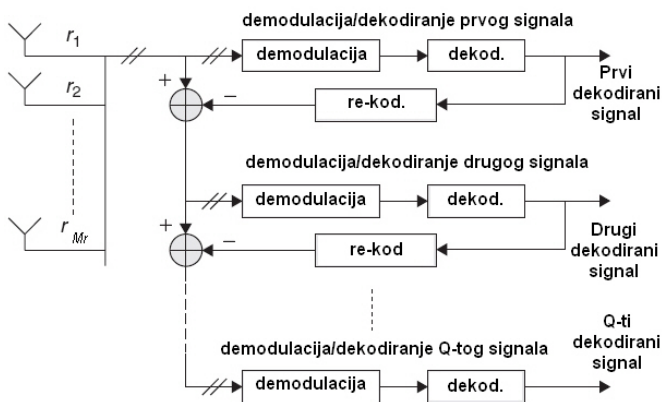
Optimalno dekodiranje primljenog signala zahtjeva ML detekciju. Ukoliko se sa svake predajne antene emituje

različiti simbol iz alfabeta veličine $|\chi|$, tada ML detekcija zahtjeva pretragu nad svim mogućim vektorima ulaznih simola, $|\chi|^{M_t}$. Ovakva kompleksnost detekcije je i za mali broj predajnih antena veoma velika. Najčešće korišćeni prijemnici su sa ZF (Zero Forcing) ili MMSE (Minimum Mean Square Error) detekcijom, [16].

Uz ZF pristup se mogu potpuno razdvojiti podtokovi sa svake predajne antene, ali može doći da značajnog povećanja nivoa šuma. Primjenom MMSE detekcije se minimizuje vjerovatnoća greške prouzrokovana šumom i interferencijom između podtokova, pri čemu se ne postiže potpuna separacija podtokova podataka. ZF i MMSE se koriste u kombinaciji sa sukcesivnom eliminacijom interferencije (SIC - *Successive Interference Cancellation*). Na taj način se dobijaju bolje performanse, uz veću kompleksnost detekcije. Radi se o iterativnom postupku, koji se sastoji iz sledećih koraka:

- određivanje optimalnog poretka detekcije podtokova, tj. izbor podtoka sa najvećim SNR-om,
- separacija i detekcija odabranog podtoka od ostalih podtokova (primjenom ZF ili MMSE),
- eliminisanje interferencije između detektovanog podtoka i preostalih podtokova,
- ponavljanje postupka sa preostalim podtokovima.

Od prvog detektovanog podtoka dominantno zavise performanse, pošto je on sa najvećim nivoom interferencije i što tačnost njegovog izdvajanja iz prijemnog signala, utiče na sve preostale podtokove. Zbog toga se za podtok koji treba da se detektuje prvi, koriste robustnije modulacione šeme i pouzdanije kodiranje u odnosu na ostale podtokove. Na slici 4 je data šema SIC prijemnika.



Slika 4. SIC prijemnik

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat pregled SU-MIMO tehnika u LTE-u. Dat je opis tehnika sa kojima se ostvaruje prostorni *diversity*, kao i tehnike kojima se postiže prostorni multipleks. Obzirom da se u LTE-u prostorni *diversity* ostvaruje prostorno-frekvencijskim kodiranjem, prikazan je postupak kodiranja i dekodiranja SFBC kodova. Takođe, prikazana je i realizacija

SFBC kodova u kombinaciji sa FSTD, radi postizanja boljih performansi sistema. Kako se u LTE-u za ostvarivanje prostornog multipleksa koriste *open loop* i *closed loop* transmisioni moduli, dat je i pregled tehnika prostornog multipleksiranja u slučaju poznavanja kanala na predajnoj strani i u slučaju kada informacije o kanalu na predajnoj strani nema.

LITERATURA

- [1] H. Holma and A. Toskala, LTE for UMTS - OFDMA and SC-FDMA based Radio Access, Wiley, 2009.
- [2] T. Lunttila, M. Kiski, K. Hooli, K. Pajukoski, P. Skov, A. Toskala: "Multi-Antenna Techniques for LTE-Advanced", *12th International Conference on Wireless Personal Multimedia Communications – WPMC 2009*.
- [3] Y. Kishiyama, H. Taoka, M. Tanno, T. Nakamura: "Standardization Activities and System Requirements for LTE-Advanced in 3GPP", *12th International Conference on Wireless Personal Multimedia Communications – WPMC 2009*.
- [4] R. Prasad, OFDM for Wireless Communications Systems, Artech House, 2004.
- [5] S. Hara, R. Prasad, Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications, Artech House, 2003.
- [6] S. Glisic: "Advanced Wireless Communications, 4G Technologies", Wiley, 2004.
- [7] E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, H. V. Poor, MIMO Wireless Communications, Cambridge University Press, 2007.
- [8] G. Tsoulos, MIMO System Technology for Wireless Communications, Taylor & Francis Group, 2006.
- [9] V. Kühn, Wireless Communications over MIMO Channels-Applications to CDMA and Multiple Antenna Systems, Wiley, 2006.
- [10] H. Jafarkhani, Space-Time Coding, Theory and Practice, Cambridge University Press, 2005.
- [11] Q. Li, G. Li, W. Lee, M. Lee, D. Mazzaresse, B. Clerckx and Z. Li: "MIMO Techniques in WiMAX and LTE: A Feature Overview", *IEEE Communications Magazine*, May 2010.
- [12] A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2007.
- [13] F. Khan, LTE for 4G Mobile Broadband - Air Interface Technologies and Performance, Cambridge University Press, 2009.
- [14] M. Ergen, Mobile Broadband - Including WiMAX and LTE, Springer, 2009.
- [15] H. Jafarkhani: "Space-Time Coding, Theory and Practice", Cambridge University Press, 2005.
- [16] M. Jankiraman: "Space-Time Codes and MIMO Systems", Artech House, 2004.
- [17] U. Urošević, Z. Veljović, E. Kočan: "Performanse MIMO-OFDM sistema u uslovima Rice-ovog fedinga", *XVIII Telekomunikacioni forum - TELFOR'10*, Beograd, Novembar 2010.

PRIMJENA RAČUNARA U MODELOVANJU ELEKTROMOTORNH POGONA USING COMPUTER FOR ELECTRIC DRIVES MODELING

Borislav Brnjada, Elektroprivreda Crne Gore, Elektrodistribucija Bar

Sadržaj - U ovom radu namjera je da se na konkretnom primjeru modelovanja pogona asinhronne mašine prikažu mogućnosti koje pruža primjena računara. Zato se u radu modeluje otvoreni sistem opisan nelinearnim diferencijalnim jednačinama asinhronog motora/generatora, invertora i upravljanja, koji se modeluje primjenom Matlaba-Simulinka. Dostignute karakteristike motorskog i generatorskog rada modelovanog sistema jasno ukazuju na široke mogućnosti simulacije nelinearnih sistema primjenom računarskog modelovanja.

Abstract – In this paper intention is to present asynchronous machine drive simulation possibilities which are allowable using computer modeling. For this reason in the present paper open-loop system described by nonlinear differential equations of asynchronous motor/generator, inverter and control, is modeled applying Matlab-Simulink. Achieved motor and generator operation characteristics of modeled system show width possibilities of nonlinear systems simulation using computer modeling.

1. DINAMIČKE JEDNAČINE ASINHRONOG MOTORA

Naponske jednačine asinhronne mašine izvedene uz pretpostavke linearnosti magnetskog kola i idealne sinusoidalne raspodjele namota statora i rotora, prema [1] i [2], su:

$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_{ds} \\ \Psi_{qs} \end{bmatrix} + \omega_e \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi_{ds} \\ \Psi_{qs} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = R_r \begin{bmatrix} i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_{dr} \\ \Psi_{qr} \end{bmatrix} + (\omega_e - \omega_r) \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi_{dr} \\ \Psi_{qr} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \Psi_{ds} \\ \Psi_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_s & 0 & L_m & 0 \\ 0 & L_s & 0 & L_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \Psi_{dr} \\ \Psi_{qr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_m & 0 & L_r & 0 \\ 0 & L_m & 0 & L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Jednačina elektromagnetskog momenta i mehanička jednačina su:

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\Psi_{qr} i_{dr} - \Psi_{dr} i_{qr}) \quad (5)$$

$$T_e - T_l = J \frac{d\omega_{rm}}{dt} \quad (6)$$

Dobijeni sistem nelinearnih diferencijalnih jednačina je petog reda i na osnovu njih se modeluje asinhrona mašina.

2. MODELOVANJE TROFAZNOG INVERTORA PRIMJENOM PROSTORNOG VEKTORA

Matematički model trofaznog dvostepenog invertora, izveden je uz uslov konstantnosti prosječnog fluksa napajane mašine u toku jednog sampling perioda T_s . Ne ulazeći u detalje izvodjenja navode se, prema [3], obrasci za izračunavanje vremena primjene aktivnih i nultih vektora:

$$T_1 = T_s m_a \sin \left[n \frac{\pi}{3} - \theta \right] \quad n = 1, 2, \dots, 6 \quad (7)$$

$$T_2 = T_s m_a \sin \left[\theta - \frac{n-1}{3} \pi \right] \quad n = 1, 2, \dots, 6 \quad (8)$$

$$m_a = \frac{|V_{ref}|}{\frac{V_{dc}}{\sqrt{3}}} \quad (9)$$

T_s je vrijeme uzorkovanja (sampling interval) a T_1 i T_2 su ukupna vremena primjene aktivnih vektora. Očigledno je "n" broj koji definiše jedan od ukupno šest sektora na koje je podijeljen krug, odnosno jedan period naizmjenične veličine. Ukupno vrijeme primjene nultih vektora je:

$$T_0 = T_s - (T_1 + T_2) \quad (10)$$

Proračunata vremena primjene aktivnih i nultih vektora se mogu raspodijeliti unutar T_s intervala uzorkovanja na proizvoljan način, ali se njihovo ukupno trajanje mora poštovati jer se time obezbjeđuje konstantnost odnosa V/f.

3. STATIČKE JEDNAČINE ROTORSKIM FLUKSOM UPRAVLJANE ASINHRONE MAŠINE

Ako se kao varijable stanja električnog dijela asinhronne mašine odaberu struje statora i ulančeni fluksevi rotora,

dobijaju se jednačine pogodne za analizu rotorskim fluksom vođenog upravljanja asinhronom mašinom u sinhronom referentnom sistemu [4], [5]. Kada direktnu komponentu rotorskog fluksa poklopimo po pravcu i smjeru sa direktnom osom sinhronog referentnog sistema, dobija se stacionarni režim rada. Za takav rad varijable stanja su konstantne veličine, njihovi izvodi su jednaki nuli pa se dobijaju stacionarne jednačine rada vektorski upravljane asinhrono mašine. Iz postavljenih uslova slijede jednačine za stacionarni rad vektorski upravljane asinhronog motora.

Na osnovu vrednosti rotorskog fluksa za datu mašinu dobijamo direktnu komponentu struje statora:

$$i_{ds0} = \frac{\psi_{r0}}{L_m} \quad (11)$$

gdje je ψ_{r0} rotorski fluks, a L_m međusobna induktivnost.

Relacija za stacionarno klizanje rotora je:

$$(\omega_{e0} - \omega_{r0}) = \omega_{sl0} = \frac{R_r L_m}{L_r \psi_{r0}} i_{qs0} \quad (12)$$

dok je brzina rotora, u stacionarnom radu, jednaka referentnoj brzini. Zato se stacionarna brzina rotora dobija kao zbir stacionarnog klizanja i referentne brzine rotora:

$$\omega_{e0} = \omega_{r0} + \omega_{sl0} \quad (13)$$

Stacionarni elektromagnetski moment motora je:

$$T_{e0} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} \psi_{r0} i_{qs0} \quad (14)$$

Komponente napona po d i q osi su:

$$v_{ds0} = R_s^* i_{ds0} - \frac{R_r L_m}{L_r^2} \psi_{r0} - \omega_e L_{\sigma s} i_{qs0} \quad (15)$$

$$v_{qs0} = R_s i_{qs0} + \omega_e \left(L_{\sigma s} i_{ds0} + \frac{L_m}{L_r} \psi_{r0} \right) \quad (16)$$

$$R_s^* = \left(R_s + R_r \left(\frac{L_m}{L_r} \right)^2 \right) \quad (17)$$

$$L_{\sigma s} = \left(L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \right) \quad (18)$$

Na osnovu gore izvedenih jednačina dobija se statički model vektorski upravljane asinhrono mašine.

Stacionarne, referentne struje za model dobijaju se na osnovu jednačina (13) i (14), sinhrona brzina na osnovu

(12) i (13), a direktna i poprečna komponenta stacionarnog napona na osnovu (15) i (16).

4. TRANSFORMACIJA VARIJABLI STANJA

Za transformaciju varijabli stanja iz simetričnog trofaznog sistema u dvofazni sistem koriste transformacione jednačine:

$$\begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (19)$$

Gdjeje su v_a, v_b, v_c veličine u trofaznom a v_α, v_β veličine u dvofaznom nepokretnom sistemu.

Za transformaciju iz nepokretnog u rotirajući referentni sistem koristi transformacija:

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} \quad (20)$$

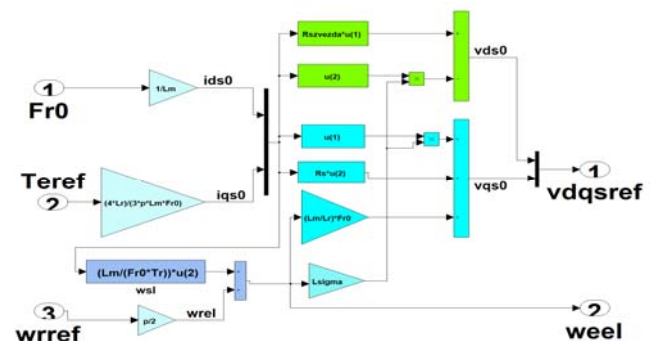
gdje su v_d, v_q veličine u rotirajućem sistemu a θ ugao koji pređe sistem koji rotira promjenljivom ugaonom brzinom.

Iz navedenih transformacija jednostavno se dobijaju inverzne transformacije.

5. MODELOVANJE ELEKTROMOTORNOG POGONA U MATLABU-SIMULINKU

Pet je osnovnih elemenata pogona koje treba modelovati u Matlabu-Simulinku. To su modeli referentnih veličina, upravljački model, model trofaznog invertora upravljane PWM (Pulse Width Modulation) primjenom prostornog vektora, model asinhrono mašine i izlazne veličine. Kod modelovanja u MATLABU-SIMULINKU koriste se [6] i [7].

U modelu postoje tri referentne veličine: fluks rotora koji je konstantan, moment motora koji se stepenasto mijenja pomoću lock-up tabele i brzina koja se zadaje kao linearna ili konstantna. Odabrane referentne vrednosti momenta omogućavaju simulaciju motorskog i generatorskog rada

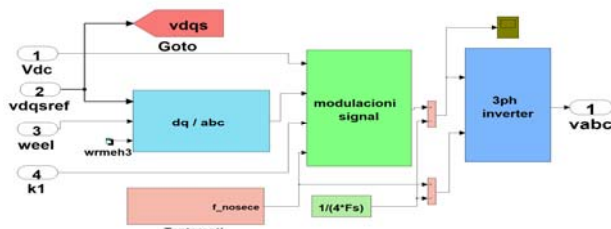


sl. 1. Model upravljanja

modela.

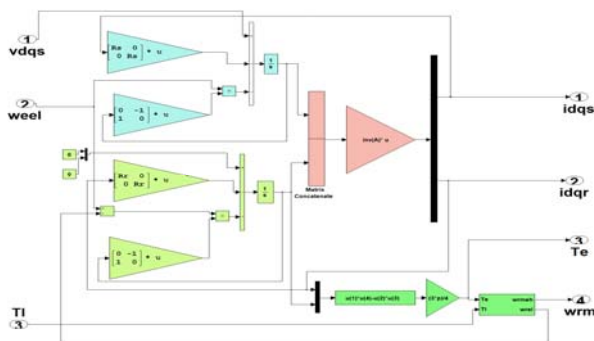
Jednačine od (11) do (18) čine osnov submodela upravljanja održavanjem konstantnog odnosa napona napajanja i frekvencije. Njihovim modelovanjem se, za zadane referentne veličine, na izlazu upravljačkog bloka dobijaju komandni naponi. Komutacione ćelije su modelovane tako da rade u stanju neprekidnog provođenja.

Jednačine (7) do (10) služe za modelovanje trofaznog invertora na sl. 2., tako što se izlazni invertorski napon moduliše pomoću PWM primjenom prostornog vektora upravljačkog napona. Ovim postupkom se na izlazu dobija invertorski napon kojim se napaja asinhrona mašina.



sl. 2. Model trofaznog invertora upravljanog prostornim vektorom upravljačkog napona

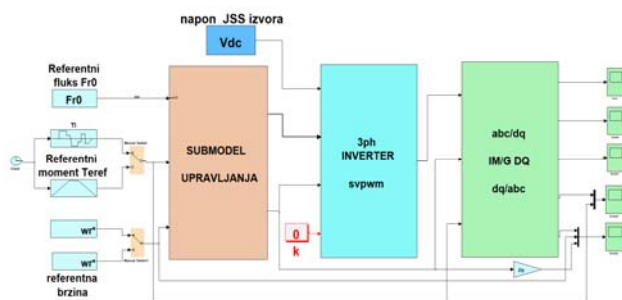
Jednačine (1) do (6) služe za modelovanje asinhronne



sl. 3. Model asinhronne mašine

mašine na sl 3.

Trofazne izlazne veličine modela su: izlazni napon invertora, struje statora i rotora, referentni i elektromagnetski moment, referentna i stvarna brzina rotora i brzina rotorskog fluksa.



sl. 4. Model ukupnog sistema

Ukupan model sistema simulira rad sistema u otvorenoj petlji i prikazan je na sl. 4.

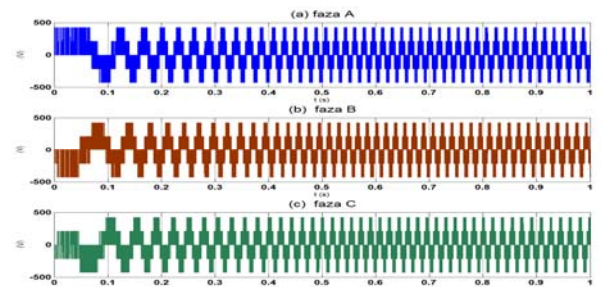
6. REZULTATI

Dobijeni model pruža široke mogućnosti za simulaciju rada elektromotornog pogona. Ovdje će biti prikazan modulacioni signal invertora za slučajeve kada je parametar $k=0, 0.5$ i 1 , kao i izlazni napon invertora, struje statora i rotora, referentni i elektromagnetski moment, brzine rotora, rotorskog fluksa i referentna brzina.

Na sl. 5. prikazan je izlazni napon invertora tokom povećanja brzine motora, zbog čega se uočava jasno povećanje frekvencije i amplitude napona napajanja kod očuvanja odnosa V/f .

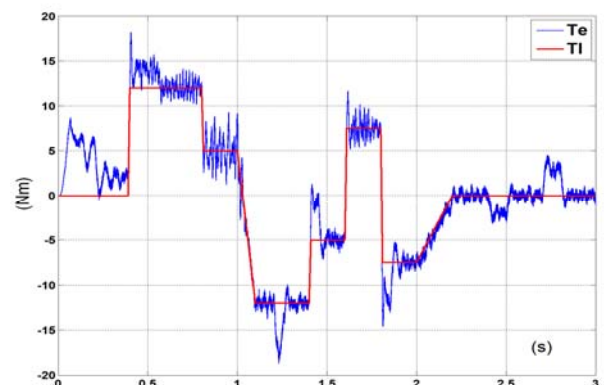
Na sl. 6. prikazane su struje statora, a na sl. 7. struje rotora posmatranog modela.

Na sl. 8. prikazani su elektromagnetski moment T_e i

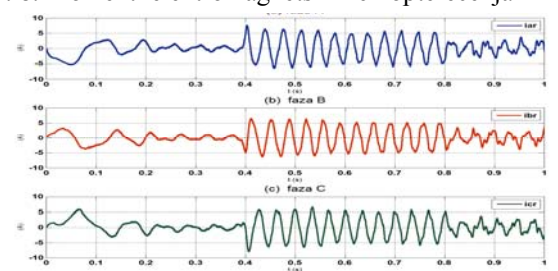


sl. 5. Izlazni napon invertora kod polaska motora

moment opterećenja T_l .

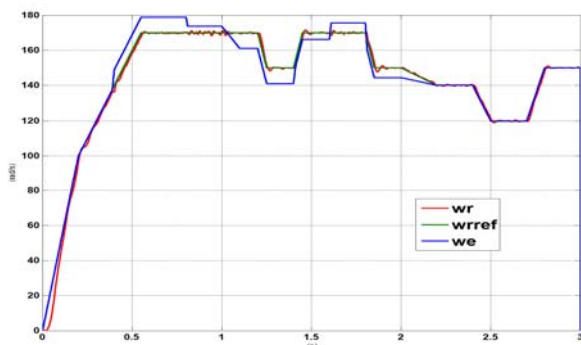


sl. 8. Momenti elektromagnetski T_e i opterećenja T_l



sl. 7. Struje rotora

Na sl. 9. prikazane su brzina rotora, referentna brzina i brzina rotorskog fluksa.



sl. 9. Brzina rotora w_r , referentna w_{rref} , i brzina rotorskog fluksa w_e

Na dobijenom modelu mogu da se dobiju sve bitne karakteristike posmatranog sistema.

Na modelu, na kome se održava konstantan odnos V/f i koji radi u otvorenoj petlji, ostvarene su karakteristike elektromagnetskog momenta i brzine bliske karakteristikama koje se dobijaju kod rada rotorskim poljem kontrolisanog, vektorski upravljano, asinhronog motora u zatvorenoj petlji.

Za modelovanje je korišten asinhroni motor sledećih parametara: $R_s=3.1$ (Ω), $R_r=2.86$ (Ω), $L_m=0.225832$ (H), $L_{ls}=0.012801$ (H), $L_{lr}=0.013801$ (H), broj polova $p=4$, vršni fazni napon $V_m=310$ (V), snaga $P=2.2$ (kW), brzina $\omega_n=154$ (rad/s), moment inercije $J_m=0.005$ (kgm^2), stacionarni rotorski fluks $\psi_{r0}=0.8$ (Wb)

Kod modelovanja invertora korištene su sledeće veličine: $V_{dc}=640$ (V), sampling frekvencija $F_s=4200$ (1/s)

7. ZAKLJUČAK

U radu je razvijen model upravljanja asinhronim motorom u otvorenoj petlji. Pokazano je da se na modelu mogu simulirati razni režimi rada. Pri tome postiže dobro poklapanje referentnog mehaničkog i dobijenog elektromagnetskog momenta. Takođe se dobija i dobro poklapanje referentne i stvarne brzine rotora. Na modelu se

može simulirati motorski i generatorski režim rada promjenom znaka mehaničkog momenta i klizanja.

Treba posebno naglasiti da je rad cijelog sistema opisan sistemom nelinearnih diferencijalnih jednačina petog reda, koji se, u principu, ne može analitički riješiti. Zato se analiza takvog sistema vrši modelovanjem, primjenom numeričkih metoda, i simulacijom na dobijenim modelima. U punoj mjeri to je omogućeno širokom primjenom računarskih mašina i kompjuterskih softvera, kakav je i Matlab-Simulink.

LITERATURA

- [1] Bimal K. Bose, : *Modern Power Electronics and AC Drives*, New York: Prentice Hall PTR,2002
- [2] Milutin M. Ostojić, : *Uvod u opštu teoriju električnih mašina*, Univerzitet Crne Gore, "Obod" Cetinje, 2001
- [3] Dorin O. Neacsu, : *Space Vector Modulation –An Introduction*, == Tutorial at IECON2001==, *IECON'01: The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp1583-1592
- [4] Fengchun Sun , Jian Li , Liqing Sun , Li Zhai , and Fen Cguo, : *Modeling and Simulation of Vector Control AC Motor Used by Electric Vehicle*, *Journal of Asian Electric Vehicles*, Volume 3, Number 1, June 2005
- [5] Scott Wade, Matthew W. Dunnigan, and Barry W. Williams, : *Modeling and Simulation of Induction Machine Vector Control with Rotor Resistance Identification*, *IEEE Transactions on Power Electronics*, VOL. 12, NO. 3, MAY 1997
- [6] Steven T. Karris, : *Signals and Systems with Matlab Computing and Simulink Modeling*, Third Edition, Orchard Publications, 2001
- [7] Borislav P. Brnjada, : *Modelovanje asinhronog motora/generatora sa namotanim rotorom u Matlabu-Simulinku; mogućnosti modelovanja rada kod primjene na konverziju energije vjetera i malih vodotokova*, *CG KO CIGRE I savjetovanje*, Budva, oktobar 2009.

AGILNI RAZVOJ SOFTVERA I EKSTREMNO PROGRAMIRANJE AGILE SOFTWARE DEVELOPMENT AND EXTREME PROGRAMMING

Dženan Strujić, Mladen Bukilić, Ivana Ognjanović, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet Mediteran, Podgorica*

Apstrakt - *Ekstremno programiranje (Extreme Programming XP) se smatra najpoznatijom agilnom metodologijom razvoja softvera. Razvoj XP-a analiziraju mnogi istraživači kako bi pokušali ocijeniti uspjeh i prednosti kao i eventualne nedostatke ovog novog modela. U ovom radu je izvršen eksperiment koji je pokazao da na osnovu ocjena uspješnosti standardnih faza softverski projekti razvijeni primjenom XP metodologije znatno bolje odgovaraju zahtjevima krajnjih korisnika, brže i lakše odgovaraju ne tako rijetkim zahtjevima za promjenama u funkcionalnosti i samom dizajnu.*

Abstrac - *Extreme Programming (XP) is considered the best known agile software development methodology. Many researchers analyze development of XP to try to evaluate the success and benefits and possible drawbacks of this new model. In this paper, the experiment showed that based on the ratings success of the standard phase software projects developed using the XP methodology significantly better meet the requirements of end users faster and easier to fit not so rare requests for changes in the design and functionality.*

Keywords: *extreme programming, XP, agile principles, software development methodology*

1. UVOD

Ekstremno programiranje (XP) je najčešće korišćena i najpoznatija agilna metodologija za razvoj softvera. XP metodologija je zasnovana na jednostavnosti, komunikaciji, povratnim informacijama (feedback) i hrabrosti.[2] Predstavlja se korišćenjem jednostavne forme planiranja i praćenja projekta. Odlikuje se osobinama kreiranja softvera u manjim serijama, potpuno integrisanih izdanja koje prolaze sve testove definisane od strane korisnika.

Ova metodologija predstavlja potpuno novi pristup u odnosu na standardnu tradicionalnu metodologiju koju odlikuju poteškoće u komunikaciji između projektnog tima i korisnika, neadekvatnoj komunikaciji između različitih specijalista u okviru tima baziranoj na dokumentaciji i nedostatku povratnih informacija od strane korisnika na softver koji se razvija. U radu će se predstaviti eksperiment urađen na softverkom projektu u cilju predstavljanja fleksibilnosti XP metodologije i poređenju sa tradicionalnom metodologijom.

Rad je strukturiran na sljedeći način: u glavama 2 i 3 su data objašnjenja karakteristika standardne metodologije i agilnog razvoja softvera, u glavi 4 je predstavljena XP metodologija kao primjer agilnog procesa. U glavi 5 je detaljno objašnjeno poredbeno istraživanje na realnom projektu kao i razmatranja po svakom od navedenih principa. Glava 6 sadrži zaključna razmatranja i smjernice za dalji rad i istraživanje.

2. AGILNI MANIFEST

Veliki broj modela za razvoj softvera koji su predloženi i korišćeni od 70-tih godina pokušavali su da nametnu korake i discipline, vezane za način konstruisanja softvera, dokumentacije, razvoja i testiranja. Softverski projekti vremenom sve više postaju kompleksnije cijeline sa znatno većim brojem složenih korisničkih zahtjeva.

Tradicionalna (waterfall methodology) metodologija je prvi model procesa koji se široko primijenio u oblasti softverskog inženjerstva. Faze u ovom modelu su striktno odvojene: na osnovu prikupljenih zahtjeva kreira se dizajn koji ih najbolje modeluje, nakon čega se kreće sa implementacijom a krajnji

proizvod se na kraju testira i stavlja u upotrebu ako su početni zahtjevi ispunjeni. Sve te faze su povezane kaskadno jedna na drugu, što procesima u tom modelu daje veliku transparentnost. [1]

Istraživanja u posljednjih nekoliko godina su dovela do formiranja model koji pokušava da omogući veliku fleksibilnost, a koji će biti i ključni faktor u brzini i spretnosti razvoja softvera. Ideje tog modela su svedene u „agilnom manifestu“, koji se oslanja na principima alternativnog načina razmišljanja o mogućem procesu razvoju softvera (Agile Alliance 2001)

Osnovni principi agilnog manifesta su [1]: *i) Zadovoljstvo kupca konstantnim isporukama upotrebljivog softvera; ii) Softver se isporučuje frekventno; iii) Softver koji radi je principijelna mjera progres; iv) Zakašnjene promjene u zahtjevima su takođe dobrodošle; v) Bliska kooperacija na dnevnom nivou između naručioaca softvera i programera; vi) Lična konverzija je najbolja forma komunikacije; vii) Projekat grade motivisani ljudi u koje treba vjerovati; viii) Konstantna pažnja tehničkoj nadmoćnosti i dobrom dizajnu; ix) Jednostavnost; x) Samo-organizovan tim .*

3. AGILNI RAZVOJ I CILJ METODOLOGIJE

Jedan od osnovnih principa agilnog razvoja je vrednovanje pojedinaca i interakcija sa procesima i alatima, što direktno nameće potrebu da se timu projekatnata obezbijede neophodni resursi s potpunim povjerenjem u to da će oni svoje poslovne zadatke uraditi efikasno i kvalitetno. [2]

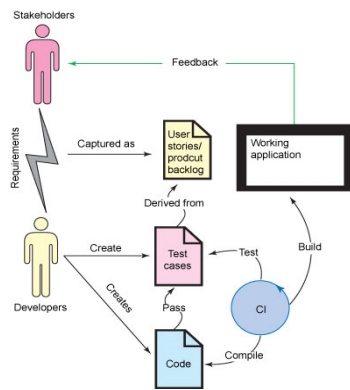
Softver se razvija iterativno, tako da dio softvera koji se razvije tokom jedne jedinice vremena predstavlja iteraciju, što je za agilni razvoj obično od jedne do četiri nedelje. Ono što je važno za agilni razvoj je to što svaka iteracija predstavlja kompletan softverski projekat uključujući sve osnovne faze razvoja: zahtjeve, dizajn, kodiranje, testiranje i dokumentaciju (Slika 1). Neke iteracije možda nemaju dovoljno funkcionalnosti, ali je cilj imati raspoloživo i ispravno izdanje na kraju svake iteracije. Nakon svake iteracije razvojni tim mora da radi re-evaluaciju projekta.

Timovi u agilnom razvoju se samoorganizuju i komuniciraju lično, umjesto posredstvom dokumentacije. Ovom

metodologijom se troši više vremena u izradu softvera, koji radi ono što kupac želi, umjesto izrade sveobuhvatne dokumentacije. Na žalost, u Crnoj Gori i dalje je zastupljena praksa da imamo što veću dokumentaciju koja u većini slučajeva ne predstavlja ništa.

Metodi agilnog razvoja softvera sadrže manje dokumentacije nego drugi metodi, što je meta kritičara koji smatraju to velikim nedostatkom metodologije. Drugim riječima, primarno mjerilo uspjeha i napredovanja je **softver koji radi ispravno poslije sva ke iteracije**. Svi članovi tima za razvoj softverskih projekata su usredsređeni na zajednički rad sa naručiocem umjesto na proces ugovaranja kao što je slučaj kod drugih metodologija. Naručilac se uključuje u ključne aspekte procesa razvoja softvera. [1] [2]

U praksi je česta pojava mijenjanja zahtjeva naručioca u toku same izrade softvera, što je posljedica novih korisničkih zahtjeva kao i potreba da se što bolje i potpunije odgovori potrebama na tržištu (Slika 1). Uvođenje fleksibilnosti u proces razvoja agilne metode pruža mogućnost da naručioci softvera mijenjaju svoje zahtjeve u ranim i kasnim fazama ciklusa razvoja softvera a da razvojni timovi uspješno mogu odgovoriti promijenjenim i/ili dodatnim zahtjevima.



Slika 1. Model razvoja softverskog projekta korišćenjem agilne metodologije

4. RAZMATRANJE XP METODOLOGIJE

XP je poseban oblik agilnog procesa, zasnovan na principima koji održavaju opštija načela agilnog manifesta. Ova metodologija se zasniva na okupljanju cijelog tima zajedno na jednom mjestu, sa dovoljno povratnih sprega radi obezbjeđivanja mjerenja uspjehnosti tima i primjene iskustava iz prakse u pojedinim situacijama. Fokusiran na poslovnim vrijednostima, proizvodi se softver u serijama malih potpuno integrisanih izdanja (releases) koji su prošli sve faze razvoja, kao i testove koje je definisao naručilac softvera. [3]

XP metodologija naglašava sljedeće vrijednosti agilnosti:

- Komunikaciju (communication) – obuhvata neprestanu razmjenu informacija između naručioca i projektnog tima.
- Jednostavnost (simplicity) – ohrabruje projektni tim da odabere najjednostavniji dizajn ili implementaciju koji odgovara potrebama naručioca.
- Odvažnost (courage) – stvaraoci XP-a opisuju kao posvećenost ranim i čestim isporukama funkcija.
- Povratne informacije (feedback) – ugrađuju se u različite aktivnosti tokom procesa razvoja.

Programeri rade zajedno kako bi dali jedni drugima povratne informacije o najboljem načinu za implementaciju korisničkih zahtjeva.

- Poštovanje (respect) – postoji između članova programerskog tima na osnovu važnosti komunikacije i povratnih informacija.

Metoda XP se po svojim karakteristikama razlikuje od drugih metoda. Najbolje je uporediti je sa slagalicom, jer ona tek kombinacijom svih djelova stvara potpunu sliku. Najznačajniji dijelovi ove slagalice su: *Cio tim, Igra planiranja, Male verzije softvera, Testiranje, Metafore, Jednostavan dizajn, Refaktoring, Programiranje, Programiranje u paru, Kod je zajednička svojina, Kontinualna integracija, Standardi kodiranja, Ustaljeni tempo*. Dijelovi ove slagalice predstavljaju 12 vještina po kojima je poznata XP metodologija u softverskom inženjerstvu. [3]



Slika 3. Veze vještina u XP metodologiji

Na slici 3, inspirisanoj crtežom Kenta Becka [4] može se primijetiti da sve osobine XP-a nijesu međusobno direktno povezane dok indirektno veze među nekima od njih potvrđuju činjenicu da su sve osobine ipak međusobno povezane. Ipak, jezgro XP-a čine osobine za razvoj vodene: testovima, programiranjem u paru i refaktorisanjem. Ovo predstavlja jednu važnu opservaciju stanja XP kao sistema, mada efikasan rad nije moguć bez ostalih osobina koje upotpunjavaju jezgro. Veze ovih osobina iz jezgra, predstavljaju dvosmjerne linije uticaja, pa njihov broj koji polazi od elementa i/ili odlazi ka njemu na neki način predstavlja nivo uticaja tog elementa na cijelokupan sistem. Ipak, ovaj način rangiranja osobina nije pouzdan tako da će u slijedećem poglavlju biti na realnom projektu ispitane prednosti i mane XP vještina kao i poredbeno analiza sa standardnom metodologijom.

5. PRIMJENA XP METODOLOGIJE ZA RAZVOJ SOFTVERSKIH PROJEKATA

U IT sektoru Fakulteta za informacione tehnologije, Univerziteta Mediteran u Podgorici izvršen je eksperiment, sa ciljem da se analizira agilna metodologija i XP principi za razvoj softverskih projekata. Napravljena su dva tima za izradu web portala Fakulteta za turizam i hotelijerstvo- MTS Bar, i Fakulteta za poslovne studije- MBS Podgorica. Oba tima su radila objektno-orijentisan projekat: prvi po uzoru na tradicionalnu metodologiju (waterfall) model, dok je drugi tim koristio agilni pristup i XP. Pri formiranju timova vodilo se računa o jednakom broju članova po timu, kao i o jednakoj strukturi na osnovu dosadašnjeg iskustva i nivoa znanja. Projekat je trebalo uraditi za 60 dana od dana dobijanja zadatka, nakon čega se pristupalo procjeni. Svaki tim je

morao navesti poteškoće koje je imao u radu, kao i učestovati u procjeni rada drugog tima.

Na osnovu standardnih faza softverskih projekata [5] ustanovljeni su sljedeći kriterijumi za procjenu razlike između XP i tradicionalne metodologije: *i)* Planiranje; *ii)* Dizajn; *iii)* Kodiranje; *iv)* Testiranje; *v)* Integracija; *vi)* Održavanje.

Procjena svih aspekata uspješnosti projekta je obavljena pridruživanjem određenog broja poena svakom od kriterijuma. Skala je napravljena relativno, uzimajući u obzir da je projekat sa bolje ostvarenim kriterijumom dobijao 10, a projekat sa lošije ostvarenim kriterijumom dobijao proporcionalne poene. Za deset kriterijuma ocjenjivanja maksimalno je moglo da se prikupi 60 poena. Ukupan broj poena je predstavljen u tabeli 1.

Tip	Tradicionalna metodologija (poena)	XP metodologija (poena)
Planiranje	5.5	10
Dizajn	6.6	10
Kodiranje	4.5	10
Testiranje	1	10
Integracija	4.4	10
Održavanje	7	10
Ukupno:	29	60

Tabela 1. Retultati ocjenjivanja po kriterijumima

5.1 PLANIRANJE

Planiranje projekta kod prvog tima koji je radio po tradicionalnom pristupu odvijalo se u više faza. Prva faza je prikupljanje zahtjeva od korisnika korišćenjem više tehnika: intervjui, upitnici, prikupljanje dokumentacije, opservacija. Nakon završetka te faze, nastaje kreiranje plana za izradu i modelovanje mnogih UML dijagrama i gantagrama. Tehnike za prikupljanje zahtjeva u XP-u se radikalno razlikuju od onih koje postoje kod tradicionalnih softverskih metodologija. Kao prvo, korisnički zahtjevi se pišu na prirodnom jeziku, neformalnim karticama poznatim pod nazivom „priče korisnika“ (user story). Ove kartice se nikada ne formalizuju i nikada se ne identifikuju veze i zavisnosti među njima. U XP-u u toku cijelog razvoja su prisutni krajnji korisnici koji zajedno sa programerima igraju „igru planiranja“: korisnik bira najsadržajnije „korisničke priče“ i postavlja ih programerima kao zadatak za rad. Ova igra traje obično pola od ukupnog vremena (u našem slučaju 30 dana) kako bi se korisnici s jedne strane 'osigurali' da će na vrijeme dobiti gotov softver, a programeri da će ostatak vremena iskoristiti za kompletiranje rješenja i fazu refactoring.

Očigledno da se faza planiranja ne može posebno izdvojiti u XP metodologiji već je konstantno prisutna komunikacija sa krajnjim korisnicima i njihovim zahtjevima. Ipak, ovakav način su programeri oba tima pozitivnije ocijenili jer je bio od izuzetnog značaja za cjelovitost ispunjenja zahtjeva i odgovor na eventualne naknadne promjene u njihovim zahtjevima. [5] [2]

5.2 DIZAJN

Kod XP metodologije, koristi se jednostavan dizajn za razliku od tradicionalne metodologije. Najjednostavniji dizajn

se uvijek koristi sve dok ona ispunjava postojeće zahtjeve korisnika. Praksa refactoring-a (moderno ime za restrukturiranje postojećeg rješenja/dijela rješenja) obezbjeđuje da dizajn bude po najvećim standardima. Za razliku od tradicionalne metodologije gdje se od programera očekuje da predvide buduće potrebe i da s toga, proizvode komplikovanije dizajne, programeri u XP metodologiji treba da slijede praksu jednostavnog dizajna i "urade najjednosniju stvar koja će moći da radi" bez brige za buduće zahtjeve, jer se oni vremenom svakako mijenjaju. Kod XP nije potrebno kreirati obimnu propratnu dokumentaciju, kao ni dijagrame, što nije slučaj kod tradicionalne metodologije. [5] Svi navedeni razlozi jednostavnosti dizajna i propratne dokumentacije su i od strane članova tima ocijenjene kao prednosti primjene XP metodologije.

5.3 KODIRANJE

Iako je na XP projektu rad u parovima i dijeljenje vlasništva nad cijelim kodom, neophodno je definisati standarde kodiranja koje će svi primjenjivati i samim tim će kolaborativni rad biti znatno olakšan i uspješniji. Ukoliko se ne može naći zajednički standard, onda se koristi neki od već poznatih standarda kodiranja. U tradicionalnom pristupu, standardi zavise od programera do programera, naravno i u njihovom slučaju je moguće poštovati standard, ali je problem u tome koliko će se programeri toga pridržavati jer, nemaju česte integracije projekta. [6]

Programeri koji koriste XP su upareni i pišu cijeli proizvodni kod koristeći jednu mašinu po paru, dok kod tradicionalnog svaki programer ima svoju mašinu za rad. Ovo pomaže da kod bude stalno pregledan u toku njegovog pisanja. Dokazano je da programiranje u paru proizvodi visoko kvalitetne kodove sa malo ili nimalo opadanja u produktivnosti. [6] [2]

U slučaju tradicionalne metodologije, svaki programer želi da prisvoji kod koji je razvijao, svaki od njih ima sopstveni stil pisanja tako da je često prisutan problem saradnje među članovima tima i zajedničke upotrebe pojedinih dijelova koda. Kada je u pitanju tim koji koristi XP, cijeli kod pripada svakom članu tima, ne može jedan član tima imati vlasništvo nad dijelom koda i svako može napraviti izmjene u osnovnom kodu u svako vrijeme. Ovo ohrabruje svakog člana tima da novim idejama doprinosi u svim segmentima projekta.

Članovi timova su i ovaj princip znatno bolje ocijenili kod XP metodologije vođeni iskustvom o timskom razvoju koda po zajedničkim standardima.

5.4 TESTIRANJE

Testiranje softvera kod prvog tima obavlja se tek na kraju razvoja tj. prije same implementacije, jer do tada testiranje nije moguće radi samog razvoja i integracije. Kada je u pitanju tim koji radi po principima XP-a, sprovode se dva tipa testiranja: testiranje jedinica (izvornog koda) i funkcionalno testiranje, dok prvi tim obavlja samo funkcionalno testiranje. Testiranje kod XP metodologije je znatno obimnije jer se prati pristup "prvo testiraj": prije svakog dodavanja nove karakteristike, potrebno je napisati testove za verifikaciju softvera, a sami softver se razvija s imperativnim ciljem da prođe napisane testove. Posljedično, softver razvijen sa XP metodologijom je validan u svako

vrijeme, što za tradicionalnu metodologije ne može da se garantuje. [7]

Funkcionalni testovi se izvršavaju u obje metodologije, oni se u principu u klasičnoj metodologiji zasnivaju na sopstvenoj procjeni programera u kojoj mjeri je zadatak završen, dok se u XP metodologiji zasniva na slučajevima-scenarijima korisnika. Kada funkcionalni test-slučaj uspješno prođe, može se smatrati da je specifikovana funkcionalnost dobro implementirana. Da bi se mogla izvršiti poredbeno analiza navedene dvije metodologije, programeri iz prvog tima (koji bi sami za sebe definisali testove) su uključeni da zajedno sa korisnicima definišu testove. Programeri drugog tima su se, ukoliko žele, mogli priključiti, ali po principima XP metodologije to ne bi trebalo da bude uobičajeno, jer svi testovi treba da budu definisani isključivo od starne krajnjih korisnika.

Kompletnost projekta je zasnovana na procentu funkcionalnih test slučajeva koji su uspješno završeni. U slučaju primjene XP metodologije, potrebno je definisati i testovi za testiranje koda prije nego se napravi kod za softver. Ovi automatizovani testovi se dodaju na osnovni kod. Prije nego što program može da integriše svoj kod u osnovni kod, svi sopstveni testovi slučajeva moraju biti u potpunosti ispunjeni, kao i svaki test koji je ikada napisan na osnovnom kodu. Ovim se obezbjeđuje da novi kod implementira novu funkcionalnost bez razbijanja bilo čijeg drugog koda.

Nije dovoljno samo napisati testove, potrebno ih je pokrenuti. U tradicionalnoj metodologiji se čeka kompletiranje cijelog koda softvera nakon čega slijedi testiranje. Međutim, u XP metodologiji, testovi jedinica se svi sakupljaju zajedno i svaki put kad programer kao član tima završi neki dio koda, svaki pojedinačni test se mora pravilno pokrenuti čime se odmah dobija povratna informacija o uspješnosti kreiranog dijela koda. Programeru je u interesu da koristi odgovarajuće automatizovane testne okvire, npr. JUnit ili TestNG [7] [8], da bi kontrolisao i pojednostavio zadatak ponovljenog testiranja i stalne integracije. Pored toga, ovi testovi pružaju nemjerljivu pomoć prije svega za poboljšanje samog dizajna softvera.

Iako su u slučaju XP metodologije testovi znatno obimniji, ipak su članovi oba tima ocijenili kao izuzetnu prednost koja vodi ka obezbjeđenju svih zahtijevanih funkcionalnosti uz konstantno testiranje ispunjenja istih.

5.5 INTEGRACIJA

Kada je u pitanju integracija softvera, kod tradicionalne metodologije integracija se obavlja na kraju izrade svih modula i sklapanje u jedan projekat. Kod te metodologije postoji problem prilikom integracije modula, jer neki moduli nijesu adekvatno kreirani zbog nepoštovanja standarda, a i greške su često prisutne. Kada je riječ o timu koji koristi XP, projekat se nadograđuje i integriše nekoliko puta na dan; u najmanjem slučaju, sve izmjene se integrišu u glavnu bazu koda, na integracionu mašinu bar jednom dnevno. Kao rezultat toga postoji veliki broj nadgradnji proizvoda svakog dana koji se testiraju pridruženim test slučajevima. [7]

Odlika XP metodogije su male verzije koje predstavljaju jednostavan sistem koji sadrži koristan set karakteristika. Taj set karakteristika stavlja se u proizvodnju rano i u kratkim ciklusima često se ažurira. Tako male verzije softvera je relativno lako integrisati u cjelokupan softversi projekta. XP

pojačava tempo tradicionalnog razvoja, što prouzrokuje davanje malih verzija u periodu od 2-3 nedelje. Na kraju svake verzije, korisnik pregleda međuproizvod, identifikuje nedostatke i podešava dalje zahtjeve što je na kraju rezultiralo i znatno boljom ocjenom članova tima u poredbeno analizi. [8]

5.6 ODRŽAVANJE

Na fazu održavanja softvera XP primjenjuje tehniku refactoring. Refactoring je proces unapređenja strukture koda uz održavanje (ne unapređenje) njegove funkcije. XP se zalaže i zagovara refactoring koda stalno i eksplicitno. Ovo je tehnika za unapređenje dizajna na postojećoj osnovi koda. Njegova suština je u tome što se primjenjuje serija manjih transformacija ponašanja koje poboljšavaju strukturu koda. Kad se ovo radi u manjim koracima smanjuje se rizik uvođenja greški. Tradicionalna metodologija podržava refactoring uz obavezno koršćenje plana refaktorisanja prema dokumentaciji koju prilažu uz softver, dok XP radi na standardizovan način po metodologiji korišćenjem odgovarajućih alata. [9]

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako je opisana analiza pokazala prednosti i nadmoćnost primjene XP metodologije, ipak se mora naglasiti da je tradicionalni model bolje koristiti kod projekata koji su jasni i nisu podložni promjenama u toku razvoja (npr. projekti odbrane) kao i za projekte migracije, kod kojih su zahtjevi isti ali se mijenja platforma ili jezik. Protivnici smatraju da su agilne metodologije (a prije svega XP) zapravo poziv na ad-hoc razvoj bez discipline, reda i plana, bez modelovanja, bez rada na arhitekturi, dok autori agilnih metodologija odgovaraju da je poseban akcenat na testiranju, vidljivosti rezultata i stalnom poboljšanju programskog koda (refactoring) što ne dovodi do zamjerki koje im se pripisuju.

LITERATURA

- [1] <http://agilemanifesto.org/>
- [2] A. Cockburn, "Agile Software Development", Highsmith Series Editors, August 2002
- [3] <http://www.extremeprogramming.org/>
- [4] <http://www.threeriversinstitute.org/blog>
- [5] J.J. Marciniak, J.Wiley, Walt Scacchi, "Process Models in Software Engineering", Institute for Software Research, University of California, Irvine, April 2003
- [6] A. Blandin, A. Arkin, K. Visco, "Java Coding Standard", Intalio, Inc, March 15, 2002
- [7] P. K. Gorakavi, "Test Driven Development in Extreme Programming", PM World today – featured paper, December 2009
- [8] http://www.io.com/~wazmo/papers/agile_testing_20030311.pdf
- [9] C. Poole, J.W.Huisman, "Using Extreme Programming in a Maintenance Environment", Iona Technologies, September 2003

RAZVOJ I IMPLEMENTACIJA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI E-COMMERCE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Jelena Končar, Sonja Leković, Ekonomski fakultet Subotica

Sadržaj - *Ulaskom u XXI vek nastupile su ogromne promene u načinu poslovanja, plasmanu proizvoda i usluga kao i u komunikacionim tokovima između trgovinskih organizacija i potrošača. Zahvaljujući inovacijama, kroz ubrzani razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija, uticaj tehnološkog progressa dovodi do diversifikovane ponude i novih komunikacionih mogućnosti čime trgovina postaje sve složeniji mehanizam što zahteva primenu savremene tehnologije u poslovanju. Trgovina se danas sve više obavlja uz pomoć elektronskih medija, dobijajući novi oblik elektronske trgovine. Izloženi procesi promena podstakli su potrebu za razvojem i implementacijom elektronske trgovine u Republici Srbiji.*

Abstract - *Entering the 21th century, large changes in the way of business, disposal of goods and services, as well as in communication flows between commercial organizations and consumers have appeared. Thanks to innovations, through the urban development of information and communication technologies, the influence of technological progress has caused diversified offers and new communication possibilities; therefore, trade becomes an increasing mechanism requiring the application of modern business technology. Trade today is increasingly done by means of electronic media, getting the new form of e-commerce. These processes of changes have encouraged the need to develop and implement e-commerce in the Republic of Serbia.*

1. UVOD

Elektronska trgovina predstavlja značajnu promenu na globalnom tržištu koja je uzročno posledično povezana sa nivoom privrednog razvoja. Stoga je neophodno strateško donošenje ciljeva elektronske trgovine od strane Republike Srbije koji se mogu postići samo uz praćenje faktora razvoja, definisanje uslova za primenu i merenje postignutih efekata. U implementaciji i razvoju elektronske trgovine u Republici Srbiji nameću se sledeća pitanja:

1. *Koji su osnovni faktori razvoja, a koji su sprečavaoci implementacije elektronske trgovine u Srbiji?*
2. *Koliko pravni okvir Republike Srbije doprinosi tempu razvoja elektronske trgovine?*
3. *Koji kupovni trendovi u Republici Srbiji ukazuju na karakteristike elektronske trgovine?*
4. *Dokle se stiglo sa implementacijom elektronske trgovine u privrednim organizacijama u Srbiji?*

Kontinuiranim praćenjem stanja u domenu elektronske trgovine u Republici Srbiji dobijaju se odgovori na ova i mnoga druga pitanja koja se nameću u privrednom razvoju. Privredni razvoj utiče na implementaciju elektronske trgovine, ali i obrnuto elektronska trgovina ima uticaj kroz efekte pozitivne primene koji mogu biti prepoznatljivi na globalnom tržištu.

2. FAKTORI RAZVOJA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI

Jedan od osnovnih preduslova razvoja elektronske trgovine jeste obezbeđivanje razvojnih uslova za njeno funkcionisanje. Primena informacione tehnologije od strane organizacija i stanovništva u Republici Srbiji je u porastu, ali i dalje ne prati stopu razvoja koja je u tržišno razvijenim zemljama. *Zakon o elektronskoj trgovini u Republici Srbiji*

ima za cilj da poboljša situaciju i kompletira pravni okvir za razvoj elektronske trgovine. Međutim, praktična iskustva mnogih tržišno razvijenih zemalja ukazuju na činjenicu da razvoj informacionih tehnologija koje se primenjuju u trgovini putem Interneta mora biti praćen novim dodatnim pravnim aktima, kao i konstantnim promenama i dopunama postojećih pravnih propisa. Sa druge strane, u Republici Srbiji još uvek postoje tehnička ograničenja razvoja elektronske trgovine [2, str. 284]: nedostatak sigurnosti, pouzdanosti, standarda i nekih komunikacionih protokola; nedovoljna širina polja telekomunikacije; alat za razvoj softvera se još uvek rapidno razvija i menja; teško je integrisati Internet i softver elektronske trgovine sa nekim postojećim aplikacijama i bazama podataka; kupci imaju potrebu za specijalnim Web serverima i drugom infrastrukturom; neki softver elektronske trgovine se ne uklapa sa hardverom ili može biti nekompatibilan sa operativnim sistemom ili drugim komponentama, i sl.

Zahvaljujući implementaciji elektronske trgovine obezbeđuje se celokupna konkurentnost privrede na globalnom tržištu. U tom smislu, Republiku Srbiju karakteriše veliki interes za razvoj elektronske trgovine. Politika razvoja elektronske trgovine i Interneta u Republici Srbiji obuhvata praćenje sledećih faktora [5, str. 550]:

- Ekonomski – privredni razvoj, povećano učešće na globalnom tržištu, proces integracija, povećanje konkurencije na tržištu, i slični ekonomski faktori koji neminovno utiču na razvoj elektronske trgovine na nivou privrede;
- Tehnološki – stepen inovacija, povećanje tehnološke osnove rada, razvoj informatičkog društva, implementacija informacionih sistema i povezanost učesnika i institucija, imaju uticaj na povećanje konkurentnosti privrede;

- Sociološki – životni standard, životni stil stanovništva, nivo obrazovanosti, i ostali faktori koji imaju uticaj na usvajanje elektronske trgovine od strane stanovništva.

Sagledavanjem ovih faktora obezbeđuje se uvid u mogućnosti implementacije elektronske trgovine i kreiranje konkretnih strategija koje će dovesti do komparativnih prednosti i koristi koje mogu imati pojedinci, trgovinske organizacije, a samim tim i država. Osnovne strategije rasta elektronske trgovine koje Republika Srbija mora da podrži svojim merama su [1, pp. 66]:

- *Promocija proizvoda* – sa sve većom upotrebom Interneta pronalaze se novi način promocije i plasmana proizvoda;
- *Novi kanali marketinga* – implementacija elektronske trgovine podrazumeva povezanost finansijskih institucija i prodavaca kao i razvoj brže dostave proizvoda;
- *Direktne uštede* – postižu se eliminisanjem posrednika;
- *Usluge kupcu* – pored stalnog informisanja o proizvodima i njihovoj upotrebi, takođe se obezbeđuju i post prodajne usluge, kao i negovanje odnosa sa kupcima zahvaljujući elektronskoj komunikaciji;
- *Imidž marke, organizacije ili države* – Internet je vizuelni medij. Uz adekvatnu prezentaciju značajno se doprinosi kreiranju prepoznatljive i autentične slike o proizvodima, organizaciji, odnosno državi.

Definisanje, odnosno određivanje uspešne strategije elektronske trgovine svodi se na praćenje dinamičnog okruženje sa posebnim akcentom na sagledavanje potreba kupaca kako bi se pronašle metode za što bolje zadovoljenje njihovih potreba. Strategijskim pristupom razvoju elektronske trgovine obezbeđuje se osnov za implementaciju svih neophodnih segmenata za njeno funkcionisanje. Ovakav pristup na nivou države obezbediće širenje primene Internet tehnologije za implementaciju elektronske trgovine. Za razvoj elektronske trgovine neophodna je spremnost organizacija da obezbede i ulažu u razvoj elektronske trgovine, a isto tako i usvajanje ove tehnologije od strane stanovništva.

3. PRIMENA INTERNET TEHNOLOGIJE U REPUBLICI SRBIJI KAO PREDUSLOV RAZVOJA ELEKTRONSKE TRGOVINE

Podaci o broju korisnika Interneta na teritoriji Republike Srbije i zemalja u okruženju pokazuju značajno zaostajanje u informacionom razvoju. Članice Evropske unije Švedska, Holandija i Island imaju najveći pristup Internetu (92,5%, 88,6% i 97,6%), dok ovaj pokazatelj za Republiku Srbiju u junu 2010. iznosi 55,9%, za Hrvatsku 50%, Makedoniju 51%, i Crnu Goru 44,1%, a u odnosu na neke od zemlja Evropske unije u okruženju je na približno istom nivou (Slovenija 64,8%, Mađarska 61,8%, Bugarska 47,5%, i Rumunija znatno ispod navedenog nivoa 35,5%) [7]. Osnovne prepreke u napretku u pogledu informacione pismenosti i upotrebe Interneta ogledaju se u životnom standardu stanovništva i kvalitetu telekomunikacionih mreža, obučenosti osoblja, neprilagođenosti softvera, i sl [5, str.

396]. Navedene prepreke je moguće prevazići sveobuhvatnim merama širenja informaciono-komunikacionih mreža, pogodnostima za domaćinstva kao i subvencioniranjem privrednih organizacija u razvoju ove oblasti.

Prvi pokazatelj *informacione pismenosti* koji je moguće poboljšati jeste posedovanje računara kao osnovnog tehničkog sredstva koji ima najčešću upotrebu kod pristupa Internetu od kuće, a samo posedovanje računara je i uslov za razvoja elektronske trgovine. Pokazatelji za Republiku Srbiju ukazuju da broj računara po domaćinstvu ima uzlazan tok u prethodnih pet godina. U 2007. godine pokazatelji ukazuju da 34% domaćinstva raspolaže bar jednim računalom [5, str. 396]. Isti pokazatelj za 2010. godine ukazuje da više od polovine domaćinstava raspolaže računalom i svakodnevno ga koristi. Ali, u poređenju sa pristupom Internetu, još uvek se ne može reći da sva domaćinstva koja imaju računar, isto tako poseduju i Internet konekciju. Naime, od 50,4% domaćinstava sa računalom 39% računar koristi da bi pristupilo Web-u [6, str. 14], odnosno 10% korisnika računara svoj PC koristi radi zabave, učenja i obavljanja radnih zadataka od kuće i u druge svrhe koje ne podrazumevaju korišćenje Interneta.

S druge strane, većem delu korisnika Interneta u Republici Srbiji ova tehnologija obezbeđuje da od kuće obave e-mail komunikaciju, dobiju nove informacije o robi i uslugama (i time lakše obave kupovinu off-line), prelistavaju i čitaju on-line izdanja novina i časopisa, pretražuju informacije na Internetu u svrhu učenja, i sl. Iako sve banke, kao faktor konkurentnosti, svojim korisnicima nude *uslugu Internet bankarstva*, tek mali broj korisnika (8,8%) zaista koristi Internet bankarstvo, od čega populacija između 25 i 34 godine najviše ima poverenja u ovakav vid usluga, a koji su iz segmenta zaposlenih sa višim i visokim nivoom obrazovanja [6, str. 29]. Ovaj pokazatelj može ukazati i na situaciju u kupovini na Web-u, jer pretpostavka je da je spremnost korišćenja bankarskih usluga recipročna spremnosti korisnika ove tehnologije da obave i kupovinu na Web-u. S toga, može se reći da je još uvek nezadovoljavajuć nivo korišćenja bankarskih usluga, kupovine i plaćanja na Web-u u Republici Srbiji.

Istraživanja ukazuju da 12% trgovaca na malo koristi Internet, 22% trgovaca na malo pokazuje spremnost da postavi on-line prodavnicu na Internetu, dok 54% trgovaca na malo želi da njihova prodaja ostane u tradicionalnim osnovama [4, str. 123]. Kada je reč o *vrsti robe i usluga koje se najčešće plasiraju putem Interneta* na prvom mestu su knjige, a značajnu tražnju imaju i sportski proizvodi, kućne potrepštine, električni aparati, dok se najmanje korisnika Interneta u Republici Srbiji još uvek odlučuje za kupovinu hrane i prehrambenih proizvoda. U pogledu polne strukture potrošača u Republici Srbiji, žene su značajni kupci kućnih potrepština u domaćinstvu, dok gotovo celokupan promet na Web-u zabavnih aplikacija, igara i dodataka za igre obavlja muška populacija. Struktura robe koja se plasira pokazuje da osobe sa nižim nivoom obrazovanosti imaju učešće samo u kupovini odeće i sportskih proizvoda i proizvoda farmaceutske industrije (40,7% odnosno 59,3%, u odnosu na srednji nivo obrazovanosti 23,8% odnosno 5,6%, i viši i

visoki nivo obrazovanosti 10,4% odnosno 8,2%) [6, str. 47]. Većina kupaca na Internetu u Republici Srbiji svoje *poverenje daju domaćim trgovcima*, sa proverenim imenom, upravo zbog rizika koji je prisutan kada je reč o inostranim elektronskim trgovcima, barijera u elektronskom plaćanju i vremenu dostave naručenog proizvoda koje je znatno duže kada se kupuje iz inostranstva, kao i cene dostave koja često premašuje cenu samog proizvoda.

4. IMPLEMENTACIJA ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI

Donošenjem Zakona o elektronskoj trgovini (29.05.2009., "Službeni glasnik Republike Srbije, br 41-09) izgrađen je pravni i institucionalni okvir za razvoj i implementaciju elektronske trgovine u Republici Srbiji. *Zadatak Vlade Republike* je afirmacija i povećanje upravljanja znanjem kroz intenzivnu edukaciju državnih organa, organizacija i građana, kako bi se stvorili preduslovi za pravno uređenje elektronske trgovine i povećanje poverenja [5, str. 552]. Edukacijom stanovništva obezbeđuje se osnova za upotrebu elektronske trgovine, a konstantnim unapređenjem bezbedonosnih mera u plaćanju – *poverenje* u elektronsku trgovinu. Zakonska i etička pitanja koja se odnose na elektronsku trgovinu, a koje država mora obuhvatiti svojim pravnim aktima su [2, str. 284]: pitanje privatnosti, pitanje intelektualnog vlasništva, neželjenih komercijalnih elektronskih poruka, pitanje slobode govora, pitanje zaštite potrošača i trgovaca, druga zakonska pitanja (validnost ugovora, pravne nadležnosti u trgovini, politika šifrovanja i sl.).

Web prezentacije u Republici Srbiji na prvom mestu nude osnovne informacije o trgovinskim organizacijama, sa malim potencijalom razvoja elektronske prodaje. Sa pojavom Internet kartica koje izdaju banke obezbeđen je uslov za prodaju i plaćanje na mreži. Za implementaciju elektronske trgovine neophodno je obezbediti nesmetan i siguran protok finansijskih sredstava. Sigurnost sistema plaćanja podrazumeva tehničke i zakonodavne uslove koje je neophodno sinhronizovati između učesnika koji uspostavljaju pravne i poslovne odnose u elektronskoj trgovini. Pokazatelji za Republiku Srbiju ukazuju da organizacije koja se bave elektronskom trgovinom u veoma malom broju obavljaju i on-line plaćanja, što ukazuje na još uvek *nerazvijene veze između organizacija i bankarskih institucija*. Više od 60% trgovaca na malo i veliko u Srbiji obezbeđuju pristup i informisanje o njihovim proizvodima kroz on-line kataloge i cenovnike proizvoda, a samo 20% obezbeđuje i naručivanje samih proizvoda preko Web sajta [6, str. 104]. Iz iznetog proizilazi nedovoljna spremnost za implementaciju elektronske trgovine, ali postojanje institucionalnog osnova za budući razvoj.

Promet elektronske trgovine u Republici Srbiji u poslednjih pet godina je u neznatnom porastu, kao i u zemljama u okruženju, i ne prelazi 10% ukupnog prometa, u odnosu na SAD gde se oko 70% trgovine obavlja elektronski i zemalja Evropske unije gde je ona na nivou od oko 40% ukupnog prometa [3]. U Republici Srbiji je slabo razvijena B2B elektronska trgovina, dok je u pojedinim tržišno razvijenim zemljama B2B elektronska trgovina uslov poslovanja privrednih organizacija. Kad je reč o B2C

elektronskoj trgovini oko 200 elektronskih prodavnica obavlja plasman i plaćanje elektronski, pojedini trgovinski lanci imaju razvijeno elektronsko naručivanje proizvoda preko sajta uz ograničenja dostave, a određeni nivo razvijenosti u Republici Srbiji ima segment turističkih usluga, kod rezervisanja i kupovine karata.

Izvesno je da elektronska trgovina ima perspektivu kroz širenje pristupa Internetu kod stanovništva i ulaganja u ovaj inovativan način plasmata kod organizacija. Gotova svaka organizacija koristi neki vid Interneta ili pak sprovodi pasivnu strategiju elektronske trgovine postojanjem Web prezentacija. Sa povećanjem broja korisnika Interneta, većom informisanošću kupaca o načinu kupovine i plaćanja, kreiranjem interaktivnih elektronskih prodavnica, jačanjem poverenja u elektronsku trgovinu sprovedenjem Zakona o elektronskoj trgovini, obezbeđuje se rast primene i implementacija elektronske trgovine u Republici Srbiji.

5. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući implementaciji elektronske trgovine obezbeđuje se celokupna konkurentnost privrede Republike Srbije na globalnom tržištu. Sagledavanjem ekonomskih, tehnoloških i socioloških faktora moguć je uvid u implementaciju elektronske trgovine i kreiranje konkretnih strategija koje će dovesti do komparativnih prednosti i koristi koje mogu imati pojedinci, trgovinske organizacije, a samim tim i Republika Srbija. Prepreke se prevazilaze sveobuhvatnim merama širenja informaciono-komunikacionih mreža, pogodnostima za domaćinstva kao i subvencioniranjem privrednih organizacija u razvoju ove oblasti. Većina kupaca na Internetu u Republici Srbiji svoje *poverenje daju domaćim trgovcima*, sa proverenim imenom, upravo zbog rizika koji je prisutan kada je reč o inostranim elektronskim trgovcima, barijera u elektronskom plaćanju i vremenu dostave naručenog proizvoda koje je znatno duže kada se kupuje iz inostranstva, kao i cena dostave koja često premašuje cenu samog proizvoda. Iz podataka o informacionoj pismenosti u Republici Srbiji, korišćenju Interneta u poslovne svrhe od strane organizacija, navikama u kupovini na Web-u, kao i prometu elektronske trgovine može se uvideti nedovoljna spremnost za implementaciju elektronske trgovine, ali postojanje institucionalnog osnova za budući razvoj. Perspektiva primene i implementacije elektronske trgovine u Republici Srbiji obezbeđuje se povećanjem broja korisnika Interneta, većom informisanošću kupaca o načinu kupovine plaćanja, kreiranjem interaktivnih elektronskih prodavnica i jačanjem poverenja u elektronsku trgovinu sprovedenjem Zakona o elektronskoj trgovini.

LITERATURA

- [1] E. Turban, Electronic commerce 2010, Pearson Prentice Hall, New Jersey, pp. 66, 2010.
- [2] J. Končar, Elektronska trgovina, Ekonomski fakultet Subotica, Subotica, str. 284, 2008.
- [3] N. Marković, Elektronska trgovina: Slučaj Srbija, Biznis i finansije, br. 44, jun 2008.

- [4] S. Lovreta, J. Končar, G. Petković, Kanali marketinga - trgovina i ostali kanali, Centar za izdavačku delatnost, Ekonomski fakulteta u Beogradu, str. 123, 2011.
- [5] S. Lovreta, Strategija razvoja trgovine Republike Srbije, Centar za izdavačku delatnost, Ekonomski fakulteta u Beogradu, str. 550-552, 2009.
- [6] Upotreba informaciono-komunikacione tehnologije u Republici Srbiji, 2010., Republički zavod za statistiku Srbije, Beograd, 2010.
- [7] www.internetworldstat.com, 19.01.2011.

PRIMJENA DIZAJNA ORJENTISANOG NA KORISNIKE U RAZVOJU WEB PORTALA ZA OSOBE SA HENDIKEPOM

APPLICATION OF USER CENTER DESIGN FOR DEVELOPMENT OF WEB PORTAL FOR PEOPLE WITH DISABILITIES

Jelica Kasalica, Igor Ognjanović, Snežana Šćepanović *Fakultet za Informacione Tehnologije, Univerzitet Mediteran*

Sadržaj – U radu je predstavljen razvoj Web portala za osobe sa hendikepom. primjenom metodologije dizajna orjentisanog na korisnike. Primjena ove metodologije podrazumijeva uključivanje korisnika u sve faze razvoja što kao rezultat ima kreiranje interfejsa koji je upotrebljiv za korisnike.

Abstract – This paper presents development of Web portal for people with disabilities using User Center Design (UCD) methodologies. User-Centered Design (UCD) is a user interface design process that focuses on usability goals and user characteristics in the design of an interface.

1. UVOD

Savremene Web tehnologije omogućile su sasvim nove načine za pristup informacijama i interakciju. Ovo je od posebnog značaja za osobe sa hendikepom koje pomoću Weba imaju mogućnost da postanu ravnopravni učesnici u društvu. Pristupačni Web sajtovi omogućavaju da sadržaj postane dostupan osobama sa različitim vrstom hendikepa uz pomoć čitača ekrana ili uređaja kao što je dinamička Breilova tastatura. Takođe, Web pruža niz drugih mogućnosti za osobe sa hendikepom kao što su učenje ili razmjena informacija.

Nažalost, ove mogućnosti nisu realnost na Webu. Veliki broj web sajtova nije pristupačan a mnogi softverski alati za Web nisu dizajnirani za ljude sa hendikepom. Sve ovo čini Web resurse nedostupnim za ljude sa hendikepom i onemogućava ih da postanu ravnopravni učesnici u društvu. Posljednjih deset godina ovaj problem postaje prepoznat tako da je Evropska komisija od 2006. godine [1] uvrstila Web pristupačnost kao jedan od prioriteta u postizanju e-inkluzije u informacionom društvu. U ovom radu prikazana je metodologija koju smo koristili za razvoj grafičkog korisničkog interfejsa Web portala koji će biti pristupačan i upotrebljiv za osobe sa hendikepom. Inicijativu za kreiranje Web portala pokrenulo je Udruženje mladih sa hendikepom sa ciljem poboljšanja mogućnosti za pristup informacijama svim ljudima sa hendikepom u Crnoj Gori.

Specifičnost metodologije koju smo primjenili ogleda se u tome što smo u realizaciji Web portala aktivno uključili i osobe sa hendikepom. Zahtjevi koje su iznijeli bili su osnov za iterativni proces projektovanja korisničkog interfejsa. U cilju postizanja upotrebljivosti Web portala kreirali smo nekoliko verzija prototipova koji su testirani sa budućim korisnicima. Na osnovu rezultata testiranja i evaluacije kreirana je konačna verzija Web portala koji je pristupačan i upotrebljiv za osobe sa hendikepom.

2. WEB PRISTUPAČNOST I UPOTREBLJIVOST

Pristupačnost se u najširem smislu odnosi na mogućnost upotrebe određenog proizvoda (uređaja, sistema, okruženja ili procesa) pod različitim okolnostima, u različitim situacijama i od strane svih ljudi bez obzira na individualne ili socijalne

razlike. Osnovni cilj pristupačnosti je kreiranje proizvoda koji će biti „upotrebljivi za sve korisnike“ pri čemu prioritet može biti upotrebljivost za osobe sa hendikepom, starije korisnike, djecu ili neku drugu grupu korisnika sa specijalnim potrebama.

Kada je riječ o pristupačnosti Web sajtova (Web pristupačnost, eng. Web Accessibility) postoje određene specifičnosti. Savremene Web tehnologije omogućavaju kreiranje resursa (tekst, audio, video) na Web sajtovima u različitim formatima tako da oni mogu biti pristupačni za sve osobe sa hendikepom. U tom smislu Web je jedini medijum koji može biti dostupan svim korisnicima. Web pristupačnost znači da osobe sa hendikepom mogu da razumiju i koriste resurse na Web sajtu kao i da vrše interakciju putem Weba.

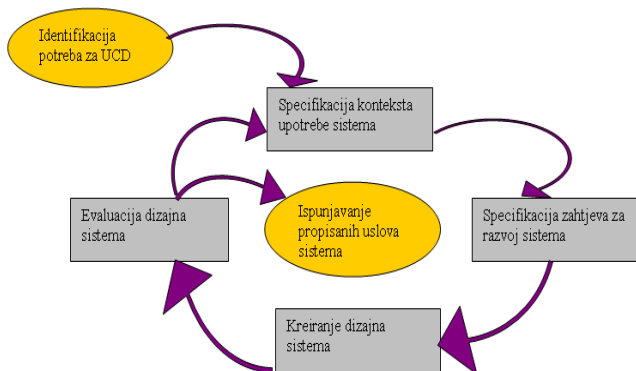
Kreiranje pristupačnih Web sajtova podrazumijeva dizajniranje upotrebljivog korisničkog interfejsa i primjenu Web standarda u tehničkoj realizaciji [2]. Standarde za kreiranje pristupačnih Web resursa preporučuje organizacija W3C (World Wide Web Consortium) u okviru inicijative za Web pristupačnost [3]. Preporuke ove organizacije prihvaćene su od strane vodećih proizvođača softvera, neprofitnih organizacija i šire akademske zajednice.

Mnogo teži zadatak od primjene tehničkih standarda u kreiranju pristupačnog Web sajta je dizajniranje upotrebljivog korisničkog interfejsa. Internacionalna organizacija za standarde definiše standard ISO 9241-11 u kojem se upotrebljivost opisuje kao „mjera u kojoj proizvod može koristiti krajnjim korisnicima da efektno, efikasno i sa zadovoljstvom ostvare specifične ciljeve u određenom kontekstu upotrebe“ [4]. Upotrebljiv korisnički interfejs ima presudnu ulogu za uspjeh proizvoda, posebno kada su korisnici osobe sa hendikepom.

Upotrebljivost korisničkog interfejsa može se postići primjenom metodologije dizajna orjentisanog na korisnike (User Centered Design - UCD). UCD u najširem smislu predstavlja proces dizajniranja u kojem su korisnici aktivno uključeni u razvoj proizvoda [5]. Uključivanje korisnika u sve faze razvojnog procesa obezbjeđuje da krajnji proizvod bude dizajniran u skladu sa potrebama korisnika.

3. UCD PROCES

Internacionalni standard ISO 13407 [6] pod nazivom "Dizajn orjentisan na korisnike za interaktivne sisteme" (ISO 13407: Human-centred design process) opisuje način za primjenu UCD-a u razvoju sistema. Ovaj standard definiše konceptualni model, odnosno aktivnosti koje je potrebno sprovesti u procesu razvoja interaktivnog sistema pri čemu nisu specificirane egzaktne metode koje se primjenjuju u različitim fazama.



Slika 1. Faze u procesu UCD-a

Proces UCD-a (slika 1.) odvija se iterativno kroz četiri faze. Početna aktivnost je specifikacija konteksta upotrebe sistema koja podrazumijeva definisanje korisnika sistema, prikupljanje zahtjeva od strane korisnika kao i definisanje načina na koji će korisnici upotrebljavati sistem (kada, u kojim okolnostima, koliko često i sl.). Zatim se vrši specifikacija zahtjeva za razvoj sistema gdje je potrebno definisati funkcionalne i nefunkcionalne zahtjeve za razvoj sistema u skladu sa potrebama korisnika. Kreiranje i evaluacija dizajna sistema su procesi koji se odvijaju paralelno kroz niz faza, pri čemu svaka faza podrazumijeva aktivno uključivanje korisnika. Dizajn se razvija kroz niz iteracija od grube skice (Low-Fi prototip) do interaktivnog prototipa (Hi-Fi prototip) sistema.

UCD je metodologija razvoja sistema koja podrazumijeva aktivno uključivanje korisnika u planiranje, razvoj i dizajn sistema. UCD se može okarakterisati kao iterativan proces, gdje dizajneri nemaju samo zadatak da analiziraju i predvide način interakcije korisnika sa sistemom, već i da testiraju svoje pretpostavke u realnom vremenu sa stvarnim korisnicima.

Cilj primjene ISO 13407 standarda u razvoju interaktivnog sistema je kreiranje proizvoda koji je upotrebljiv za krajnje korisnike što je jedan od osnovnih zahtjeva u postizanju kvaliteta softvera [7,8,9].

4. RAZVOJ PROTOTIPA WEB PORTALA ZA OSOBE SA HENDIKEPOM

Osnovni cilj razvoja Web portala za osobe sa hendikepom je poboljšanja mogućnosti za pristup informacijama svim ljudima sa hendikepom u Crnoj Gori. Ključni zahtjevi u razvoju Web portala za osobe sa hendikepom su pristupačnost i upotrebljivost. Iz tog razloga u razvoju Web

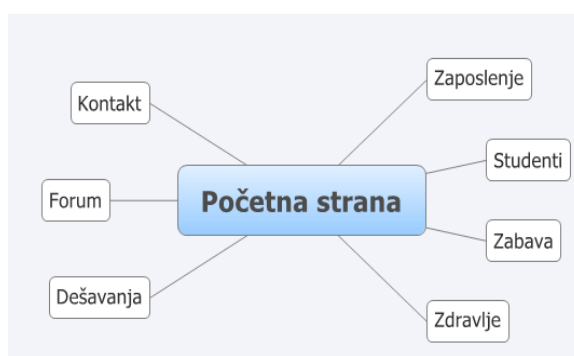
portala primijenili smo UCD metodologiju koja se zasniva na ISO 13407 standardu.

U početnoj fazi izvršili smo specifikaciju konteksta upotrebe sistema. U tom cilju potrebno je da se definišu korisnici sistema – persone. Presone predstavljaju prototip stvarnih korisnika. Opis persone obuhvata kraću biografiju, interesovanja kao i ciljeve koje persona želi da ostvari upotrebom sistema. Persone koje su učestvovala u razvoju interaktivnog dizajna portala za osobe iz Udruženja mladih sa hendikepom Crne Gore.

U sledećoj fazi vrši se specifikacija zahtjeva sistema na osnovu potreba korisnika. U ovoj fazi izvršeni su intervjui sa izabranim personama sa ciljem da se objektivno sagledaju stvarne potrebe i zahtjevi korisnika. U toku intervjua ispitanici su iznijeli mišljenja da su osobe sa hendikepom nedovoljno uključene u informaciono društvo, da ne postoji dovoljan broj pristupačnih web sajtova kao i da putem Weba teško dolaze do informacija vezanih za obrazovanje i zaposlenje. Jedan od važnih zahtjeva bio je da portal za osobe sa hendikepom ne smije sadržati previše fotografija i video materijala jer čitači ekrana takve elemente još uvijek ne mogu da obrade na pravilan način i daju tačan output korisniku. Pored toga, ispitanici su izrazili zahtjev da svi dijelovi Web portala budu u potpunosti prilagođeni, u smislu mogućnosti za mijenjanje kontrasta boja i uvećanja ili smanjenje teksta. Kada je riječ o sadržaju Web portala dobili smo različite odgovore vezane za oblasti koje portal mora sadržati. Najvećem broju ispitanika cilj je bio da na jednom mjestu može da pronađe što više informacija od obrazovanja, zdravlja, zaposlenja, informisanosti pa do zabave.

5. UCD DIZAJN I EVALUACIJA PROTOTIPA

Treća i četvrta faza UCD procesa predstavljaju kreiranje i evaluaciju dizajna korisničkog interfejsa Web portala. U trećoj fazi UCD procesa definisali smo prvu verziju navigacionog sistema Web portala (slika 2.) Prethodno smo pregledali raspoloživu literaturu iz oblasti i izvršili komparativnu analizu Web sajtova namijenjenih osobama sa hendikepom u zemlji i okruženju. Osnovne kategorije navigacionog sistema su: Zaposlenje, Studenti, Zabava, Zdravlje, Dešavanja, Forum i Kontakt.



Slika 2. Prva verzija navigacionog sistema

U toku analize i evaluacije prve verzije navigacionog sistema korisnici uključeni u razvoj portala (persone) iznijeli su zahtjev za proširenjem sadržaja Web portala. Na osnovu toga izvršeno je proširenje sadržaja i kreirana je druga -

konačna verzija navigacionog sistema koji sadrži sledeće oblasti: Početna strana, O nama, Prava osoba sa invaliditetom, Obrazovanje, Obavještenje, Zdravlje, Zaposlenje, Kultura i umjetnost, Smostalni život, Organizacija osoba sa invaliditetom, Pristupačnost, Informacije, Zabava, Forum i Kontakt (slika 3).



Slika 3. Druga verzija navigacionog sistema

Sledeći korak u razvoju dizajna Web portala bio je definisanje low-fi prototipa. Za kreiranje low-fi prototipa koristili smo mock-up model [10] koji podrazumijeva kreiranje skica interfejsa na papiru. Ovaj model pogodan je za upotrebu u ranim fazama razvoja jer je razumljiv krajnjim korisnicima a ujedno omogućava brze izmjene dizajna odnosno definisanje pozicije elemenata interfejsa u skladu sa zahtjevima korisnika.

U testiranju low-fi prototipa Web portala (slika 4.) učestvovala su prethodno opisane persone kao i tri osobe različite starosti, pola, obrazovanja, interesovanja i mjesta boravka koje predstavljaju sekundarne korisnike [11]. Svim korisnicima (primarnim i sekundarnim) dodijeljeni su određeni zadaci koje je trebalo da izvrše na Web portalu nakon čega su ocjenjivali efikasnost i efektivnost interfejsa kao kvalitet rasoreda osnovnih komponenti navigacionog sistema. Zadaci se zasnivaju na prethodno kreiranim scenarijima upotrebe Web portala. Važno je istaći da se u UCD metodologiji scenarije upotrebe kreiraju dizajneri zajedno sa korisnicima.



Slika 4. Low-fi prototip korisničkog interfejsa

Na osnovu rezultata evaluacije i testiranja low-fi prototipa kreirali smo prvu verziju hi-fi prototipa Web portala (slika 5.). High-fi prototip je interaktivna digitalna verzija prototipa koja sadrži mnogo više detalja i omogućava analizu interakcije između korisnika i sistema.



Slika 5. Prva verzija Hi-fi prototipa

Prva verzija hi-fi prototipa je osnova za dalji razvoj, nadogradnju i kreiranje narednih verzija hi-fi prototipa kao i konačne verzije portala. Na isti način kao kod low-fi prototipa, uključivanjem korisnika izvršena je evaluacija i testiranje prve verzije hi-fi prototipa Web portala. Rezultati testiranja hi-fi prototipa ukazali su da je potrebno izvršiti određene izmjenjene koje su se prije svega odnosile na usklađenost boja, dimenzije i raspored elemenata korisničkog interfejsa.

Za realizaciju Hi-fi prototipa korišćen je Joomla! softver i implementirani su W3C standardi za Web pristupačnost. Prilikom testiranja nisu se javljale greške i korisnici su dobijali povratne informacije zadovoljavajućom brzinom. Na slici 6. prikazana je druga verzija hi-fi prototipa Web portala.



Slika 6. Druga verzija Hi-fi prototipa

U daljem radu planirano je konstantno testiranje pristupačnosti Web portala u smislu primjene tehničkih standarda kao i optimizacija prethodno opisanog rješenja Web portala dodavanjem novih modula ili izmjenom postojećih. Shodno UCD metodologiji korisnici će i u sledećim iteracijama dizajna imati ključnu ulogu u procesu testiranja i evaluacije.

6. ZAKLJUČAK

UCD je metodologija razvoja sistema koja podrazumijeva aktivno uključivanje korisnika u planiranje, razvoj i dizajn sistema. Prema ovoj metodologiji uključivanjem korisnika u sve faze razvoja postiže se upotrebljivost sistema. U ovom radu prikazali smo način za primjenu UCD metodologije za razvoj Web portala za osobe sa hendikepom.

Ključni zahtjevi u razvoju Web portala za osobe sa hendikepom su pristupačnost i upotrebljivost. U cilju postizanja upotrebljivosti Web portala u razvoju smo koristili UCD metodologiju koja se zasniva na ISO 13407 standardu. Primjena UCD metodologije omogućila je brz razvoj prototipa, uklanjanje grešaka u ranim fazama razvoja i kreiranje korisničkog interfejsa koji je upotrebljiv za osobe sa hendikepom. Upotrebljivost je važan faktor u postizanju kvaliteta proizvoda, pa u tom smislu uključivanje korisnika u rane faze razvoja, odnosno primjena UCD metodologije ima ključnu ulogu.

LITERATURA

- [1] Europe's e inclusion policy, preuzeto sa http://ec.europa.eu/information_society/activities/einclusion/policy/index_en.htm, 03.02.2011.
- [2] Henry, S.L. "Understanding Web Accessibility", Constructing Accessible Websites. Birmingham, UK: glasshaus, 2006.
- [3] W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), <http://www.w3.org/WAI/intro/wcag.php>
- [4] International Organization for Standardization ISO 9241-11. Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals, Part 11: Guidance on Usability, 1998.
- [5] C. Abras, D. Maloney-Krichmar, J Preece: User-Centered Design. In Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications, 2004.
- [6] ISO / IEC. 13407 Human-Centred Design Processes for Interactive Systems, ISO/IEC 13407: 1999 (E), 1999.
- [7] N. Bevan: Quality and usability: a new framework. In: Achieving software product quality, van Veenendaal, E, and McMullan, J (eds) Tutein Nolthenius, Netherlands, 2007.
- [8] N. Bevan and M. Azuma :Quality in use: Incorporating human factors into the software engineering lifecycle. In: Proceedings of the Third IEEE International Software Engineering Standards, 1997.
- [9] Symposium and Forum (ISESS'97), ISO/IEC CD 9126-1 Software quality characteristics and metrics - Part 1: Quality characteristics and sub-characteristics. , pp 169-179, 1997.
- [10] Mock-up model, preuzeto sa <http://www.interaction-design.org/encyclopedia/mock-ups.html>, 26.10.2010.
- [11] Web sajt projekta „Portal za osobe sa hendikepom“ <https://sites.google.com/site/invalidnostispecijalnepotrebe/>

SIMULACIJA DISPERZIJE VAZDUŠNIH POLUTANATA SA PRIMJEROM U MATLABU THE SIMULATION OF AIR POLLUTION DISPERSION WITH MATLAB EXAMPLE

Marinela Lazarević, Nikola Lazarević, Radovan Stojanović, *Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora*
Andrej Škraba, Marjan Senegačnik, *Univerzitet u Mariboru, Fakultet organizacionih nauka u Kranju, Slovenija*

Sadržaj – Modeliranje disperzije vazdušnih polutanata važan je sastavni dio studije uticaja industrijskih postrojenja na okolinu, kao i postupak za kontinuirano procjenjivanje nivoa zagađenosti sa stanovišta uticaja na okolinu i čovjekovo zdravlje. Dim koji se emituje iz industrijskih dimnjaka u atmosferu je klasičan slučaj koji izaziva zagađenje vazduha. Proces rasprostiranja dima presudno zavisi od atmosferske okoline, meteoroloških uslova, emisionih parametara, kao što su atmosferska stratifikacija, inicijalni impuls emisije i temperature, pravac vjetrova i brzina, kao i od turbulentnog ponašanja. U radu je prikazan analitički Gaussov model za dijagnozu i prognozu disperzije vazdušnih polutanata iz industrijskih izvora tačkastog tipa. Simulacioni model je implementiran u MATLABu. Uticaj različitih parametara kao što su klase atmosferske stabilnosti i brzina vjetrova su uzeti u obzir.

Abstract – Dispersion modeling of air pollutants is an important part of impact studies of industrial plants on the environment, as well as procedures for continuous assessment of pollution levels from the point of impact on the environment and human health. Smoke that is emitted from industrial chimneys into the atmosphere is a classic case of causing air pollution. The process of propagation of smoke definitely depends on the atmospheric environment, meteorological conditions, emission parameters, such as atmospheric stratification, the initial pulse emission and temperature, wind direction and speed, and turbulent behavior. The paper presents an analytical Gaussian model for diagnosis and prognosis of the dispersion of air pollutants from industrial sources. A simulation model is implemented in MATLAB programming. The influence of different parameters such as atmospheric stability class and wind speed are considered.

1. UVOD

Čist vazduh je jedan od osnovnih preduslova razvoja i opstanka života na zemlji. Intenzivna industrijalizacija i ubrzan tehnološki razvoj u svijetu negativno utiču na njegov kvalitet. Zbog prekomjernog transporta polutanata, zagađivanje vazduha danas predstavlja jedan od globalnih svjetskih problema. Dim koji se emituje iz dimnjaka u vazduh je klasičan slučaj koji izaziva zagađenje vazduha. Proces rasprostiranja dima presudno zavisi od atmosferske okoline, meteoroloških uslova, emisionih parametara, kao što su atmosferska stratifikacija, inicijalni impuls emisije i temperature, pravac vjetrova i brzina, kao i turbulentnog ponašanja, i drugih faktora. Što je veći broj izvora emisije, rasprostiranje dima i proces disperzije postaje složeniji.

Modeliranje disperzije vazdušnih polutanata važan je sastavni dio studije uticaja industrijskih postrojenja na okolinu, kao i postupak za kontinuirano procjenjivanje nivoa zagađenosti sa stanovišta uticaja na okolinu i čovjekovo zdravlje. Korištenjem podataka iz državnih i lokalnih mjernih stanica za praćenje kvaliteta vazduha moguće je utvrditi nivo zagađenja, ali ne i pravi izvor zagađenja (industrijski dimnjaci, i dr.) koji bi u incidentnim situacijama mogao smanjiti emisiju prelaskom na kvalitetnija goriva ili smanjenjem kapaciteta rada tog izvora [1], [2].

Gaussov model, prikazan u ovom radu, je zbog svoje jednostavnosti najčešće korišten model simulacije disperzije vazdušnih polutanata. Implementiran je u MATLAB-u nizom programskih funkcija proisteklih iz matematičkog modela. Klase atmosferske stabilnosti su uzete iz Pasquill-Guifordovih aproksimacija.

U radu su predstavljeni osnovni simulacioni dijagrami i ilustracija raspodjele u 3D prostoru i po različitim profilima za industrijske zagađivače tačkastog tipa. Razmatra se i problem više zagađivača na različitim lokacijama.

2. MATEMATIČKI MODELI ZA DISPERZIJU VAZDUŠNIH POLUTANATA

Modeli disperzije vazdušnih polutanata su matematički opisi ponašanja zagađivača vazduha u atmosferi. Postoji niz modela disperzije vazdušnih polutanata koji se koriste širom svijeta za rukovanje širokim spektrom uslova modeliranja.

Najčešći modeli disperzije vazduha su za stacionarna stanja, pravolinijski, kao što je Gaussov perjanica model. Ovi modeli izračunavaju koncentraciju zagađivača za svaki sat pod pretpostavkom meteoroloških uslova koji su uniformni za modelovanu oblast. Zbog stabilnog stanja i pravolinijske prirode ovih modela, oni se eksplicitno ne računaju za zakrivljene putanje perjanice i promjenljive uslove vjetrova koji se dešavaju u složenim situacijama disperzije.

U cilju tretiranja ove kompleksne situacije disperzije, postoje modeli koji tretiraju emisije kao serije oblaka polutanata (Puffs). Iako ovi modeli zahtijevaju više računarske snage, kao na primjer za praćenje oblaka polutanata koji predstavlja diskretne količine zagađivača tokom vremena, oni imaju prednost jer uključuju meteorološke uslove (vjetрови, turbulencija, vertikalna temperaturna struktura). Pored toga, mogu da se riješe akumulacija zagađenja prilikom stabilnih uslova, zakrivljena putanja perjanice, i efekti uzročnosti (gdje se prethodni položaj perjanice izračunava određivanjem trenutne pozicije perjanice). Pravolinijski - Gaussov i model zakrivljene putanje- Puff su samo dva primjera tipova. Uz ove vrste

modela, postoji nekoliko varijanti koje su posebno dizajnirane za jedinstvene situacije, kao što su hemijske transformacije i za gasove teže od vazduha. Matematički modeli uključuju jednostavne i sofisticirane modele koji opisuju procese u više detalja. Ovi modeli zahtijevaju više resursa, stručnost podešavanja, pokretanje i tumačenje izlaza.

Postoji širok spektar modela i tipova složenosti koji mogu biti podijeljeni u tri klase: screening, rafinirane i napredne.

Screening modeli su jednostavan i brz način da se procijeni "najgori slučaj" koncentracije koja se može eventualno desiti za datu emisiju. Oni ne zahtijevaju specifične meteorološke podatke za pojedine lokacije, po satu, kao ulaz, već su ugrađeni meteorološki podaci matrica koje predstavljaju spektar različitih kombinacija meteoroloških uslova koji bi se mogli eventualno desiti.

Rafinirani modeli uključuju detaljniji tretman atmosferskih procesa, zahtijevaju više ulaznih podataka, i obezbjeđuju prostor i vrijeme raspodjele koncentracije (ili taloženja). Rafinirani modeli uključuju više realizma (fizike i meteoroloških unosa) u cilju predviđanja koja su specifična za lokaciju i bliži su realnosti (teoriji) od screening modela predviđanja.

Napredni modeli uključuju sveobuhvatne tretmane za meteorologiju, emisiju i hemiju i zahtijevaju značajnu ekspertizu i resurse računara za podešavanja, pokretanje i interpretaciju rezultata.

Osim toga, modeli se dijele s obzirom na dalekosežnost. Tako se za modelovanje regionalne disperzije (domet do 1000 km) koriste Eulerov ili Lagrangeov model, dok se za modelovanje lokalne disperzije (domet 50 -100 km) koristi Gaussov model disperzije.

Za modelovanje lokalne disperzije-do 100 km od izvora - koristi se Gaussov model disperzije. U Gaussovom modelu pretpostavlja se da supstance koje se emituju ne učestvuju u hemijskim reakcijama u atmosferi, da su iz izvora nošene vjetrom pravolinijski, i da se miješaju s okolnim vazduhom i u vertikalnom i u horizontalnom pravcu. Uz te pretpostavke njihove koncentracije slijede normalnu Gaussovu raspodjelu.

3. MATEMATIČKI MODELI ZA DISPERZIJU VAZDUŠNIH POLUTANATA

U razvoju Gaussovog modela polazi se od Fickian-ovih [2] jednačina za turbulentni transfer u atmosferi, proširenih na tri dimenzije (x,y,z), izraz 1. Rješavanjem tih jednačina se dobija koncentracija polutanata kontinuirano emitovanih iz dimnjaka:

$$q(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left[\exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right] \quad (1)$$

gdje je:

q: koncentracija polutanata u atmosferi u tački (x,y,z), (µg/m³),

Q: emisija polutanata, (µg/s),

u(z): brzina vjetra na efektivnoj visini z emisije, (m/s),

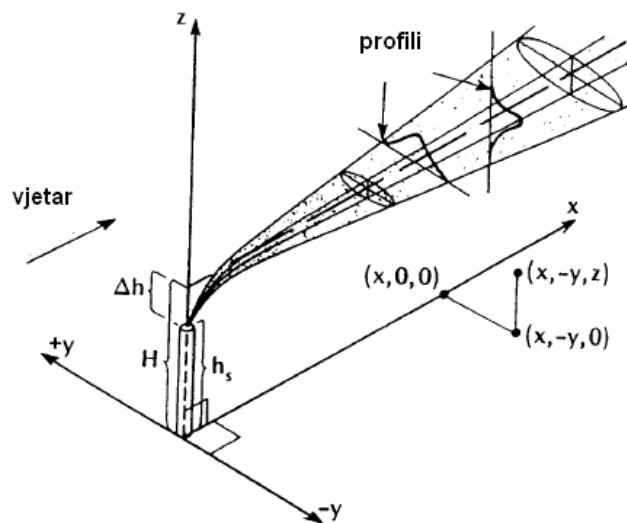
y: poprečna udaljenost od ose dimne perjanice, (m),

H: efektivna visina dimnjaka na udaljenosti x od dimnjaka, (m), $H = h_s + \Delta h$

σ_y : standardna devijacija koncentracije emitovane supstance u horizontalnom smjeru na udaljenosti x od dimnjaka, (m),

σ_z : standardna devijacija u vertikalnom smjeru, (m).

Treba napomenuti da je ovo uprošteni model. U složenijem slučaju se izračunava Δh uzimajući u obzir brzinu dima na izlazu iz dimnjaka, njegov poprečni presek, ubrzanje zemljine teže, temperaturu polutanta neposredno po izlasku i spoljnu temperaturu. Takođe, u jednačini se ne uzima efekat refleksije od površine zemlje u kojem slučaju se dodaje još jedan eksponencijalni član po principu „ogledanja“ [2].



Slika 1 : Izgled zvonastog oblika raspodjele koncentracija u poprečnom presjeku na nekoj nizstrujnoj udaljenosti od izvora (dimnjaka).

4. GAUSSOVI KOEFICIJENTI DISPERZIJE I ATMOSFERSKE KLASSE STABILNOSTI

U Gaussovom modelu disperzija vazdušnih polutanata u horizontalnom i vertikalnom pravcu se dešava jednostavnim širenjem dimne perjanice u smjeru vjetra.

Parametri δy i δz opisuju horizontalnu i vertikalnu disperziju polutanata na raznim udaljenostima niz vjetar od izvora, kao funkcija različitih atmosferskih uslova stabilnosti. Tako izračunate koeficijente koristimo za izračunavanje koncentracija polutanata pomoću dobijenih funkcija raspodjele. Pasquill je korištenjem eksperimentalnih podataka postavio 6 tipova atmosferskih uslova, počevši od najnestabilnije do stabilne atmosfere, nazvanih A, B, C, D, E i F, tzv. klase stabilnosti. Koeficijente atmosferske disperzije prema Pasquill-Guiford-ovim klasama stabilnosti postavio je Turner (1995) za korištenje u Industrial Source Complex (ISC) modelu disperzije razvijenom kod USEPA-e (1995). U radu je korištena Tabela 1, za Pasquillove kategorije[2].

Pasquill-ove kategorije	$\sigma_y (m)$	$\sigma_z (m)$
Na otvorenom		
A	$0.22x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.20x$
B	$0.16x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.12x$
C	$0.11x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.08x(1+0.0002x)^{-0.5}$
D	$0.08x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.06x(1+0.00015x)^{-0.5}$
E	$0.06x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.03x(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x(1+0.0001x)^{-0.5}$	$0.016x(1+0.0003x)^{-1}$
Urbana sredina		
A-B	$0.32x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.022x(1+0.001x)^{0.5}$
C	$0.22x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.20x$
D	$0.16x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.14x(1+0.0003x)^{-0.5}$
E-F	$0.11x(1+0.0004x)^{-0.5}$	$0.08x(1+0.0015x)^{-0.5}$

Tabela 1 : Jednačine za izračunavanje koeficijenta disperzije u zavisnosti od klasa stabilnosti.

Tendencija da se odupre ili poboljša vertikalno kretanje atmosfere i samim tim turbulencija se naziva stabilnost atmosfere. Stabilnost se odnosi na promjene temperature sa visinom i brzinom vjetera. Stabilnost atmosfere izuzetno utiče na intenzitet procesa turbulentnog miješanja u prizemnom sloju. Neutralna atmosfera niti pojačava niti sprečava mehaničku turbulenciju. Nestabilna atmosfera poboljšava turbulencije, pa je širenje polutanata znatno brže, što dovodi i do brzog pada koncentracije, dok stabilna atmosfera sprečava mehaničku turbulenciju. U stabilnoj atmosferi ovaj proces je slab i svodi se na difuziju stranih materija, odnosno disperziju polutanata. Turbulencija u atmosferi je daleko najvažniji parametar koji utiče na disperziju polutanata. Što je veća nestabilnost atmosfere, veća je disperzija. Klase stabilnosti su definisane za različite meteorološke situacije, koje karakterišu brzina vjetera i sunčevog zračenja tokom dana i pokrivenost oblacima u toku noći. Za određivanje stepena stabilnosti atmosfere koristi se metoda Pasquill-ovih klasa stabilnosti, prikazana u Tabeli 2.

Vjetera brzina na 10 m (m/s)	Dan			Noć	
	Sunčevno zračenje		Negativni bilans zračenja		
	Jako	Umjereno	Blago	Malo oblačno	Pretežno oblačno
< 2	A (s = 1)	A-B	B (s = 2)		
2-3	A-B	B	C (s = 3)	E (s = 5)	F (s = 6)
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D (s = 4)	D	D
>6	C	D	D	D	D

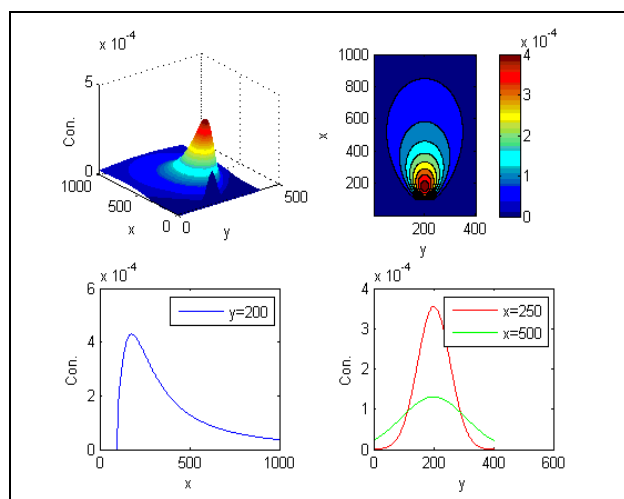
Tabela 2: Pasquill-ove klase stabilnosti (definisane by Turner).

5. MATLAB ANALITIČKO RJEŠENJE

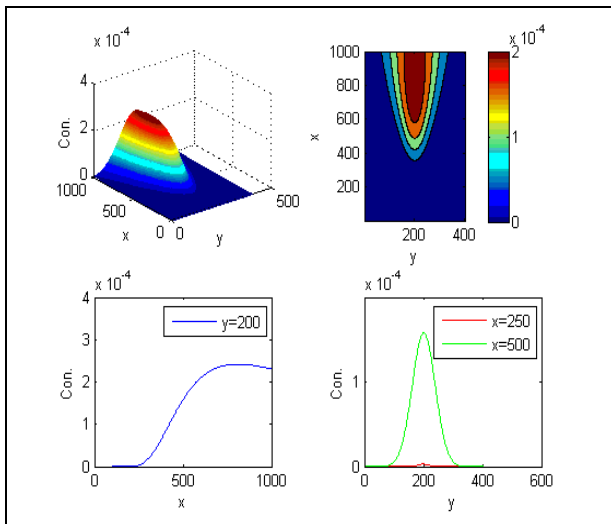
Gaussov model disperzije je simuliran u Matlabu [3]. Za tu svrhu su napravljene posebne funkcije. Razmatran je industrijski dimnjak koji se može nalaziti na lokaciji (x_p, y_p) .

Pretpostavlja se da je površina tla ravna, $z=0$. U programu se zadaju i granice koordinata x i y (x_{max} , y_{max}), kao i ostali parametri, brzina vjetera, visina dimnjaka i emisija polutanata. Na slikama 2. i 3. su prikazani dijagrami raspodjele koncentracije vazdušnih polutanata iz tačkastog izvora na nivou zemlje za različite slučajeve u slučaju jednog dimnjaka, dok slika 4. daje raspodjelu koncentracije za dva izvora na različitim lokacijama („multisourcing“) i pod različitim vremenskim uslovima.

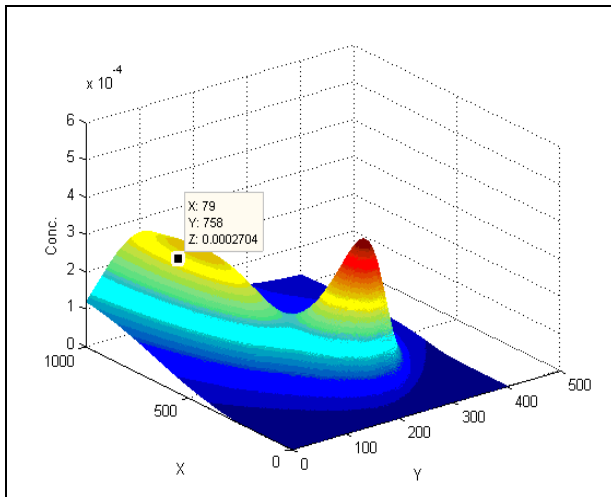
Na slici 5. prikazan je blok dijagram modela.



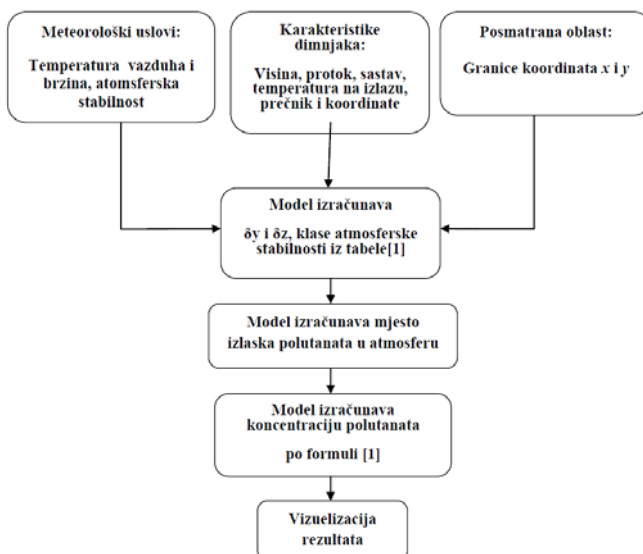
Slika 2: Vremenski uslovi A, $Q=5 \mu\text{g/s}$, $u=1\text{m/s}$, $H=50\text{m}$, $x_p=100\text{m}$, $y_p=200\text{m}$, $x_{max}=1000\text{m}$, $y_{max}=400\text{m}$, 3D prikaz raspodjele koncentracije (gore lijevo), konturni prikaz (gore desno), koncentracija po x osi za $y=200\text{m}$ (dolje lijevo), koncentracija po y osi za $x=250\text{m}$ i 500m (dolje desno).



Slika 3: Vremenski uslovi $D, Q=5 \mu\text{g/s}$, $u=1\text{m/s}$, $H=50\text{m}$, $x_p=10\text{m}$, $y_p=200\text{m}$, $x_{\text{max}}=1000\text{m}$, $y_{\text{max}}=400\text{m}$, 3D prikaz raspodjele koncentracije (gore lijevo), konturni prikaz (gore desno), koncentracija po x osi za $y=200\text{m}$ (dolje lijevo), koncentracija po y osi za $x=250\text{m}$ i 500m (dolje desno)



Slika 4: Raspodjela kon. za slučaj 2 izvora. Superpozicija.



Slika 5: Blok dijagram modela

6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan i primijenjen složeni računarski model disperzije polutanata iz industrijskih izvora. Kod je napisan u MATLAB-u, a predstavljeni su rezultati simulacije u cilju verifikacije. Matematički model baziran je na Gaussovom modelu za disperziju vazdušnih polutanata iz kontinuiranog tačkastog izvora. Gaussov model se veoma široko koristi za procjenu lokalnog nivoa zagađenja. Nekoliko primjera o efektima meteoroloških parametara na disperziju polutanata, kao što su brzina vjetera, temperatura vazduha, atomsferska stabilnost su ilustrovane pomoću programa. Program se može koristiti kao sredstvo za obuku tokom studije zagađenja vazduha kao i za prikazivanje efekata temperature vazduha, koeficijenta disperzije, izlazne temperature, visine dimnjaka, izlazne brzine, brzine vjetera, i izlazne koncentracije na disperziju polutanata.

LITERATURA

- [1] Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, EPA-454/B-95-003b, 1992.
- [2] P. Aarne Vesilind, J. Jeffrey Peirce and Ruth F. Weiner. Environmental Engineering. Butterworth Heinemann, 1994.
- [3] Matlab - Modelling, Programming and Simulations- Edited by Emilson Pereira Leite, 2010.
- [4] Guidelines For Air Quality Dispersion Modelling in British Columbia, 2008.
- [5] Stern, A.; Boubel, R.; Turner, D.; Fox, D., „Fundamentals of Air Pollution“, 1984.
- [6] U.S. E.P.A., U.S. Environment Protection Agency. <www.epa.gov>

ZAHVALNOST: Rad je pomognut Bilateralnim projektom izmedju Crne Gore i Slovenije „Razvoj simulacionih modela disperzije štetnih zagadjivača u procesu rešavanja kriznih situacija“.

MOGUĆNOSTI PRIMENE E-OBRAZOVANJA U ZDRAVSTVU THE POSSIBILITIES OF THE E-LEARNING APPLICATIONS IN THE HEALTHCARE SYSTEM

Milovan Obradović, Vojnomedicinska akademija, Beograd

Sadržaj – E-obrazovanje ima svoju tradiciju s podrškom u modernoj tehnologiji i tako postaje značajan element celoživotnog obrazovanja. Sa uvođenjem informaciono komunikacionih tehnologija u obrazovni sistem možemo uticati na efikasnost obrazovanja, usavršavanje posredovanja znanja na različite načine koji eliminišu barijere vremena i prostora. U zdravstvenom sistemu potrebni su efikasni načini i različite mogućnosti koje će prepoznati potrebe i biti garancija kontinuiranog profesionalnog razvoja zaposlenih u oblasti obrazovanja. Razvoj savremene informaciono komunikacione tehnologije, sve veća otvorenost i spremnost stručnih radnika da slede nova informaciona rešenja, formiraju pogodnu klimu za uvođenje e-obrazovanja u zdravstveni sistem.

Abstract – E-learning, with its own tradition and supported by modern technologies, is becoming an important element in the all-life education. With the introduction of information and telecommunication technologies into the education system, we can influence the effectiveness of learning and improve the mediation of knowledge in different ways, abolishing time and space obstacles. In the healthcare system, we are looking for the effective ways and possibilities which will follow the needs and guarantee the continual professional development of those who work in the education system. The development of modern information and telecommunication technologies, growing openness and readiness of employees to follow the new informational solutions, form a suitable environment for the introduction of the e-learning in the healthcare system.

1. UVOD

Razvoj i usavršavanje informaciono komunikacionih tehnologija (IKT) zauzimaju značajno mesto u svim segmentima ljudske delatnosti, pa tako i u obrazovanju. Obrazovanje, kao jedan od najvitalnijih interesa svakog pojedinca i oblast od posebnog društvenog interesa razvojem Interneta dobilo je nove podsticaje. Klasične metode obrazovanja sada se pomoću IKT i Interneta, mogu dopuniti novim elektronskim i interaktivnim mogućnostima čime ga čine delotvornijim i kvalitetnijim. IKT omogućavaju potpuno drugačiji način komunikacije i nezavisnost od vremena i prostora, učenje mimo utvrđenog prostora, usvajanje edukativnih sadržaja na jednostavniji i zanimljiviji način što su sigurno prednosti e-obrazovanja u odnosu na klasični način obrazovanja.

Na fakultetima, institutima i drugim obrazovnim institucijama stalno se traže efikasni načini i različite mogućnosti koje će omogućiti potrebu i garanciju kontinuiranog profesionalnog razvoja radnika svih profila. Razvoj savremenih IKT, sve veća otvorenost i spremnost učenika, studenata i zaposlenih radnika da koriste nove trendove korišćenja informacionih tehnologija, stvara pogodnu klimu za uvođenje e-obrazovanja. E-obrazovanjem se u obrazovnom procesu sistematski eliminišu različite prepreke a klasični načini obrazovanja upotpunjuju novim sadržajima i oblicima oslonjenim na IKT. Zbog niza prednosti (fleksibilnost vremena i mesta obrazovanja) e-obrazovanje postaje efikasan i ekonomičan način obrazovanja i uvodi se kao kvalitetna dopuna tradicionalnom obrazovanju i usavršavanju.

Potrebe za permanentim obrazovanjem u zdravstvu proizilaze iz činjenice da se u ovoj oblasti dešavaju veoma frekventne promene u oblasti istraživanja i novih otkrića u

oblasti dijagnostike i lečenja, uvođenja novih hirurških metoda, uvođenja novih sofisticiranih tehnologija, otkrića i uvođenja u humanu upotrebu novih lekova i dr. Činjenica je da su zdravstveni radnici, posebni mladi, u procesu obrazovanja već koristili IKT i da u dobroj meri shvataju njihove mnogobrojne prednosti i mogućnosti. Procenjuje se da postoji njihova spremnost da učestvuju u programima usavršavanja koji bi bili pripremljeni u obliku e-obrazovanja. Stoga za zdravstvo e-obrazovanje ima svoj smisao i punu opravdanost. Opremljenost zdravstvenih ustanova savremenim IKT i kvalitetan priključak na Internet su preduslov za e-obrazovanje kao podršku potrebama daljnjeg stručnog usavršavanja i permanentnog obrazovanja.

2. RAZVOJ E-OBRAZOVANJA

E-obrazovanje je vrlo širok pojam koji podrazumeva različite oblike korišćenja IKT u obrazovanju. U stručnoj literaturi i na Internetu mogu se pronaći mnoge definicije pojma e-learning kojima njihovi autori nastoje objasniti o kakvoj se kombinaciji tehnologije i obrazovanja radi. Analizom i upoređivanjem navedenih definicija možemo izvesti zaključak da je e-obrazovanje proces u kome se izvode obrazovni programi, isporučuju edukativni sadržaji i ostvaruje potrebna interakcija između učesnika uz pomoć IKT i Interneta u učionici ili na udaljenosti. E-obrazovanjem možemo nazivati i objavljivanje nekih obrazovnih materijala na Internetu ili intranetne ustanove čiji polaznici dolaze redovno na nastavu u učionicu, ali i programe koji se u potpunosti odvijaju putem Interneta i čiji se polaznici i nastavnici nikad neće sresti. Pod e-obrazovanjem dakle, podrazumevamo celokupnu informatičku podršku obrazovnom procesu, gde su IKT primenjene delimično ili u celini između nastavnika i učenika, gde se kod formiranja virtuelne okoline za učenje uvažava sadržaj, oblik i komunikacija.

Ako proces obrazovanja u celini posmatramo kao skup svih vrsta obrazovanja: klasičnog, obrazovanja na daljinu i e-obrazovanja i njihovih kombinacija onda se njihovi odnosi mogu dati kao na Slici 1. U preseku obrazovanja na daljinu i e-obrazovanja nalazi se onlajn obrazovanje na daljinu koje je je uži pojam od e-obrazovanja, a podrazumeva obrazovne programe koji se u potpunosti ili u najvećem delu zasnivaju na upotrebi Interneta u nastavnom procesu. Ta dva pojma nemaju isto značenje, jer postoji obrazovanje na daljinu koje nije e-learning (dopisno, putem radija, televizije i sl.) kao što postoji e-learning koji nije obrazovanje na daljinu (pojedine nastavne aktivnosti izvode se online, ali je ostatak nastave u tradicionalnoj učionici).



Slika 1. Struktura obrazovanja

Iz definicija e-obrazovanja jasno proizilazi da ono ne podrazumeva samo sprovođenje obrazovnog procesa na daljinu i fizičku razdvojenost učesnika uz pomoć IKT, već obuhvata i upotrebu IKT kao sastavnog dela ili dopune klasičnog obrazovanja. Neki autori preciziraju da postoje dve vrste e-obrazovanja i to [1]:

- Mešovito ili hibridno učenje ili nastava (hybrid learning, blended learning, mix-mode) koje predstavlja kombinaciju klasične nastave u učionici i nastave uz pomoć IKT,
- Online obrazovanje, kao "čisto" (pure e-learning) e-obrazovanje, koje predstavlja oblik nastave u kojem studenti uče samostalno u online režimu, tj. obrazovanje na daljinu uz pomoć IKT.

Obrazovanja na daljinu na univerzitetima započelo je krajem 18. veka u SAD kada je pokrenuto obrazovanje putem dopisnih škola. Dopisne studije bile su namenjene stanovništvu iz ruralnih područja koje nije bilo u mogućnosti da pohađa predavanja. Tokom 19. veka ovakav oblik obrazovanja proširio se i na Evropu. Prava revolucija je nastupila sa razvojem World Wide Weba 1995. godine, pojava elektronske pošte, multimedije i dr.

U zemljama s dugom i bogatom tradicijom obrazovanja na daljinu e-obrazovanje se razvilo kao njegova treća i četvrta generacija. Današnja peta generacija obrazovanja na daljinu koristi IKT, web, mail, Internet idr. čime su u drugi plan potisnuti svi ranije kolrišćeni medijumi (papir, audio i video kasete, diskete, CD, DVD). Obrazovne institucije koje se bave obrazovanjem na daljinu svojim polaznicima udžbenike i materijale više ne dostavljaju već ih objavljuju na Internetu.

E-obrazovanje omogućava kvalitetan način komunikacije na relacijama polaznik - polaznik; polaznik - nastavnik; polaznici - nastavnik. Da bi e-obrazovanje bilo uspešno neophodni su sledeći oblici komunikacije:

- elektronska pošta

- audio/video zbog stvaranja pravog kontakta sa polaznicima
- trenutna razmena poruka putem mrežnih foruma - vođene diskusije.

E-obrazovanje na univerzitetima u svetu je najčešće prisutno u kombinovanom obliku, predavanja u učionicama i online predavanja. Stalno se povećava broj fakulteta koji imaju delove ili cele on-line osnovne, poslediplomske studije i specijalizacije za zaposlene u preduzećima i institucijama. Sve veću primenu e-obrazovanje nalazi u privredi gde je 'imperativ znanja' bitan uslov privrednog razvoja. Stalno stručno usavršavanje zaposlenih danas je nezaobilazan segment uprave svakog preduzeća koja želi ostati konkurentna na tržištu. E-obrazovanje omogućuje upravi kompanije da tačno zna šta će zaposleni učiti i koliko je vremena potrebno za savladavanje određenog programa.

3. POTREBE ZA OBRAZOVANJEM – USAVRŠAVANJEM U ZDRAVSTVU

Činjenica je da u budućnosti neće biti toliko važno posedovati diplomu kao znak da ste "akumulirali jednu količinu znanja, veština i sposobnosti" koliko će biti važno ta znanja, te veštine i te sposobnosti stalno menjati i obnavljati. Realna je konstatacija da društvo u kome živimo se često naziva informaciono društvo i predstavlja društvo brzih promena koje je zasnovano na znanju. Tu je takođe i čitav niz novih sposobnosti koje ne važe samo za učenike i studente već i za svakog zaposlenog, a koje u informacionom društvu postaju deo stručnog znanja bilo koje vrste. To su pre svega komunikacione veštine, sposobnost za samoučenje i samoobrazovanje, socijalne veštine, sposobnost za timski rad, sposobnost prilagođavanja promenama - fleksibilnost, sposobnost kritičkog mišljenja, sposobnost da se pronade i obradi informacija. Budućnost obrazovnih sistema zasniva se na sposobnosti za samoučenje - to je njegov najbitniji element a e-learning tu ima veliku ulogu. U jednom od dokumenata Evropskog saveta kaže se da obrazovanje na daljinu Internetom nije paralelan proces već da predstavlja deo efikasne integracije info-komunikacionih tehnologija u obrazovanje i obuku [2, 3].

Celoživotno učenje definiše se kao aktivnost učenja tokom celog života sa ciljem unapređivanja znanja, veština i sposobnosti unutar lične i poslovne perspektive. Celoživotno učenje podrazumeva:

- Sticanje i osavremenjivanje svih vrsta sposobnosti, interesa, znanja i kvalifikacija i aktivno učešće u svim sferama društvenog i ekonomskog života i na taj način na sopstvenu budućnost.
- Uvažavanje svih oblika učenja kroz formalno (klasičan vid nastave) i neformalno obrazovanje (npr. usavršavanje veština potrebnih na radnom mestu ili za napredovanje u karijeri).

Medicinsko usavršavanje je utemeljeno na tradiciji stalnog usavršavanja lekara i dr. zdravstvenih radnika i sastavni je deo njihove etičke odgovornosti. Ono obuhvata sve obrazovne procese kojima se obnavlja, razvija i pospešuje spremnost za primenu u svakodnevnom radu. Da bi se to moglo ostvariti neophodan je dobro organizovan

sistem edukacije, sa većom dostupnosti nastave i većom uspešnosti. Nesporna je činjenica da su zdravstveni radnici zainteresovani za kontinualno usavršavanje i licenciranje. Ovo podrazumeva da zdravstveni sistem mora imati efektivan i efikasan sistem za stalnu nadogradnju tih znanja kroz koncept trajnog usavršavanja, koji će ga pretvoriti u sistem baziran na znanju, što u osnovi ima razvoj i primenu IKT koje su najvitalnija snaga neophodna za promene u trajnom obrazovnom procesu u zdravstvu.

Informacije o pojedinim oboljenjima takođe mogu rasteretiti rad lekara. Ako bi ovi i slični sadržaji bili dostupni korisnicima time bi se uštedelo vreme lekarima i zdravstvenim radnicima na davanju širih objašnjenja. Ovi sadržaji moraju biti pisani na popularan način, moraju biti razumljivi i laki za prihvatanje.

Informacije za dostignuća savremene medicine, nova visokosofisticirana medicinska oprema, novi proizvodi farmaceutske industrije, podaci o elektronskim bazama podataka i časopisima iz medicine, zdravstvenim, univerzitetskim i istraživačkim institucijama u svetu, međunarodnim udruženjima su potrebne zdravstvenim radnicima.

Informacije o lekovima su uvek bile interesantne za pacijente ali i za lekare i farmaceute. Kada se od lekara očekuje da propisuje lekove polazeći od preciznih informacija o bolesniku i lekovima onda taj proces koji mora biti utemeljen na čvrstim dokazima.

Potrebe za usavršavanjem u zdravstvenom sistemu postoje i za menadžere na svim nivoima. Obično se radi o ljudima čije je osnovno i specijalističko obrazovanje vezano za zdravstvenu zaštitu a vremenom su postavljeni na rukovodeće pozicije ili imaju interese za time. Potrebe za znanjima se odnose na to kako upravljati resursima (kadrovi, kapaciteti, medicinska oprema, lekovi i sanitetski materijali, finansijska sredstva) koji su im stavljeni na raspolaganje.

Obaveze za sticanje i obnavljanje licence primoravaju zdravstvene radnike da se stručno usavršavaju, objavljuju naučne i stručne radove i stiču stručna i akademska zvanja. Svaka od navedenih aktivnosti se vrednuje odgovarajućim brojem bodova od strane lekarske komore. Osnovu za trajno medicinsko usavršavanje moraju obezbeđivati institucije zdravstvenog sistema posredstvom medicinskih fakulteta koji će obezbeđivati edukativne sadržaje (multimedijalnog tipa) u obliku seminara koji će se, pored ostalog, nalaziti i održavati na web-u.

Veoma bitni sadržaji na sticanju i obnavljanju licenci odnose se na učešće (sa i bez radova) u radu naučnih i stručnih skupova u zemlji i inostranstvu, edukativnim i drugim seminarima, predavanjima i dr. O svemu tome treba biti blagovremeno i potpuno informisan.

U svetu i kod nas predviđene su određene aktivnosti za kontinuiranu medicinsku edukaciju (KME) koje se vrednuju za pojedince čime oni stiču prava na dobijanje ili obnavljanje licenci za rad. U našem sistemu je dovoljno biti prisutan na programima za KME i za to dobiti potvrdu, bez provere usvojenosti ikakvog znanja. Sa uvođenjem e-obrazovanja u

KME stvaraju se uslovi za dostupnost i ravnopravan tretman za sve polaznike programa i proveru kao potvrdu uspešnosti.

4. E-OBRAZOVANJE U ZDRAVSTVU

Ciljna grupa e-obrazovanja u zdravstvenom sistemu čine zdravstveni radnici. Ono što oni treba da dobiju jeste udobnost studiranja, fleksibilnost, racionalno korišćenje vremena, relativno niske cene usavršavanja, obrazovanje na daljinu, učenje i savladavanje obrazovnih programa sa posla ili od kuće i dr. U odnosu na tradicionalno obrazovanje i brze promene koje prate zdravstvenu struku ovde se gradivo može lakše osavremenjavati i brže se mogu dobiti nove informacije.

Prilikom uspostavljanja e-zdravstva treba početi od stvarne situacije u ovoj oblasti u zemlji i u inostranstvu imajući pri tome i viziju razvoja u budućnosti. Osnovni ciljevi e-obrazovanja u okviru e-zdravstva bi trebali biti:

- podrška medicinskoj obuci, obrazovanju i istraživanju
- povećavanje transparentnosti i dostupnosti informacija putem elektronskih publikacija i propisa i odluka (zakoni, pravilnici i sl.)
- olakšan pristup novim saznanjima u nauci i struci i sadržajima od lokalnog značaja radi podsticanja istraživanja u oblasti zdravstvene zaštite i programa prevencije
- smanjenje odsutnosti sa posla i smanjenje troškova obrazovanja.

Analizom mesta i uloge činilaca zdravstvenog sistema i njegovog okruženja mogu se identifikovati sledeći subjekti i komponente e-obrazovanja:

- Ministarstvo zdravlja,
- Zdravstvene ustanove,
- Zdravstveni radnici,
- Obrazovne institucije,
- IKT,
- Informacije.

Svaki od navedenih subjekata ima svoje interese na planu ostvarivanja zdravstvene zaštite, upravljanja zdravstvenim sistemom, upravljanju ljudskim resursima, finansiranja, usavršavanja za pružanja usluga ili napredovanja u karijeri idr. Državna uprava treba da omogući stvaranje i pristup zajedničkim bazama podataka i centralnim registrima što predstavlja osnovu za sve druge elektronske javne usluge [3].

U funkcionisanju zdravstvenog sistema sreće se veliki broj različitih modela komunikacije i to: G2G, G2B, G2C, B2B, B2C, C2C i B2E. Za e-obrazovanje najzastupljeniji modeli su B2C i C2C jer se njima u najvećoj meri zadovoljavaju potrebe korisnika zdravstvene zaštite i potrebe zdravstvenih radnika.

Sve aktivnosti u zdravstvenom sistemu koje treba preduzeti moraju biti usmerene na:

- planiranje i organizovanje razvoja e-obrazovanja
- stvaranje odgovarajućeg okruženja za razvoj e-obrazovanja

- razvoj obrazovnih programa i sadržaja e-obrazovanja.

Planiranje i organizovanje razvoja e-obrazovanja mora biti bazirano na iskustvima razvijenog sveta i zahteva dobru organizacionu infrastrukturu, preciznost, efikasne mehanizme izvršavanja i dobru koordinaciju svih učesnika. Detaljan strateški plan za razvoj e-uprave je okvir za izradu plana razvoja e-obrazovanja koji će pokrivati vremenski okvir od najmanje pet godina. U sklopu državnih organa i zdravstveni sistem treba da izradi i usvoji detaljan plan e-obrazovanja koji se zasniva na planu razvoja e-uprave i e-zdravstva.

Ako je cilj dostupnost informacija i znanja kroz procese obezbeđenja IKT podrške onda je najcelishodnije organizovati referentnu ustanovu koja će biti nosilac svih aktivnosti obezbeđenja e-obrazovanja u zdravstvenom sistemu. Ovakvom organizacijom e-zdravstvo se kroz centralizovanu podršku obezbeđuje pouzdana funkcija za sve korisnike zdravstvene zaštite i zdravstvene radnike u zdravstvenim ustanovama. Centralizovano planiranje i implementacija imaju prednost i na planu obezbeđenja potrebnih finansijskih sredstava.

U razvoju e-obrazovanja kritičan faktor je osiguranje potrebnog broja i kvaliteta kadrova koji bi nosili i realizovali proces razvoja i održavanja ovih servisa. Kvalitetni i dovoljno motivisani kadrovi vremenom postaju ključna karika u funkcionisanju i kvalitetu e-zdravstva i promocije njihovog značaja u podršci svakodnevnom radu lekara u zdravstvenoj zaštiti.

5. EFEKTI E-OBRAZOVANJA U ZDRAVSTVU

Iskustva iz medicinske prakse koordinirana i razmenjena između polaznika predstavljaju najefikasniji način sticanja znanja jer omogućavaju razmenu velikog broja raznovrsnih informacija. Obrazovni programi za zdravstvene radnike zasnovani na IKT podrazumevaju korišćenje Interneta kao neke biblioteke koja nudi ogroman broj izvora informacija iz celog sveta. To je ono što zdravstveni radnici nisu mogli dobiti preko drugih medija (TV, radio...) koji su bili tako organizovani da iz jednog centra potiču sve informacije i idu ka velikom broju korisnika, dok na Internetu postoji veliki broj potvrđenih i verifikovanih proizvođača obrazovnih programa iz oblasti zdravstva. To je uslovilo i postojanje velikog broja zaposlenih u zdravstvenim sistemima da te programe koriste.

Efekti koji se mogu postići korišćenjem e-obrazovanja u zdravstvenom sistemu mogu se svesti na [5]:

1. Učešće zdravstvenih radnika u nastavi u bilo koje vreme i sa bilo kojeg mesta, čime se dovode u poziciju da mogu pristupati obrazovnim sadržajima materijalima sa mesta i u vremenu koje njima najviše odgovara.
2. Nepostojanje straha od greške, kod polaznika koji su ranije završili određene oblike obrazovanja i koji imaju praktičnih iskustava, i postojanje mogućnosti da se slobodno eksperimentišu, istražuju i isprobava onako kako najviše odgovara polazniku.
3. Uključenjem u ovakve oblike obrazovanja polaznici se dovode u ravnopravan položaj i niko nije zbog toga diskriminisan ili privilegovan.

4. Ostvaruju se značajne ušteda zbog smanjenja troškova putovanja što može biti značajna stavka jer su i u razvijenim zemljama ograničena raspoloživa finansijska sredstva za zdravstveni sistem.
5. Mogućnost uključenja svih profila zdravstvenih: radnika od lekara svih specijalnosti, farmaceuta, biologa, hemičara, medicinskih tehničara, laboratorijskih tehničara, radiologa, administrativnog osoblja, kako bi se svima omogućilo stručno usavršavanje i prekvalifikacija.
6. Mogućnost prisustva predavanjima ili izvršavanju hirurških intervencija od strane svetskih stručnjaka putem videokonferenciskog prenosa, gde se može uključiti veći broj zaposlenih, eliminisati potreba za putovanjem i odsustvom sa posla.

Potpunom implementacijom e-zdravstva i e-obrazovanja u zdravstveni sistem zemlje dobija se mnogo. Benefiti postoje za korisnike zdravstvene zaštite, zdravstvene radnike, zdravstveni sistem, proizvođače računarske i telekomunikacione opreme, provajdere, softverske kuće, farmaceutsku industriju, dobavljače i distributere medicinske opreme, lekova i sanitetskih potrošnih materijala.

6. ZAKLJUČAK

E-obrazovanje se ne može tretirati izolovano od sistema obrazovanja. Njegove veštine moraju biti uključene u čitav sistem obrazovanja ali i u sve društvene delatnosti koje zahtevaju usavršavanja zaposlenih. Zbog brojnih promena u svim segmentima svoje delatnosti zdravstveni sistem mora biti orijentisan na stalno usavršavanje svojih kadrova. Sa e-obrazovanjem eliminišu se sve prostorne i vremenske barijere koje bi ograničile zdravstvene radnike da se obučavaju i usavršavaju.

Vreme je da se e-obrazovanje uvede u programe daljnje usavršavanja zdravstvenih radnika ali i obrazovnih institucija koje će te programe stvarati. Evidentne su prednosti e-obrazovanja koje omogućavaju fleksibilni obrazovni pristup u odnosu na tempo rada i života. Prirodno je očekivati da stručno usavršavanje postane dostupnije, da će se povećati efikasnost i da će se smanjiti troškovi usavršavanja. Sve prednosti koje pruža IKT, koja podržava zahteve modernog obrazovanja, očito nisu dovoljne, potrebna je i motivacija. Samo tako će e-obrazovanje postati efikasno sredstvo za sticanje novih znanja i kompetentnosti.

LITERATURA

- [1] eLearning - Designing tomorrow's education, Communication from the commission, Brussels, 2000.
- [2] The national E-Health Strategy of Australian, Victorian Department of Human Services, Melbourne, 2008. Available at: <http://www.ahmac.gov.au>.
- [3] T. Miller, M. Nelson, S.Y. Shen., M.J. Shaw, *E-business Management Models*, The revere Group, Deerfield, 2001: Available at: <http://www.citebm.business.ilinois.edu>.
- [4] E-Learning for Healthcare (Department of Health), Available at: <http://www.e-lfh.org.uk>.
- [5] Effective E-learning for Healthcare. Available at: <http://www.allbusiness.com/human-resources>.

PREDNOSTI PRIMJENE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U IZBORU OPTIMALNE PONUDE – TENDERA

ADVANTAGES OF MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING (MCDM) IN CHOOSING OPTIMAL BID – TENDER

Sonja Pravilović, Dženan Strujić, Mladen Bukilić, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet »Mediterran« Podgorica*

Sadržaj - Upravljanje preduzećem podrazumijeva prihvatanje svih inovacija u oblasti informacione tehnologije, ali i matematičkih metoda i optimizacije, posebno onih u oblasti izbora odgovarajućeg rješenja koja se odnose na bolje projektovane i savremenije mašine, i opremu, kvalitet, cijenu, uslove i rokove isporuke, održavanja i sl. Izbor efikasne opreme i izvođača radova vodi poboljšanju cjelokupnog rada preduzeća. U donošenju konačne odluke učestvuju više kriterijuma istovremeno, koji su obično raznorodni i nemaju istu važnost.

Ključne riječi: višekriterijumsko odlučivanje, tenderska dokumentacija

Abstract - An enterprise management implicates accepting new innovations in the field of information technology, as well as of mathematical methods and optimisation, particularly those in the area of choosing adequate solutions which refer to better designed and more modern machines, equipment, price, conditions and deadlines of delivery, maintenance, etc. Choosing an efficient equipment and constructor leads to the improvement of the whole enterprise. More criteria, which are usually distinctive and of different importance, are simultaneously involved in making final decisions.

Keywords: multi-criteria decision-making (MCDM), tender documents

1. UVOD

Sve složeniji uslovi poslovanja u sprezi sa velikom dinamičnošću okruženja nameću svakom preduzeću potrebu za kontinualnim, efikasnim i kvalitetnim poslovnim odlučivanjem.

U procesu donošenja odluke često postoji neizvjesnost, neodređenost i nepreciznost ulaznih podataka neophodnih za donošenje kvalitetnih odluka.

Složenost, raznorodnost i višeslojevitost procesa donošenja poslovnih odluka ukazuje na potrebu evaluacije preduzetih mjera u izboru najboljeg rješenja. Evaluacija se bazira na kombinaciji relevantnih kvalitativnih i kvantitativnih kriterijumskih ocijena što bi trebalo da poboljša kvalitet donijetih odluka.

Kopleksnost i višeslojevitost procesa odlučivanja kod izbora tenderske dokumentacije zahtijeva višekriterijumski model za ocijenu predloženih rješenja, kako bi se izvršilo međusobno upoređivanje različitih alternativa po svakom od usvojenih kriterijuma, a sve u cilju dobijanja konačnog ranga ukupne povoljnosti.

Uspostavljanjem relevantnih kriterijuma i određivanjem njihovog relativnog značaja - „težine“ omogućava se izražavanje višeslojevitosti problema koji se rješava.

Istovremeno se stvara osnova za upoređivanje različitih alternativa u smislu ocijene doprinosa u ostvarivanju ukupne korisnosti, odnosno željenog cilja preduzeća.

Tek sa poznavanjem suštine samog problema koji se rješava može se definisati skup relevantnih informacija potrebnih za sveobuhvatno i objektivno donošenje odluka kod poslovnog odlučivanja i adekvatnih modela odlučivanja.

U skoro svakom preduzeću postoji potreba za izborom odgovarajuće tenderske dokumentacije. Postavlja se problem

optimalnog izbora. Poznate su tehničko-tehnološke, ekonomske i druge karakteristike tenderske dokumentacije svakog ponuđača. Težnja je da se odredi optimalni, u smislu što boljih karakteristika. Dakle, treba odrediti rang varijanti.

U ovom radu je upravo ukazano na mogućnost primjene višekriterijumskog odlučivanja u izboru optimalnog rješenja kod izbora tenderske ponude.

Predložena metodologija ogleda se kroz:

- određivanje sistema kriterijuma za ocijenu alternativnih rješenja;
- određivanje relativnog značaja kriterijuma;
- kvantifikovanje i/ili fazifikacija kvalitativnih atributa;
- izbor metode za uspostavljanje ranga alternativa;
- izbor/razvoj programa za predloženu metodologiju.

Ovakvim pristupom omogućava se donosiocima odluka u određenom preduzeću da povežu sve podatke i relacije pri višekriterijumskoj optimizaciji u jednu racionalnu cjelinu.

Osnovna područja koja se u tenderskoj dokumentaciji trebaju razraditi su:

- osnovna uputstva svakom ponuđaču,
- projektni zadatak na osnovi idejnog rješenja (idejnog projekta),
- osnovne elemente iz investicione studije,
- elementi koji se traže od ponuđača,
- kriterijum za ocijenu ponuda,
- osnovne postavke koncesionog ugovora,
- procedure izbora najpovoljnijeg ponuđača i sl.

2. ODREĐIVANJE SISTEMA KRITERIJUMA IZBORA TENDERA I NJIHOVOG RELATIVNOG ZNAČAJA

Za rješavanje problema odlučivanja prvo je potrebno definisati sistem kriterijuma, a zatim odrediti njihov relativan značaj. Nekad je moguće koristiti prošireni pristup s nekom od metoda grupnog odlučivanja:

- brainstorming metoda,
- nominalna grupna metoda,
- metoda uporednog poređenja,
- metoda sortiranja karata,
- panel metoda,
- delfi metoda,
- metoda ekspanzije/kontrakcije/ukrštanja.

U konkretnom slučaju vrednovanja kvalitativnih i/ili kvantitativnih karakteristika raznih ponuda tenderskih dokumentacija izabran je prošireni pristup konceptu **delfi** metode koji bi se odvijao u dvije faze:

I faza – određivanje sistema relevantnih kriterijuma za ocijenu alternativa;

II faza – određivanje relativnog značaja (težina) usvojenih kriterijuma.

Istraživačke studije su pokazale da je primjena Delfi metode pogodna za oblasti gdje postoji nedostatak empirijskih podataka, kao što je to slučaj pri određivanju relativnog značaja kriterijuma po kojima se vrši izbor najpovoljnijeg alternativnog rješenja za izbor odgovarajuće tenderske dokumentacije pri višekriterijumskoj optimizaciji.

Prvu fazu – određivanje sistema relevantnih kriterijuma za ocijenu alternativa može realizovati inicijalni tim eksperata preduzeća koji raspisuje tender, agregacijom kriterijuma na osnovu prethodnih iskustava, kao i drugih poznati metoda u svijetu, kao i nizom sastanaka i rasprava oko izbora skupa kriterijuma čiji se uticaj ne može zanemariti pri izboru odgovarajuće tenderske dokumentacije.

Druga faza – proces realizacije Delfi metode pri određivanju relativnog značaja kriterijuma odvija se u više koraka i obuhvata niz verifikacija.

Nakon svakog kruga provjera vrši se statistička i kvalitativna obrada procijena svih učesnika.

U zavisnosti od konkretnog problema, odnosno od cilja koji se želi postići realizacijom Delfi metode razlikuju se i različiti pristupi statističkoj obradi podataka.

Primjena proširenog pristupa konceptu Delfi metode, pri formiranju sistema kriterijuma i ocijene njihovog značaja, stvara uslove poboljšanja kvaliteta projektovanja višekriterijumske baze za odlučivanje.

Zajednička ekspertska prognoza kvalifikacije težina kriterijuma dobija se metodološki definisanim, organizovanim i sistematizovanim usaglašavanjem pojedinačnih procijena uz pomoć statističke obrade tih prognoza.

3. DEFINISANJE SISTEMA KRITERIJUMA ZA IZBOR ODGOVARAJUĆEG TENDERSKOG RJEŠENJA

Početna osnova pri definisanju kriterijuma bila je činjenica da se prilikom rješavanja svakog problema mogu usvojiti različiti broj i vrsta kriterijuma, zavisno od odgovarajućih odluka i informacija koje stoje na raspolaganju. Pošlo se od opšteg pregleda kriterijuma od kojih će neki značajniji biti navedeni:

1. Tehnički kriterijumi – vrsta tehničkog rješenja, intenzitet isporuke, način isporuke (kontinualni, diskontinualni), uticaj kvaliteta, vrijeme isporuke itd;
2. Ekonomski kriterijumi – investicioni troškovi, eksploatacioni troškovi, itd;
3. Kriterijumi uslovljeni sistemom – vrsta tehničkog rješenja, kapacitet, učestanost, uslovi isporuke, održavanje uređaja, stepen automatizacije, itd;
4. Opšti kriterijumi – razni propisi (ekološki i sl.), garancije, servisi, fleksibilnost u radu, vrijeme garantovane isporuke, itd.

U okviru prvog koraka primjene višekriterijumske analize u procesu izbora tenderske dokumentacije treba još ispitati da li postoji direktna zavisnost između pojedinih kriterijuma. U slučaju direktne zavisnosti dva kriterijuma, koji stoje u određenom odnosu jedan prema drugom, odvojeno vrednovanje može dovesti do pogoršanih rezultata vrijednosti korisnosti.

Kod projekata izgradnje npr. analiza i ocjena pristiglih ponuda treba bazirati na postavkama iz investicione studije i tenderske dokumentacije, te je izvršiti prema kriterijumima svrstanim u četiri osnovne grupe:

- faza izgradnje,
- faza upravljanja,
- predloženi model finansiranja projekta,
- procijenjeni prihod projekta,

pri čemu će svaka od njih sadržavati elemente pripadnih rizika.

4. ODREĐIVANJE TEŽINSKIH KOEFICIJENATA KRITERIJUMA

Slijedeći korak u višekriterijumskom rangiranju alternativa pri izboru odgovarajućeg rješenja odnosi se na iskazivanje preferencija učesnika Delfi procesa za svaki od izabranih kriterijuma po kojima će se izvršiti rangiranje. Iskazivanje preferencija se ogleda kroz definisanje relativnog značaja za svaki od kriterijuma uz uslov da ukupan zbir svih vrijednosti, po svim kriterijumima bude 1 (100% iskazano u procentima).

Delfi metoda se vrši sa izabranim skupom eksperata (E1, E2, ... Em) koji su međusobno anonimni u onoliko krugova koliko je potrebno da odstupanje u srednjim vrijednostima težina svakog od kriterijuma bude zanemarljivo.

Nakon dobijenih odgovora iz prvog kruga od svih učesnika vrši se njihova obrada. Obrada se vrši u MS Excel-u i podrazumijeva izračunavanje srednje vrijednosti, standardne devijacije i koeficijenta varijacije za svaki od kriterijuma.

	Pouzdanost	Broj funkcija	Vrijeme isporuke	Izgled	Cijena	Servis i održavanje	Tehničke karakteristike
WB	2	2	2	1	3	3	3
CB : 1 – max, 0 – min	1	1	1	1	0	1	1
Ponudatelj 1	40	11.6	17	450	0.6	1	3
Ponudatelj 2	45	16.5	15	134	0.7	6	5
Ponudatelj 3	45	17.4	34	120	1	12	6
Ponudatelj 4	35	15	17	310	0.3	1	5
Ponudatelj 5	35	9	15	500	0.4	1	3

Ovaj postupak se ponavlja sve dok srednje vrednosti i+1-vog kruga ne pokažu neznatna odstupanja od srednjih vrijednosti težinskih koeficijenata i-tog kruga (najčešće ne više od 5 krugova) odnosno dok srednja vrijednost koeficijenta varijacije ne spadne na zadovoljavajući nivo. Tada se konstatuje da je dobijen prihvatljiv stepen konsenzusa čime se proces završava, a svaki od učesnika dobija konačne rezultate.

4.1. Prednosti delfi metode

Dobra strana predložene Delfi metode je to što konzistentnost u stavovima eksperata omogućava visok stepen saglasnosti u određivanju relativnih značaja kriterijuma. Mišljenja učesnika nisu pod uticajem susreta „licem u lice” ili pod pritiskom grupe, a međusobna anonimnost omogućava da učesnici iskažu svoje stavove bez uticaja drugih, možda autoritativnih, eksperata.

Međutim, nekada je teško naći dovoljan broj eksperata koji su upućeni u datu problematiku. Sa druge strane ne postoji nikakav mehanizam koji bi mišljenjima „više upoznatih” stručnjaka dao veću težinu i uticaj na krajnji rezultat metode.

Posebno interesantan fenomen predstavlja uključivanje eksperata iz ne tako srodnih oblasti (u konkretnom slučaju ekonomista, raznih tipova menadžera iz privrede i vanprivrednih djelatnosti, informatičara, projekatana) koje može biti veoma korisno ako se prevaziđe njihova neupućenost u konkretne detalje datog problema.

Kao rješenje datog problema predlaže se „preskakanje” prvog koraka u Delfi metodi. Ideja je da se prilikom izjašnjavanja o određenoj dokumentaciji daje početna procijena težinskih koeficijenata koja je data od strane užeg kruga eksperata. Učesnici bi dalje postupali analogno koraku 2 Delfi metode odnosno imali bi mogućnost sopstvenih intervencija i komentara kojima bi iskazali stepen sopstvenog slaganja/neslaganja sa dobijenim rezultatima. Postupak bi se završio identično originalnoj Delfi metodi.

Ovim postupkom bi se na neki način otežalo mišljenje užeg kruga eksperata a istovremeno bi bilo moguće uključivanje eksperata iz šireg kruga oblasti koji bi rezultate koristili kao polaznu osnovu za bliže upoznavanje sa konkretnim problemom.

Tako bi i njihove sugestije u vidu raspodjele težinskih koeficijenata na osnovu sopstvenog iskustva bile mnogo upotrebljivije.

5. TOPSIS METODA

TOPSIS je jedna od metoda višekriterijumske optimizacije. Sam naziv metode je akronim od engleskog naziva "Technique Order Preference Similarity Ideals Solution", što znači-tehnika za utvrđivanje prioriternih rješenja zasnovana na sličnosti prema idealnom rješenju.

Primjena ove metode zahtijeva formiranje matrice od "i" varijanti i "k" kriterijuma. Svakom kriterijumu pridružuje se određeni težinski koeficijent w_k , gdje je $k=1,2,\dots,K$. Potom se svi kriterijumi razvrstaju na one "benefit" i one "cost" tipa, pri čemu se prvi maksimizuju, a drugi minimizuju.

Konkretno, TOPSIS metoda obuhvata slijedeće korake:

$$\|f_{ik}\| \rightarrow r_{ik} = \frac{f_{ik}}{\sqrt{\sum f_{ik}^2}}$$

Korak 1.:

Formira se matrica od "i" varijanti i "k" kriterijuma koju treba normalizovati, odnosno, sve njene vrijednosti svesti na interval između 0 i 1. Na taj način se obezbijuje bezdimenzionalnost.

Korak 2.: U koraku 2. sve vrijednosti normalizovane matrice treba pomnožiti sa odgovarajućim težinskim koeficijentima w_k koji su subjektivno odabrani i normalizovani (2).

$$v = \|w_k \cdot r_{ik}\|$$

Navedena dva koraka predstavljaju predprocesiranje zadatka.

Korak 3.: U ovom koraku treba odrediti idealne i antiidealne tačke I^* i I^- , zavisno od toga da li se radi o kriterijumu "benefit" ili "cost" tipa (3 i 4).

Idealna tačka ima maksimalnu vrijednost po svim kriterijumima "benefit" tipa, a minimalnu po svim kriterijumima "cost" tipa.

$$I^* = \left\{ \max_i v_{ik} \mid k \in K_{\max}, \min_i v_{ik} \mid k \in K_{\min} \right\} = v_k^*$$

Antiidealna tačka ima maksimalnu vrijednost po svim troškovnim kriterijumima, odnosno, minimalnu po svim kriterijumima dobiti.

$$I^- = \left\{ \min_i v_{ik} \mid k \in K_{\max}, \max_i v_{ik} \mid k \in K_{\min} \right\} = v_k^-$$

Korak 4.: U ovom koraku pristupa se traženju tačke koja je najbliža idealnoj, a istovremeno najudaljenija od antiidealne tačke.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_k (v_{ik} - v_k^*)^2}, S_i^- = \sqrt{\sum_k (v_{ik} - v_k^-)^2}$$

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

Korak 5.:

Sada se pristupa izračunavanju relativne bliskosti koja predstavlja kompromis između blizine ideala i daljine antiideala.

Za idealnu tačku mjera bliskosti je jednaka jedinici, a za antiidealnu tačku njena vrijednost je jednaka nuli. Pošto je prava rijetkost da se dobije idealna tačka, odnosno, idealno rješenje C_i je obično između nule i jedan.

Korak 6.: Prema dobijenim rezultatima, tj. prema C_i , formira se rang varijanti. Najbolja je ona za koju je C_i najbliže jedinici. Suština je dakle u iznalaženju tačke (rješenja) koja je najbliža idealnoj i najudaljenija od antiidealne.

5.1. TOPSIS u izboru optimalnog rješenja tendera

Predhodno opisana TOPSIS metoda ovdje je iskorišćena za određivanje prioriteta pojedinih ponuđača koje treba da se realizuju u nekom preduzeću.

U ovom primjeru izbora odgovarajućeg rješenja tenderske dokumentacije obzir se uzimaju slijedeći kriterijumi:

- cijena,
- servis i održavanje,
- vrijeme i uslovi isporuke,
- tehničke karakteristike,
- izgled, kvalitet,
- pouzdanost,
- funkcije i sl..

U sadašnjim uslovima uslijed ograničenih materijalnih sredstava sa kojima se raspoložuje, cijena je jedan od najvažnijih kriterijuma za izbor.

Cijena je deterministička veličina i vrlo često se dešava da na donošenje odluke oko izbora ona ima presudan uticaj. Cijena prvenstveno zavisi od broja funkcija mašina, dimenzija i kvaliteta izrade.

Servis i održavanje je takođe deterministička veličina i vrlo često se dešava da na donošenje odluke, kao i kod cijene ima presudan presudan uticaj na izbor određenog ponuđača.

Izgled je subjektivna procjena, u okviru koje je moguće postaviti neke posebne zahtjeve. To su obično zahtjevi u pogledu oblika, boje, zapremine, dizajna i sl.,

Tehničke karakteristike su deterministička veličina i predstavlja važan kriterijum pri izboru određenih mašina koje daju ponuđači

Pouzdanost podrazumijeva podatak o normiranom broju radnih časova mašine, odnosno dužinu garantnog roka koju propisuje sam proizvođač.

Broj funkcija mašina je veličina koja predstavlja sa kolikim brojem navedenih mogućnosti mašine rade.

Vrijeme isporuke mašina je deterministička veličina i veoma je bitna za preduzeće koje raspisuje tender.

Vrijednosti pojedinih kriterijuma za svaku od varijanti su date u tabeli 1. U tabeli 1. su takođe date i vrijednosti težinskih koeficijenata za svaki od kriterijuma. Težine su subjektivno određene. Naime, cijena, servis i održavanje, vrijeme isporuke opreme ponuđača su opredjeljujući faktori, dok su ostali kriterijumi nešto manje važnosti. Na osnovu vrijednosti vektora C moguće je uspostaviti slijedeći rang alternativa:

	RJESENJE
Ponuđač 1	0.25566
Ponuđač 2	0.44626
Ponuđač 3	0.64449
Ponuđač 4	0.38641
Ponuđač 5	0.32453

6. ZAKLJUČAK

Kod analiziranja tenderske dokumentacije svako preduzeće formira određena rješenja na osnovu raznih kriterijuma, ali je uvijek cilj da se izabere najpovoljnije – optimalno. Za ostvarenje takvog cilja predlaže se vrednovanje kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika i rješenja i utvrđivanje sistema kriterijuma za vrednovanje.

U ovom radu je predložena primjena Delfi metode pri određivanju težinskih koeficijenata, koju je potrebno paralelno posmatrati sa metodom grupnog izbora za optimalni izbor kako bi se dobile preciznije vrijednosti koeficijenata. Nakon uopštenog razmatranja tenderske dokumentacije i opreme koja se od strane ponuđača prilaže, korišćeno je višekriterijumsko odlučivanje i primijenjena TOPSIS metoda izbora.

Dobijen je određeni rang varijanti za subjektivno odabrane težinske koeficijente pridružene pojedinim kriterijumima, pri čemu postoji mogućnost dobijanja novog ranga za neke druge vrijednosti težinskih koeficijenata.

U svakom slučaju TOPSIS metoda može da bude od pomoći pri donošenju upravljačkih odluka i izbora optimalnog rješenja izbora ponuđača kod raspisanog tendera, a ne na osnovu iskustva i intuicije.

LITERATURA

- [1] Manasijević, D., Živković, D., Prvulović, S., Todorović, I., Živković, Z., *Višekriterijumsko odlučivanje primjenom PROMETHEEGAIA metodologije*, Tehnika, Beograd, 2006, VOL 61; PART 3, pp. 7.6-7.12.
- [2] Suknović, M., Čupić, M., *Višekriterijumsko odlučivanje: formalni pristup*, FON, Beograd, 2003, pp. 129-130.
- [3] Teodorović, D., Kikuchi, S., *Uvod u teoriju fuzzy skupova i primene u saobraćaju*, Saobraćajni fakultet, Beograd 1994, pp. 31-58.
- [4] Vesić, J., *Usavršavanje metodologije modeliranja i iskazivanja preferencija donosioca odluke pri višekriterijumskom odlučivanju*, Menadžment 55, Beograd, 2005, pp. 7-14.

PRIMJENA INFRASTRUKTURE JAVNIH KLJUČEVA U VISOKOŠKOLSKIM USTANOVAMA

APPLICATION OF PUBLIC KEY INFRASTRUCTURE IN HIGHER EDUCATION

Tripo Matijević, Zoran Ćorović, Snežana Šćepanović, *Fakultet za informacione tehnologije, Univerzitet „Mediterran“ Podgorica*

Sadržaj - U današnje vrijeme se sve veći broj informacionih sistema projektuje sa ciljem upotrebe na globalnoj računarskoj mreži - internetu. Internet može biti zloupotrijebljen na razne načine, od narušavanja privatnosti, preko lažnog predstavljanja, kršenja autorskih prava, pa do raznih drugih težih zloupotreba. U ovom radu opisana je primjena infrastrukture javnih ključeva za poboljšanje bezbjednosti Web informacionih sistema koji se koriste na visokoobrazovnim ustanovama. Predložen je model za programsku realizaciju infrastrukture javnih ključeva za Web informacioni sistem studentske službe.

Abstract - Nowadays more and more information systems are designed to be used on global computer network – the Internet. The Internet can be abused in many ways: by violation of privacy, misrepresentation, copyright infringements, and other severe abuses. This paper describes the application of public key infrastructure for improving the safety of Web information systems which are used in higher education institutions. The authors also suggested the model of program implementation of public key infrastructure of Web information system for Student Administration Office.

1. UVOD

U današnje vrijeme se sve veći broj informacionih sistema projektuje sa ciljem upotrebe na globalnoj računarskoj mreži - internetu. Ako se pri tome mrežom prenose podaci povjerljive prirode za koje se zahtijevaju povlašćena prava pristupa, takvi informacioni sistemi moraju ispunjavati sigurnosne zahtjeve poput provjere identiteta korisnika, neporecivosti izvorišta poruke i zaštite sadržaja poruke. Zadovoljavanje navedenih zahtjeva postiže se uspostavljanjem sigurnog komunikacionog kanala u računarskoj mreži između učesnika u komunikaciji. Sigurnosni mehanizmi koji se upotrebljavaju za uspostavljanje sigurnog komunikacionog kanala zasnivaju se na primjeni metoda kriptografije [1] kojima se osigurava tajnost, autentikacija i vjerodostojnost podataka koji se prenose računarskom mrežom.

Budući da se kriptografski postupci zasnivaju na poznavanju kriptografskih ključeva učesnika u komunikaciji, posebna pažnja posvećuje se postupcima sigurne razmjene tih ključeva. Najrašireniji način razmjene kriptografskih ključeva je primjena infrastrukture javnih ključeva (eng. Public Key Infrastructure - PKI) [2]. U ovom radu predložen je model za programsku realizaciju infrastrukture javnih ključeva za primjenu u Web informacionim sistemima visokoobrazovnih institucija.

2. KRIPTOGRAFIJA

Problematika sigurnosti mreža je kompleksna iz razloga što se termin sigurnosti kroz proces prenosa podataka dotiče i problematike operativnih sistema kao i samih aplikacija. Kriptografija stoga pokriva termin sigurnosti samo u jednom njenom segmentu. Za mrežu kao takvu, sačinjenu iz sedam slojeva, mora se posebno brinuti o bezbjednosti svakog sloja. Međutim, i kriptografija ima veliki udio u svakom od tih

slojeva, stoga je ona jako bitna spona u očuvanju sigurnosti računarskih mreža.

Kriptografija u sebi krije pregršt pojmova kojima treba ovladati da bi razumjeli njene principe i standarde. Kriptografski postupci su matematičke funkcije, odnosno algoritmi kojima se nizovi bitova jasnog teksta preračunavaju u nizove bitova kriptovanog teksta i obrnuto. Proces šifrovanja je postupak prevođenja podataka u izvornom obliku u oblik u kojem se ti podaci više ne mogu prepoznati. Obrnuti postupak prevođenja šifrovanog teksta u jasni tekst naziva se dešifrovanje.

Kriptografski algoritmi su ranije čuvani u tajnosti. Međutim, trud koji treba uložiti u smišljanje, provjeravanje i instalaciju novog algoritma svaki put kada stari algoritam bude otkriven (ili se smatra da je otkriven) nikad nije bio isplativ. Stoga, da bi se ovaj problem riješio, uvodi se ključ. Ključ je srazmjerno kratak tekstualni niz kojim se bira jedan od više mogućih načina šifrovanja, i za razliku od opšte metode kreiranja algoritma, koja se može mijenjati svakih nekoliko godina, ključ se može mijenjati kad god to zatreba.

Imajući to na umu, stvoreno je načelo koje nosi ime **Kerkofov princip**, a koje je dobilo ime po flamanskom vojnom kriptografu **Augustu K erckhoffu**, koji ga je prvi formulisao 1883. godine. Ono glasi: "Svi algoritmi moraju biti javni; samo su ključevi tajni." [3] Iz razloga što očuvanje tajnosti kriptovane poruke leži u ključu, njegova dužina je od značajne važnosti.

Treba napomenuti i da postoje dvije vrste kriptografije – odnosno dva tipa kriptosistema: simetrična i asimetrična kriptografija. Kod simetrične kriptografije, ključ kriptovanja K_E jednak je ključu dekriptovanja K_D . Najpoznatiji simetrični algoritam je **DES** (eng. Data Encryption Standard), razvijen od strane kompanije IBM 1977. godine. Ovaj algoritam ima dosta skromnu dužinu ključa od 56 bita, i to je

razlog zašto je on 2000. godine zamijenjen algoritmom *AES* (eng. Advanced Encryption Standard), koji rukuje ključevima dužine 128, 192 i 256 bita. Prednost ovog sistema je brzina šifrovanja, odnosno dešifrovanja podataka.

Međutim, osnovni nedostatak simetričnih algoritama, a samim tim i simetričnih kriptosistema je distribucija ključeva. Problem se ogleda u sljedećem: prije početka sigurne komunikacije, subjekti koji u njoj učestvuju moraju razmijeniti ključeve. Budući da se sigurnost zaštićenih informacija apsolutno oslanja na sigurnost ključa, razmjena jednog tajnog ključa može postati jako ozbiljan problem o kojem dobro treba povesti računa. Problem je utoliko veći ukoliko u komunikaciji učestvuje više korisnika, ili se komunikacija odvija na većoj udaljenosti.

Ovaj problem simetrične kriptografije uspješno rješava asimetrična kriptografija, koju su izumjeli *Martin Helman* i *Vitild Difi* 1976. godine. Oni su predložili potpuno novu vrstu kriptosistema sa različitim ključevima za šifrovanje i dešifrovanje, koji se ne mogu lako izvesti jedan iz drugog.

Prema predlogu Helmana i Difi, sami algoritam za šifrovanje (E) i algoritam za dešifrovanje (D) treba da ispune tri zahtjeva:

- $D(E(P)) = P$ (operacija dešifrovanja poruke);
- D se izuzetno teško može izvesti iz E;
- E se ne može saznati napadom zasnovanim na šifrovanju izabranog osnovnog teksta. [4]

Osnovni problem razotkrivanja ključa kod svih asimetričnih algoritama se svodi na težinu rastavljanja prirodnih brojeva na proste faktore. Takav princip je primijenjen u jednom od najpoznatijih asimetričnih algoritama – *RSA* razvijenog od strane kriptografa *Riversta*, *Shamira* i *Adlemana*, koji se danas veoma često koristi.

3. DIGITALNI POTPIS I DIGITALNI SERTIFIKAT

Autentičnost mnogih pravnih, finansijskih i drugih dokumenata određuje se na osnovu toga da li je dokument svojeručno potpisala za to ovlašćena osoba. Takav princip iz realnog života trebalo je da bude prenesen na „elektronski papir“. Uz sve to treba omogućiti i sljedeće:

- Primalac može da provjeri navodni identitet pošiljaoca;
- Pošiljalac ne može da se ogradi od sadržaja poruke;
- Primalac ni na koji način ne može da izmijeni primljenu poruku.

Da bi elektronski dokumenti bili upotrebljivi kao i dokumenti iz realnog života potrebno je da se osigura autentičnost. Upravo autentičnost se osigurava digitalnim potpisivanjem dokumenata. Digitalni potpis je u osnovi funkcija sadržaja digitalnog dokumenta i privatnog ključa potpisnika. Vjerodostojnost potpisanog dokumenta se obavlja upotrebom sadržaja dokumenta i javnog ključa potpisnika. Osobine digitalnog potpisa su:

- Digitalni potpis je autentičan, što znači da ga može napraviti samo vlasnik privatnog ključa;
- Digitalni potpis je moguće provjeriti upotrebom javnog ključa vlasnika;

- Digitalni potpis izražava vlasništvo ili slaganje sa sadržajem dokumenta, i predstavlja neodvojiv dio autentičnog digitalnog dokumenta;
- Digitalni potpis se ne može poreći.

Da bi se iskoristile prednosti koje nosi digitalni potpis, kreiran je digitalni sertifikat. Kako se navodi u dokumentu izdatom od strane Ministarstva za informaciono društvo Crne Gore [5], digitalni sertifikat se definiše kao digitalno potpisani dokument koji povezuje javni ključ sa osobom kojoj taj ključ pripada. U dodatku stoji da se digitalni sertifikat može nazvati i digitalna lična karta, jer on to zaista jeste – lična karta u „cyber“ prostoru, tj. sredstvo kojim dokazujemo identitet na internetu.

Digitalni sertifikat predstavlja element kojim se utvrđuje veza između identiteta subjekta i njegovog javnog ključa na koji je primjenjen neki asimetrični algoritam. Ideju digitalnog sertifikata predložio je *L. Kohn felder* 1978. godine. Ideja obuhvata i jedan centar koji će biti ovlašćena organizacija za izdavanje sertifikata, kojoj korisnici sertifikata vjeruju i čiji javni ključ mora biti pouzdano ispravan. (eng. Certification Authority, CA). Desetak godina nakon same ideje sertifikata, uslijedio je i standardni format digitalnog sertifikata, odobren od strane organizacije ITU. Standard je dobio naziv *X.509* i široko je počeo da se koristi na internetu.

Da bi se olakšala distribucija i upotreba i povećala bezbjednost digitalnih sertifikata, oni se mogu upisati na posebne hardverske uređaje – tokene. Tokeni su obično USB uređaji koji su dodatno obezbijedeni od brisanja, prepisivanja i kopiranja informacija sa njih (Read-Only).

4. PKI INFRASTRUKTURA

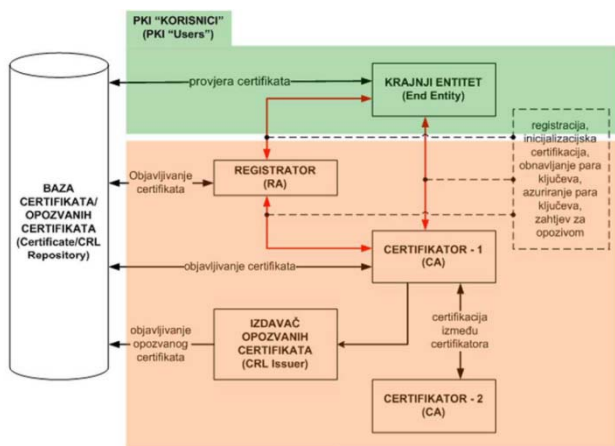
Infrastruktura javnih ključeva je sistem koji osigurava sigurnu razmjenu kriptografskih ključeva putem nesigurnih računarskih mreža poput interneta. Infrastruktura javnih ključeva koristi digitalne sertifikate kako bi ispunila sve potrebne sigurnosne zahtjeve. Svaki učesnik infrastrukture javnih ključeva ima sopstveni digitalni sertifikat koji dokazuje njegov identitet.

Infrastruktura javnih ključeva (Public Key Infrastructure, PKI) objedinjuje sertifikacionu ustanovu (CA), korisnike sertifikata, kao i sve njihove međusobne interakcije. Komponente ovakvog sistema i akcije koje one izvršavaju su brojne. Sistem prije svega omogućava autentikaciju, a pored toga i povjerljivost i integritet podataka, nemogućnost poricanja kao i upravljanje ključevima (eng. Key Management).

Sertifikaciona ustanova (CA) je ustanova koja potpisuje i izdaje sertifikate, vrši obnovu istih, kao i opoziv, bilo da to radi samostalno ili preko druge registracione ustanove (RA). Međutim, to je ustanova koja nadasve garantuje za sertifikate, kojoj se vjeruje, i koja verifikuje identitet na odgovarajući način. CA po potrebi obavlja i funkciju čuvanja ključeva, i iz svega ovoga se vidi da je CA jedna od osnova za ostvarivanje PKI infrastrukture.

Kod realizacije PKI infrastrukture mora se voditi računa o načinu skladištenja digitalnih sertifikata. Ovu funkciju PKI sistema obavljaju LDAP serveri, koji namjenski rade sa X.509 digitalnim sertifikatima. Baza digitalnih sertifikata ili repozitorijum (eng. Certificate/CRL Repository) predstavlja sistem ili skup distribuiranih sistema za čuvanje digitalnih sertifikata, kao i liste opozvanih sertifikata (Certificate Revocation List, CRL). Ova baza je dostupna svim unutrašnjim i spoljašnjim korisnicima PKI sistema koji koriste digitalne sertifikate.

Izdavač opozvanih sertifikata (eng. CRL Issuer) je komponenta sistema koja izdaje listu opozvanih sertifikata. Sertifikati se izdaju sa određenim periodom validnosti. Međutim, oni mogu postati nevalidni i prije isteka tog perioda, recimo u slučaju kompromitovanja privatnog ključa korisnika. Svaki opozvani sertifikat identifikovan je svojim serijskim brojem u CRL listi, koja je javno svima dostupna, i koju je neophodno redovno ažurirati.



Slika 1: Funkcionisanje PKI Infrastrukture

Temelj povjerenja u PKI infrastrukturi predstavlja CA, odnosno njegov privatni ključ. Ukoliko dođe do bilo kakvog kompromitovanja CA privatnog ključa, onda je kompromitovan čitav sistem, kao i svi digitalni sertifikati koje je CA izdala i potpisala. Zbog ovoga, na sigurnost CA se mora obratiti velika pažnja.

5. MODEL PKI INFRASTRUKTURE ZA INFORMACIONI SISTEM STUDENTSKE SLUŽBE

Informacioni sistem studentske službe (ISSS) na Fakultetu za informacione tehnologije, Univerziteta „Mediterran“ realizovan je kao višeslojna Web aplikacija. U ISSS-u prava pristupa su ograničena korisničkim imenom i lozinkom što čini da bezbjednost samog sistema nije na zadovoljavajućem nivou. Uvođenje dodatnih mjera sigurnosti za ISSS imalo bi za cilj povećanje bezbjednosti i sprečavanje zloupotrebe osjetljivih podataka.

PKI infrastruktura igra jako važnu ulogu sa stanovišta sigurnosti informacija, jer osigurava tajnost komunikacije, autentikaciju korisnika i digitalno potpisivanje dokumenata. Uvođenje podrške za PKI infrastrukturu u ISSS-u obezbijedilo bi prijavljivanje studenata i zaposlenih na sistem

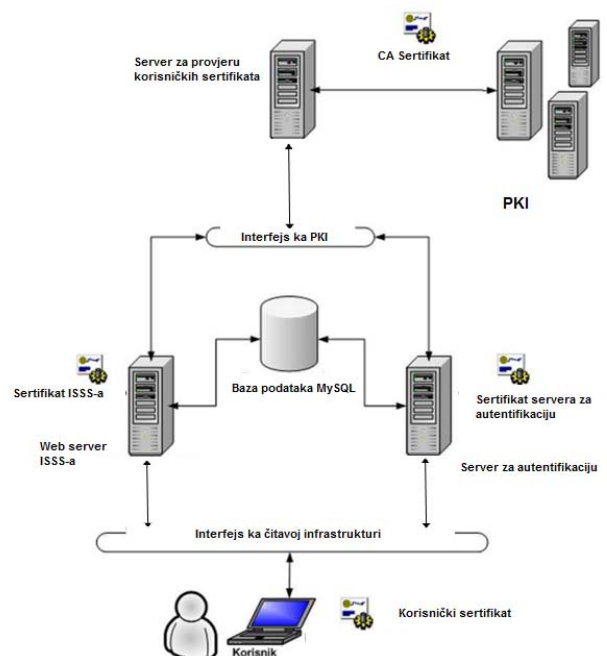
korišćenjem tokena. Time bi se povećala bezbjednost i kontrola pristupa i upravljanja podacima.

Predloženi model PKI infrastrukture može se implementirati kao dodatni modul za povećanje sigurnosti u okviru ISSS. Model PKI infrastrukture obuhvata dvije cjeline: PKI administrativni dio i PKI korisnički dio. Korisnički dio PKI sistema pruža usluge korisnicima, koje uključuju slanje zahtjeva za izdavanje, preuzimanje, provjeru valjanosti i opoziv ličnog digitalnog sertifikata, kao i prikaz liste opozvanih sertifikata (CRL).

Prije samog izdavanja digitalnog sertifikata, sistem generiše par ključeva (javni i privatni ključ). Dužina ključa namijenjenog za sertifikacioni centar (CA) iznosi 2048 bita, dok je dužina korisničkih ključeva ograničena na 1024 bita. Period važenja CA sertifikata je standardnih deset godina, dok je taj period kod korisničkih sertifikata snižen na dvije godine.

Osim ovoga, za svakog korisnika je moguće izdavanje digitalnog sertifikata i privatnog ključa, kako bi pristup aplikaciji imali samo oni korisnici koji posjeduju odgovarajući digitalni sertifikat. Jasno je da se komunikacija u tom slučaju odvija sigurnim komunikacionim kanalom (https).

Kriptografski algoritmi koji se koriste unutar PKI infrastrukture Fakulteta za informacione tehnologije su **SHA1** za generisanje hash kompresija, i **RSA** asimetrični algoritam za digitalno potpisivanje sertifikata.



Slika 2: PKI Infrastruktura za ISSS

Softverska realizacija PKI infrastrukture se u potpunosti oslanja na programski jezik **Java** i njene servlet tehnologije, kako bi se razvila Web aplikacija za PKI. Javine tehnologije sadrže mnogobrojne sigurnosne alate.

Za sigurnu vezu između korisnika i aplikacije informacionog sistema zadužen je SSL ili TLS protokol, dok uspostavljanje komunikacije teče kroz određene faze. Tokom faze rukovanja, aplikacija SSL (TLS) protokolom šalje korisniku svoj digitalni sertifikat, koji korisnik lako može provjeriti.

Slika 3: Izgled forme PKI sistema

Za pravilno funkcionisanje Web servera je zadužen **lighttpd** web server zasnovan na Linux platformi, koji pruža podršku za korištenje TLS protokola. U pozadini sistema radi baza podataka MySQL, koja čuva korisničke sertifikate, kao i korisničke privatne i javne ključeve, i to u formatu PKCS#12, koji je zaštićen lozinkom unijetom u sistem prilikom ispunjavanja zahtjeva za sertifikatom od strane korisnika. Lozinka je poznata samo korisniku i ne čuva se unutar sistema tako da joj ni administrator sistema ne može pristupiti. Osim toga, treba naglasiti da se čitav sistem može realizovati primjenom open source tehnologija na Linux (Debian) platformi.

6. ZAKLJUČAK

Bezbjednosna pravila na internetu predstavljaju oblast sukobljavanja zakona različitih država, pravila ponašanja i primjene različitih standarda za Web tehnologije. PKI infrastruktura predstavlja moćan alat kojim se mogu definisati mnoga bezbjednosna pravila u razmjeni elektronskih informacija u računarskim mrežama. PKI infrastruktura ima brojne prednosti, prije svega osigurava

tajnost komunikacije, autentikaciju korisnika i digitalno potpisivanje dokumenata.

Model za realizaciju PKI infrastrukture koji je predložen u ovom radu namijenjen je povećanju bezbjednosti Web informacionih sistema na visokoobrazovnim institucijama. Programsko rješenje zasniva se na primjeni open source Java sigurnosnih tehnologija pri čemu su u sistem ugrađeni preporučeni sigurnosni protokoli (TLS ili SSL), X.509 autentikacioni protokol i ostale sigurnosne politike. Predložena infrastruktura obezbjeđuje digitalni identitet svim korisnicima sistema. Ovaj identitet će im omogućiti sigurne komunikacije i upotrebu IS zasnovane na osnovnim postulatima sigurnosti: autentikacija, povjerljivost podataka, integritet podataka i nemogućnost poricanja učešća u transakciji.

Na kraju treba naglasiti da implementacija PKI infrastrukture zahtijeva da se prethodno pažljivo definišu potrebe i ciljevi njenog uvođenja u visokoobrazovnu instituciju. Definisane potrebe je zapravo definisanje usluga koje sistem treba da pruži svojim korisnicima putem računarskih aplikacija kao i definisanje uloga korisnika i resursa koji će njima biti potrebni.

LITERATURA

- [1] Alan G. Konheim: „*Computer Security and Cryptography*“, Wiley 2007.
- [2] S. Lloyd, C. Adams „*Understanding the Public-Key Infrastructure: Concepts, Standards, and Deployment Considerations*“, Sams, 1999.
- [3] Oded Goldreich, „*Foundations of Cryptography*“, Cambridge University Press, 2001.
- [4] A. Menezes, P. van Oorschot, S. Vanstone, „*Handbook of Applied Cryptography*“, CRC Press. 2001
- [5] Vlada Crne Gore, Ministarstvo za informaciono društvo, „*Strategija uspostavljanja sertifikacionog tijela (CA – Certification Authority)*“, 2009.

UTICAJ UGLA KORAKA SPIRALE NA DIJAGRAM ZRAČENJA CILINDRIČNE HELIKOIDNE ANTENE

THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF THE SPIRAL STEPS TO RADIATION PATTERNS OF CYLINDRICAL HELICAL ANTENNA

Ana Jovanović, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*

Sadržaj - Na zračenje cilindrične helikoidne antene utiče veliki broj parametara. U ovom radu je analiziran uticaj ugla koraka spirale na zračenje ove antene. Za analizu polja antene korišćen je Metod najmanjih kvadrata. Pokazalo se da se sa malim brojem baznih funkcija veoma dobro zadovoljava granični uslov, što dobijene rezultate čini pouzdanim.

Abstract - Large number of parameters influence on the radiation of the cylindrical helical antenna. In this paper is analyzed the influence of angle of the spiral steps to radiation of this antenna. Used of the Least square boundary method for the analysis of field antenna. It appeared that the boundary condition is highly fulfilled by a small number of eigenfunctions, which makes the obtained results very reliable.

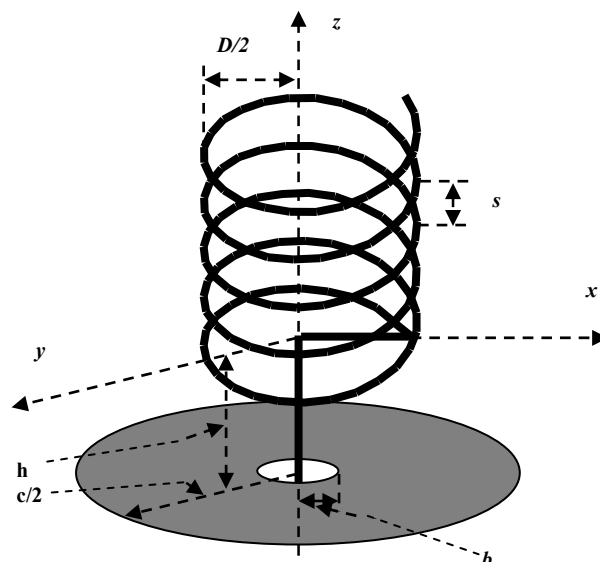
1. UVOD

Određivanje karakteristika antenskih struktura je uvijek aktuelno, o čemu svjedoči veliki broj radova posvećenih ovoj problematici u najprestižnijim naučnim publikacijama. Najčešće korišćeni metod za analizu antenskih formi je metod momenata, čija suština jeste u tome da se antena dijeli na veliki broj malih segmenata sa vrijednostima struje u njima kao nepoznatim veličinama (vidi na pr. [1],[2],[3]) što dovodi do rada sa matricama vrlo visokog reda. U novije vrijeme sve više se koristi metod konačnih razlika u vremenskom domenu (vidi na pr. [4],[5]) u kome je jedan od osnovnih problema određivanje vještačke granice na kojoj se završava numerička procedura. Predstavljanje polja antene sistemom sopstvenih funkcija ([6]) dovodi kod analize polja u bliskoj zoni, čak i kod najjednostavnijih struktura do vrlo složene procedure.

Za analizu polja zračenja cilindrične helikoidne antene u ovom radu je korišćen Metod najmanjih kvadrata. Polje antene je određeno na osnovu talasnih potencijala talasne jednačine, koji se predstavljaju kao linearna kombinacija baznih funkcija. Bazne funkcije, a samim tim i njihova linearna kombinacija identički zadovoljavaju talasnu jednačinu, tako da je jedini izvor greške nepotpuno zadovoljenje graničnog uslova. Nepoznati koeficijenti razvoja određuju se minimiziranjem kvadrata greške na samoj anteni. Ovaj metod, u izvornoj ili modifikovanoj formi, pokazao se veoma prost i tačan na nizu različitih problema (vidi na pr. [7],[8],[9],[10],[11],[12]).

2. OPIS PROBLEMA I PRIMIJENJENOG METODA

Cilindrična helikoidna antena se napaja koaksijalnim kablom. Na produženi unutrašnji provodnik koaksijalnog kabla nastavlja se cilindrična spirala, dok se na spoljašnji provodnik koaksijalnog kabla radi postizanja jednostranosti zračenja nadograđuje metalni pločasti (pun ili mrežast) reflektor.



Slika.1. *Cilindrična helikoidna antena sa reflektorom*

Polje zračenja cilindrične helikoidne antene, bilo u bliskoj ili dalekoj zoni, ne pripada niti TE ni TM talasu. Da bi našli komponente polja zračenja uvešćemo oba vektorska potencijala, tj magnetni i električni vektor potencijal:

$$A_r = \sum_m \sum_n C_{mn} B_n(kr) P_n^m(\cos \theta) e^{jm\phi} \quad (1)$$

$$F_r = \sum_m \sum_n D_{mn} B_n(kr) P_n^m(\cos \theta) e^{jm\phi}$$

gdje su C_{mn} i D_{mn} nepoznati koeficijenti razvoja, $B_n(kr)$ Besselove f-je i $P_n^m(\cos \theta)$ Ležandrovi polinomi.

Komponente polja date su sledećim izrazima [13]:

$$E_r = \frac{1}{j\omega\epsilon} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + k^2 \right) A_r$$

$$E_\theta = \frac{-1}{r \sin \theta} \frac{\partial F_r}{\partial \phi} + \frac{1}{j\omega\epsilon r} \frac{\partial^2 A_r}{\partial r \partial \theta}$$

$$\begin{aligned}
E_\varphi &= \frac{1}{r} \frac{\partial F_r}{\partial \theta} + \frac{1}{j\omega\epsilon r \sin \theta} \frac{\partial^2 A_r}{\partial r \partial \varphi} \\
H_r &= \frac{1}{j\omega\mu} \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + k^2 \right) F_r \\
H_\theta &= \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial A_r}{\partial \varphi} + \frac{1}{j\omega\mu r} \frac{\partial^2 F_r}{\partial r \partial \theta} \\
H_\varphi &= -\frac{1}{r} \frac{\partial A_r}{\partial \theta} + \frac{1}{j\omega\mu r \sin \theta} \frac{\partial^2 F_r}{\partial r \partial \varphi}
\end{aligned} \quad (2)$$

Grafični uslov jeste anuliranje tangencijalnih komponenti električnog polja na metalnoj površini krakova antene. Grafični uslovi za pojedinačne djelove antene dati su sledećim izrazima:

(a) Reflektor

$$\left. \begin{aligned} E_\varphi &= 0 \\ E_r \sin \theta + E_\theta \cos \theta &= 0 \end{aligned} \right\} \text{ na metalnoj površini reflektora}$$

$$\left. \begin{aligned} E_r \sin \theta + E_\theta \cos \theta &= E_i = \frac{U}{r \ln \frac{b}{a}} \end{aligned} \right\} \text{ u vazдушnom procjepu}$$

gdje je $\pi - \arctg \frac{b}{h} \leq \theta \leq \pi$ i a poluprečnik unutrašnjeg provodnika koaksijalnog kabla, koje ćemo uzeti malo u odnosu na dužinu poluprečnika reflektora.

(b) Izvučeni dio unutrašnjeg provodnika koaksijalnog kabla

$$E_r = 0 \quad \text{za} \quad 0 \leq r \leq h$$

(c) Poprečni dio unutrašnjeg provodnika koaksijalnog kabla

$$E_r = 0 \quad \text{za} \quad 0 \leq r \leq \frac{D}{2}, \quad \theta = \frac{\pi}{2}, \quad \varphi = 0$$

(d) Spirala

Parametarska jednačina spirale u sfernom koordinatnom sistemu je:

$$\begin{aligned}
r &= \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{snt}{2\pi}\right)^2} = r(t) \\
\theta &= \arccos \frac{snt}{2\pi r} = \theta(t) \\
\varphi &= nt = \varphi(t)
\end{aligned}$$

gdje je: $0 \leq t \leq 2\pi$, n broj zavijaka spirale, D prečnik zavojka spirale, $s = D\pi t g \alpha$ korak spirale i α ugao koraka spirale.

Tangencijalne komponente električnog polja se anuliraju na metalnoj površini spirale. Vektor pravca tangente u bilo kojoj tački spirale je:

$$\vec{t} = \left(\frac{dr}{dt}, r \frac{d\theta}{dt}, r \sin \theta \frac{d\varphi}{dt} \right) = \left(\frac{\left(\frac{sn}{2\pi}\right)^2 t}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{snt}{2\pi}\right)^2}}, \frac{-snD}{4\pi \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{snt}{2\pi}\right)^2}}, \frac{nD}{2} \right)$$

Projekcija vektora električnog polja $\vec{E}(E_r, E_\theta, E_\varphi)$ na tangentu \vec{t} je:

$$Pr_{\vec{t}}^{\vec{E}} = \frac{(\vec{E} \cdot \vec{t})}{|\vec{t}|} = E_r M + E_\theta N + E_\varphi P$$

gdje su:

$$M = \frac{dr}{|\vec{t}|}, \quad N = \frac{r \frac{d\theta}{dt}}{|\vec{t}|}, \quad P = \frac{r \sin \theta \frac{d\varphi}{dt}}{|\vec{t}|}$$

Stavljajući u izraze koji definišu grafične uslove na svim djelovima antene izraz za komponente električnog polja (2) i minimizirajući kvadrat greške, postupkom opisanim u [12], na kompletnoj geometriji antene dobijamo sledeći sistem algebarskih jednačina:

$$\sum_n \sum_m S_{nm} a_{nm, n'm'} = b_{n'm'}$$

gdje su:

$$a_{nm, n'm'} = \int_{\text{reflektor}} F_{nm}^{(1)} F_{n'm'}^{(1)*} dS + \int_{\text{reflektor}} F_{nm}^{(2)} F_{n'm'}^{(2)*} dS +$$

$$\int_0^h F_{nm}^{(3)} F_{n'm'}^{(3)*} dl + \int_0^{\frac{D}{2}} F_{nm}^{(4)} F_{n'm'}^{(4)*} dl + \int_{\text{spirala}} F_{nm}^{(5)} F_{n'm'}^{(5)*} dl_s$$

$$b_{n'm'} = \int_{\text{vazdusni procjep}} F_{n'm'}^{(2)*} \frac{U}{r \ln \frac{b}{a}} dS$$

Zbog zadovoljenja grafičnog uslova u oblasti koja uključuje tačke kada $r \rightarrow 0$ $B_n(kr)$ su Besselove funkcije prve vrste. U udaljenim tačkama potencijal, odnosno komponente polja izražavamo preko Henkelovih funkcija, kako bi bili zadovoljeni uslovi zračenja u dalekoj zoni. Tako su sada potencijali polja dati sledećim izrazima:

$$A_r = \sum_m \sum_n \beta_{nm}^{(1)} H_n(kr) P_n^m(\cos \theta) e^{jm\varphi} \quad (3)$$

$$F_r = \sum_m \sum_n \beta_{nm}^{(2)} H_n(kr) P_n^m(\cos \theta) e^{jm\varphi}$$

gdje su $\beta_{nm}^{(1)}, \beta_{nm}^{(2)}$ nepoznati koeficijenti razvoja koje ćemo dobiti iz uslova jednakosti magnetskih i električnih vektor potencijala, datih izrazima (2) i (3) na sferi poluprečnika $R = \max(r)$:

$$\beta_{nm}^{(1)} = C_{nm} \frac{B_n(kR)}{H_n(kR)} \quad \beta_{nm}^{(2)} = D_{nm} \frac{B_n(kR)}{H_n(kR)}$$

U zoni zračenja sve Henkelove funkcije postaju:

$$H_n(kr) = j^{(n+1)} e^{-jkr}$$

Tako sada u zoni zračenja imamo sledeće komponente električnog polja:

$$E_{\varphi} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \frac{e^{-jkr}}{r} e^{jm\varphi} j^{n+1} \left(\frac{km}{y \sin \theta} \beta_{nm}^{(1)} P_n^m(\cos \theta) + \beta_{nm}^{(2)} \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} \right)$$

$$E_{\theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \frac{e^{-jkr}}{r} e^{jm\varphi} j^{n+1} \left(\frac{jk}{y} \beta_{nm}^{(1)} \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} - \frac{jm}{\sin \theta} \beta_{nm}^{(2)} P_n^m(\cos \theta) \right)$$

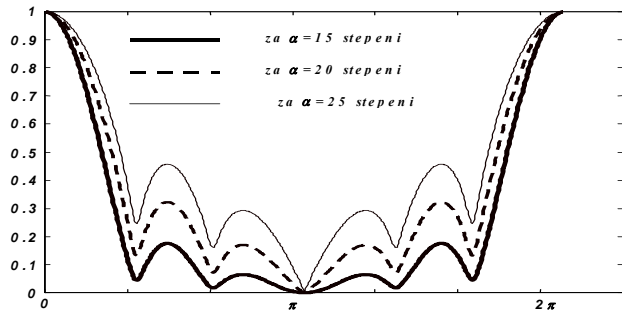
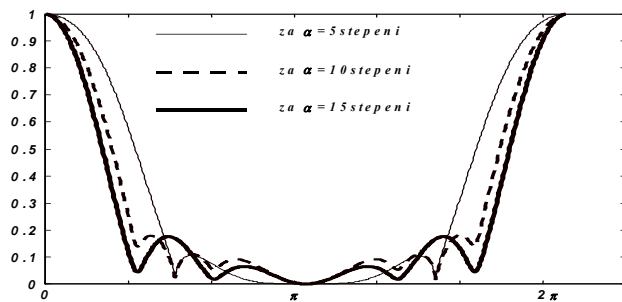
Karakteristična funkcija zračenja ima dvije komponente:

$$\widehat{F}_{\varphi}(\theta, \varphi) = \left| \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n j^{n+1} e^{jm\varphi} \left(\frac{km}{y \sin \theta} \beta_{nm}^{(1)} P_n^m(\cos \theta) + \beta_{nm}^{(2)} \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} \right) \right|$$

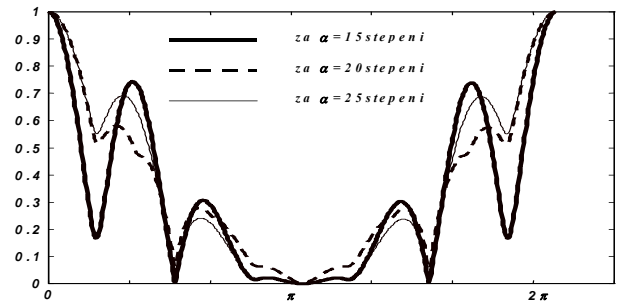
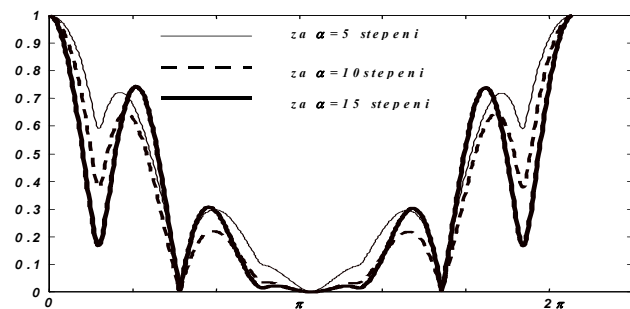
$$\widehat{F}_{\theta}(\theta, \varphi) = \left| \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n j^{n+1} e^{jm\varphi} \left(\frac{jk}{y} \beta_{nm}^{(1)} \frac{\partial P_n^m(\cos \theta)}{\partial \theta} - \frac{jm}{\sin \theta} \beta_{nm}^{(2)} P_n^m(\cos \theta) \right) \right|$$

3. NUMERIČKI REZULTATI

Opisanim numeričkim postupkom analiziran je uticaj ugla koraka spirale na dijagrame zračenja antene. Na slici (2) dati su dobijeni uporedni dijagrami zračenja helikoidne antene za različite uglove koraka spirale. Vrijednosti ostalih parametara antene su $D\pi = \lambda$; $n = 3$; $c = \lambda$.



(a)



(b)

Slika 2. Uporedni dijagrami zračenja helikoidne antene za različite uglove koraka spirale, (a) E_{φ} komponenta, (b) E_{θ} komponenta

U tabeli 1. data je izračunata direktivnost helikoidne antene za različite uglove koraka spirale.

Tabela 1.

α	$\alpha = 5^{\circ}$	$\alpha = 10^{\circ}$	$\alpha = 15^{\circ}$	$\alpha = 20^{\circ}$	$\alpha = 25^{\circ}$
$D(\text{dB})$	2.21	3.76	3.92	3.34	2.53

Sa slike (2) i iz tabele 1. se uočava da sa povećanjem ugla koraka spirale od $5^{\circ} \leq \alpha \leq 15^{\circ}$ smanjuje se širina glavnog kraka lepeze i raste direktivnost antene. Sa promjenom ugla koraka spirale od $15^{\circ} < \alpha \leq 25^{\circ}$ pojačava se zračenje u bočnim pravcima i direktivnost antene opada. Na osnovu izloženog možemo zaključiti da se najbolji efekti postižu ako je vrijednost ugla koraka oko 15° .

4. ZAKLJUČAK

Opisanim numeričkim postupkom analiziran je uticaj ugla koraka spirale na dijagrame zračenja cilindrične helikoidne antene. Takođe, za sve analizirane slučajeve izračunata je direktivnost antene. Na osnovu dobijenih dijagrama zračenja i izračunate direktivnosti antene možemo zaključiti da se najbolji efekti postižu ako je vrijednost ugla koraka oko 15° . Veoma dobro zadovoljenje graničnog uslova na svim djelovima antene postignuto je sa trideset članova razvoja.

LITERATURA

- [1] R.T.Gloutak, Jr. and N.G.Alexopoulos, "Two-Arm Eccentric Spiral Antenna", *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.4, april 1997.
- [2] S.K.Khamas and G.G.Cook, "Moment-Method Analysis of Printed Wire Spirals Using Curved Piecewise Sinusoidal Subdomain Basis and Testing Functions", *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.6, jun 1997.
- [3] H.Nakano, Y.Shinma and J.Yamauchi, "A Monofilar Spiral Antenna and Its Array Above a Ground Plane-Formation of a Circularly Polarized Tilted Fan Beam",

- IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.10, october 1997.
- [4] O.M.Ramahi, "Near-and Far-Field Calculations in FDTD Simulations Using Kirchoff Surface Integral Representation", *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.5, may 1997.
- [5] A.Shlivinski, E.Heyman and R.Kastner, "Antenna Characterization in the Time Domain", *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.7, july 1997.
- [6] L.W.Li, M.S.Leong, P.S.Kooi and T.S.Yeo, "Exact Solutions of Electromagnetic Fields in Both Near and Far Zones Radiated by Thin Circular-Loop Antennas: A General Representation", *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol.45, no.12, december 1997.
- [7] LJ.Stanković, S.Jovičević, "Boundary Condition Expansion of Basis Functions Method Implemented by Fast Fourier Transform Algorithms", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol.38, no.3, march 1990.
- [8] A.Jovanović, S.Jovičević, "A general Solution of the Thin Circular Loop Radiation", *Electromagnetics*, Vol. 23, no.1, january 2003.
- [9] S.Jovičević, A.Jovanović, "The analysis of the biconical antenna by the Least-Squares Boundary Residual Method", *Int. J. Electron. Commun. (AEU)* 57 (2003), no. 6, 415-419.
- [10] A.Jovanović, S.Jovičević, "Analiza žičanih antena metodom najmanjih kvadrata", XLII ETRAN sveska II, Vrnjačka Banja 1998.
- [11] A.Jovanović, S.Jovičević, "Analiza polja simetrične Arhimedove spirale metodom najmanjih kvadrata", 49 konferencija za ETRAN sveska II, Budva jun 2005.
- [12] A.Jovanović, "Analiza složenih antenskih struktura metodom najmanjih kvadrata", *doktorski rad*, Podgorica 2004.
- [13] R.F.Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields, Mc Graw-Hill Book Company, New York 1961.

PRIMJER REALIZACIJE AMM SISTEMA U PRIGRADSKIM NASELJIMA EXAMPLE OF IMPLEMENTATION AMM SYSTEM IN SUBURBS

Dejan Milićević, *MH ERS ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj*
Milovan Radulović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj – AMM (*Automatic Meter Management*) sistemi se u različitom obimu implementiraju u gotovo svim elektrodistributivnim preduzećima. U ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj opredjeljenje je da se u zavisnosti od područja na kome se implementira AMM sistem bira pouzdano i ekonomično rješenje. U ovom radu je opisan AMM sistem implementiran u prigradskim naseljima gdje su instalirana brojila električne energije koja posjeduju serijski port (RS-485) koji je iskorišćen da se brojila pomoću širmovane parice povezuju na RS-485 magistrale položene uz samonosivi kablovski snop (SKS). U radu je izvršena i kratka analiza troškova implementacije ovakvog sistema i poređenje sa drugim sistemima.

Ključne riječi – brojilo, AMM, RS-485

Abstract – AMM (*Automatic Meter Management*) systems are implemented to varying degrees in almost all power distribution companies. The ZP "Elektro Doboj" a.d. Doboj decided to be depending on the area in which to implement AMM system selects a reliable and economical solution. This task describes the AMM system is implemented in the suburbs where they installed electricity meters which have a serial port (RS-485) which is used to meter using shielded twisted pair connecting to the RS-485 bus deposited with the self-supporting cable bundle (SKS). The task presents a short analysis of the costs of implementation of this system and comparison with other systems.

Keywords – meter, AMM, RS-485

1. UVOD

Pojavom elektronskih brojila električne energije javila se mogućnost da se pored osnovne funkcije brojila a to je mjerenje utroška električne energije vrši prikupljanje i obrada drugih korisnih podataka. U prvobitnim AMR (*Automatic Meter Reading*) sistemima ti podaci su se samo čitali iz brojila i prosljeđivali u centar, tj. postojala je jednosmjerna komunikacija. Razvojem elektronskih sklopova omogućena je dvosmjerna komunikacija i tako su nastali AMM (*Automatic Meter Management*) sistemi koji omogućavaju podešavanje i upravljanje brojlom iz centra. U posljednje vrijeme koristi se i pojam AMI (*Automatic Meter Infrastructure*) sistemi koji osim brojila uključuju hardver, softver, komunikacije, kontrolere i monitore potrošnje kod potrošača, itd. AMM sistemi imaju niz prednosti kao što su:

- smanjenje troškova očitavanja brojila,
- mogućnost automatskog očitavanja brojila u zadato vrijeme,
- mogućnost analize potrošnje i kreiranje raznovrsnih izvještaja,
- izvoz podataka direktno u sistem naplate,
- očitavanje alarma iz brojila kao što je neovlašćeno skidanje poklopca sa brojila,
- parametrisanje brojila,
- promjena tarifnog rasporeda,
- lociranje gubitaka električne energije,
- mogućnost povezivanja drugih brojila u sistem (npr. gas, voda) i slično.

Najčešće se AMM sistemi baziraju na PLC (*Power Line Communication*) pri čemu se komunikacija od brojila, koja imaju integrisan PLC modem, do koncentratora u trafostanici ostvaruje preko energetskih vodova. Koncentrator podataka se GSM/GPRS vezom povezuje sa centrom upravljanja. PLC je veoma specifičan medij za prenos podataka zbog fizičkih

osobina vodova i nepredvidivog ponašanja potrošača. Promjenljiva impedansa i šum koji ima impulsni i stohastički karakteru su najveći problemi kod PLC komunikacije [1].

Pored PLC komunikacije postoji niz drugih komunikacionih tehnologija kojim se ostvaruje veza između brojila i koncentratora. Predstavnik bežičnih komunikacija na ovom polju je ZigBee tehnologija [2]. Mrežni protokol ZigBee je nastao kada se javila potreba za umrežavanjem velikog broja uređaja između kojih se prenosi mala količina podataka, a aplikacije zahtjevaju veliku energetsku autonomiju uređaja, te samim tim i malu potrošnju [3]. ZigBee radi u slobodnom frekvencijskom opsegu (*ISM band*) na frekvenciji od 2,4GHz gdje je limitirana snaga emisije. ZigBee uređaji se dijele na koordinate, repetitore i krajnje uređaje pri čemu formiraju *mesh* mrežu.

RS-485 standard se zbog svojih karakteristika nameće kao jedno od rješenja za povezivanje više uređaja na jednu magistralu. Ovaj standard definiše samo električne osobine predajnika i prijemnika, ne definiše protokol komunikacije. Komunikacija koja se zasniva na RS485 standardu se najčešće koristila za povezivanje brojila koja su grupisana kao što su stambene zgrade. Određena ispitivanja [4] su dokazala da se može koristiti i za AMM sisteme kod kojih brojila nisu grupisana, kao što je slučaj u ovom radu. RS-485 magistrala može biti četverožična (*full-duplex*) ili dvožična (*half-duplex*). Ograničenja koja su vezana za RS-485 magistralu su ta da se na nju može povezati do 32 uređaja i da ne bude duža od 1200 metara. Kod RS-485 magistrale pored navedenih ograničenja bitno je voditi računa da nema grananja magistrale, tj. ne preporučuje se topologija zvijezda zbog refleksije. Naime komunikacija po RS-485 standardu je takva da se na prijemniku na osnovu razlike potencijala na linijama A i B (provodnici u parici) određuje da li je binarna

1 ili 0, tj. ako je $B-A > +200\text{mV}$ registrovaće se binarna 1 ili ako je $B-A < -200\text{mV}$ registrovaće se binarna 0.

Pored navedenih komunikacionih tehnologija može se koristiti Wi-Fi, Ethernet, GSM/GPRS i sl.

2. ELEMENTI AMM SISTEMA

Za realizaciju navedenog AMM sistema u prigradskim naseljima potrebni su elementi koji su opisani u nastavku.

Brojila električne energije koja su u skladu sa standardima IEC 62053-21 i IEC 62052-11. Brojila moraju imati mogućnost mjerenja aktivne energije, maksigrafa, snimanja profila opterećenja (15-to minutna srednja snaga) za prethodnih 45 dana, mjerenje parametara mreže, alarmiranja u slučaju narušavanja integriteta brojila i slično. Napajanje RS-485 komunikacionog modula mora biti iz brojila tako da se može formirati dvožična magistrala. Ostale karakteristike brojila: maksimalan broj tarifa 4, klasa tačnosti 2 za aktivnu energiju i klasa 1 za maksigraf, maksimalna struja 60A, itd.

Magistrala mora biti realizovana pomoću širmovane parice čiji je spoljni omotač UV stabilisan tako da je pogodan za vanjsku montažu. Jezgro navedenog kabla je parica sa finožičnim bakarnim provodnicima a oko jezgra je širm (ekran) od kalajisanih bakarnih žica. Širm služi kao uzemljenje i štiti provodnik od električnog šuma.

Na kraju magistrale se nalazi konvertor RS-485/Ethernet. Navedeni konvertori se na serveru u centru upravljanja vide kao virtuelni serijski portovi te se na osnovu toga može komunicirati preko Ethernet-a ili Interneta sa uređajima koji imaju RS-485 interfejs.

RS-485 pojačavač može se koristiti u slučajevima kada do izražaja dolaze ograničenja vezana za ovaj standard. Naime, možemo ga koristiti kada nam je potrebna magistrala duža od 1200 metara ili kada imamo više od 32 uređaja na magistrali. Takođe se koristi i kada imamo otcjepe na magistrali jer sprečava pojavu refleksije.

Ako imamo više konvertora RS-485/Ethernet oni se moraju spojiti na svič. U našem slučaju potreban je 5 portni 10/100 Mbps svič koji radi na principu *plug&play*.

Za prelazak sa STP kabla na optički kabl koristimo media konvertor koji podržava protokole IEEE 802.3, 10Base-T; IEEE 802.3, 10Base-TX i IEEE 802.3, 10Base-FX.

Veza između trafostanice 10/0,4kV i trafostanice 35/10kV je realizovana samonosivim optičkim kablom (4 optička vlakna- single mode G 652.d) sa nosećom čeličnom sajлом.

U centru upravljanja je potreban PC računar minimalno sledećih karakteristika: procesor Intel dual core 2,5GHz, RAM 2GB, HDD 160GB, operativni sistem WinXP-OEM. Na navedenom računaru treba biti softver koji može obezbijediti potpunu funkcionalnost AMM sistema.

3. OPIS REALIZOVANOG SISTEMA

Elektro Doboje već duže vrijeme vrši rekonstrukciju niskonaponske mreže koja se bazira na izolovanoj nadzemnoj mreži. Izolovana nadzemna mreža je ostvarena upotrebom samonosivog kablovskog snopa (SKS) koji je postavljen na armirano betonske stubove. Mjerna mjesta se izmiještaju iz objekata potrošača u mjerno priključne ormare koji se nalaze na stubovima.

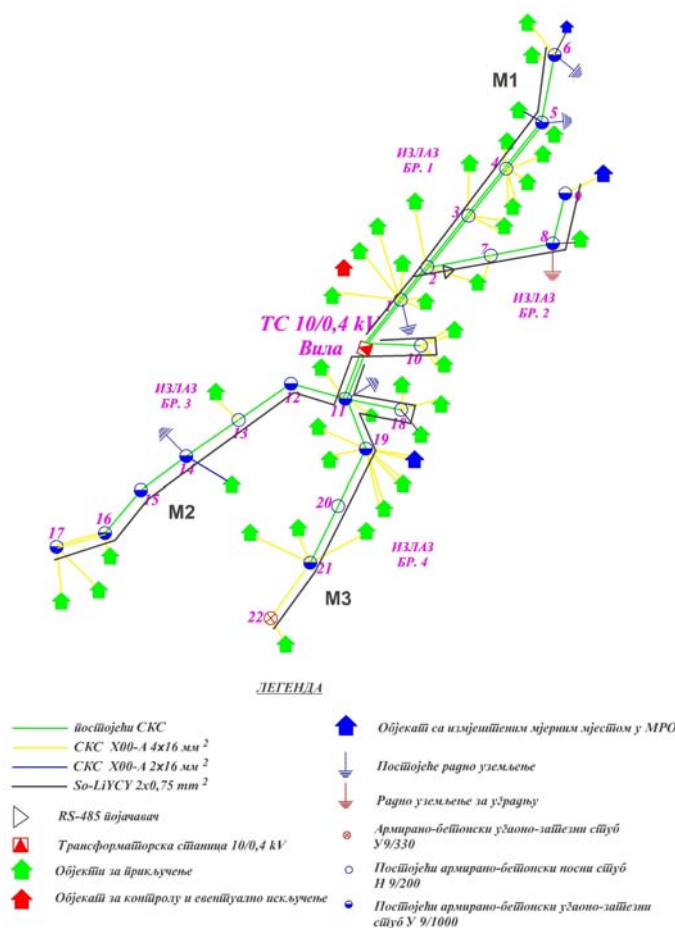
Konkretno, ZP "Elektro Doboje" a.d. Doboje je elektro distributivno preduzeće koje ima oko 90000 potrošača. Naplata električne energije se vrši na mjesečnom nivou što znači da se svaki mjesec očitavaju sva brojila. Ručno očitavanje brojila iziskuje anagažovanje značajnog broja radnika i vozila što pored direktnih troškova stvara i indirektno jer radnici koji vrše očitavanje bi u tom periodu mogli obavljati druge aktivnosti koje bi doprinijele smanjenju gubitaka električne energije.

Pored navedenih benefita koji su posljedica implementacije AMM sistema znatno se može uštediti i izborom komunikacionih puteva i opreme. ZP "Elektro Doboje" a.d. Doboje je kao pilot projekat do sada na 10 prigradskih trafo područja implementirao AMM sistem gdje se komunikacija između brojila i trafostanice 10/0,4 kV bazira na RS-485 standardu.

U ovom radu će biti prikazan izgled AMM sistema implementiranog na trafo području Vila (Doboje). Radi se o prigradskom naselju gdje se u ovom trafo području nalazi 50 potrošača električne energije.

Na mjernim mjestima su instalirana brojila sa RS-485 serijskim portom. Radi se o monofaznim (DM1) i trofaznim (DST1) brojilima sa integrisanim časovnikom proizvođača CITI Beograd. Komunikacija na serijskom portu se obavlja po protokolu IEC 62056-21 mod C. Na trafo području Vila brojila električne energije su povezane na tri RS-485 magistrale (slika 1). Za magistrale je korišten kabl So-LiYCY 2x0,75 mm² koji se pričvršćuje za SKS pomoću UV stabilisanih vezica. U konkretnom slučaju radi se o vezicama dužine 142 mm, širine 3,2 mm koje mogu da izdrže teret od 18 kg. Masa kabla So-LiYCY 2x0,75 mm² je 51,6 kg/km, raspon između dva stuba na NN mreži je oko 40 metara što znači da je masa komunikacionog kabla na jednoj dionici oko 2 kg. Komunikacioni kabl se navedenim vezicama pričvršćuje za SKS u prosjeku na svakih četiri metra.

Komunikacione magistrale ne moraju da prate energetske izlaze te su tako izlazi 1 i 2 na istoj magistrali M1. Kao što se vidi na slici 1 ukoliko se radi o otcjepu koji je veličine do 3 polja (polje - razmak između dva stuba) zadržava se oblik magistrale i sa zadnjeg brojila na otcjepu postavlja se kabl koji se pruža do početka otcjepa kao što je slučaj na četvrtom izlazu (magistrala M3). U slučaju da imamo otcjep od tri ili više polja tada se na početku otcjepa postavlja RS-485 pojačavač koji će spriječiti pojavu refleksije. Pojačavač je postavljen da drugom izlazu sa trafostanice i tako je taj krak spojen na magistralu M1 (Slika 1.). Izabran je pojačavač ATC109N proizvođača Advanced Technology koji zadovoljava navedene uslove.



Slika 1. Trafo područje Vila

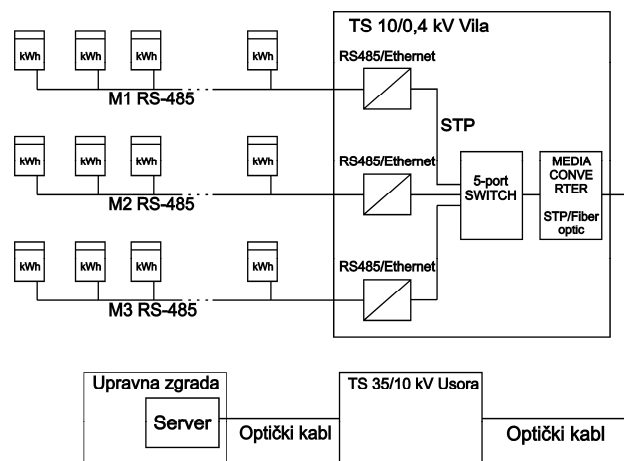
Na osnovu prosječne dužine polja od 40 metara i spusta 15 metara dobija se da su karakteristike magistrala slijedeće:

Magistrala	Dužina (m)	Brojila (kom.)
M1	510	24
M2	465	11
M3	435	15

Širm koji se nalazi u komunikacionim kablovima je racijecan na mjestima gdje su uzemljeni stubovi. Uzemljenje širma je vršeno tako da je uvijek samo jedan kraj uzemljen dok je drugi samo izolovan. Uzemljenje širma se isključivo vršilo na stubovima na kojima postoji uzemljenje.

U posebnom ormaru koji se nalazi na stubu TS Vila RS-485 magistrale se dovode na konvertore RS-485/Ethernet (model ATC-1000, proizvođač Advanced Technology). Serijski interfejs ima mogućnost dvožičnog ili četverožičnog povezivanja, te brzinu prenosa podataka od 300 bps do 230400 bps. Mrežni interfejs je Ethernet 10Base-T ili 100Base-TX (auto indikacija) a podržava slijedeće protokole: TCP/IP, UDP/IP, ARP, ICMP, TFTP, Telnet, DHCP, BOOTP, HTTP i AutoIP. Brojila električne energije komuniciraju po protokolu IEC 62056-21 mod C po kojem komunikacija startuje sa brzinom prenosa 300 bps a poslije identifikacije se može povećati. Korišteni konvertori RS-485/Ethernet nemaju mogućnost promjene brzine prenosa podataka u toku komunikacije što je uslovilo da komunikacija ostane na početnoj brzini od 300 bps. Na slici

2 je prikazana međusobna veza svih elemenata AMM sistema.



Slika 2. Šema AMM sistema

Poslije konverzije RS-485/Ethernet pomoću STP kablova signal se dalje prosljeđuje do petoportnog sviča (model TL-SF1005D proizvođač TP-Link). Navedeni svič je izabran zbog broja magistrala i nalazi se u istom ormaru gdje su konvertori protokola i media konvertori. Pomoću media konvertora (model FT-802S15 proizvođača Planet) prelazi se sa STP kabla na optički kabl (ELKOPT SM 31 P proizvođač ELKA).

Trafo stanica Vila je povezana samonosivim optičkim kablom sa susjednom TS 10/0,4 kV i tako dalje je svih 10 trafostanica sa jednim optičkim kablom povezano sa čvornom trafostanicom 35/10 kV Usora. Trafo područja se "dodiruju" pa je navedeni optički kabl postavljen na postojeće stubove niskonaponske mreže. Za povezivanje navedenih 10 trafostanica utrošeno je oko 7000 metara optičkog kabl. Veza između čvorne trafostanice Usora i upravne zgrade (centra upravljanja) je već postojala, radi se o podzemnom optičkom kablom.

Svi navedeni elementi sistema omogućavaju dvosmjernu komunikaciju što je i zahtjev za AMM sisteme.

Softver koji se je instaliran se serveru u centru upravljanja je razvijen u IT službi Elektro Doboja. Takođe, svi radovi na implementaciji sistema (polaganje kablova splajsovanje optičkih kablova i sl.) je odrađeno sopstvenim ljudstvom i sredstvima. Pomoću navedenog softvera se mogu iskoristiti sve mogućnosti koje pruža AMM sistem. Prikupljeni podaci se pohranjuju u baze a obračunski podaci se na kraju svakog mjeseca automatski eksportuju u sistem naplate. Za očitavanje podataka iz kategorije domaćinstva (ativna električna energija u četiri tarife, maksigraf u četiri tarife, reaktivna električna energija u četiri tarife, maksimalne i minimalne vrijednosti napona i struje po fazama u toku mjeseca) potrebno je u prosjeku oko 20 sekundi, što znači za konkretno trafo područje Vila od 50 potrošača potrebno je oko 17 minuta. Pomoću softvera se automatski periodično vrši i očitavanje statusa alarma na brojilima, tako da se može blagovremeno dobiti informacija o skidanju poklopca brojila, nestanku napona na određenoj fazi, grešci na brojilu i slično. Jednom dnevno se vrši i

očitanje petnaestominutnih srednjih snaga na osnovu čega se kreira profil opterećenja za određenog potrošača. Sistem daje mogućnost i isključenja/uključenja brojila direktno iz centra upravljanja. U tom slučaju na brojilu se u produžetku priključnice ugrađuje sklopka (prekidač) pomoću koje može da se vrši isključenje ili uključanje potrošača. Sklopka ima i ulogu limitera, tako da se potrošač može automatski isključiti ukoliko njegova snaga bude veća od dozvoljene. Dosadašnja praksa je pokazala da postoji opravdanost ugradnje sklopki na 5-10% brojila.

4. ANALIZA TROŠKOVA

U praksi najčešće rješenje za AMM sisteme je PLC (Power Line Communication) između brojila i koncentratora koji se nalazi u trafostanici i GSM/GPRS veza između koncentratora i centra upravljanja. Povezivanjem trafostanice i centra upravljanja optičkim kablom koncentrator više nije potreban jer se prikupljanje podataka zbog dobre i pouzdane veze koju nudi optički kabl može direktno vršiti sa servera iz centra upravljanja. Optički kabl je skuplje rješenje ali za prigradska naselja je rješenje koje će se sigurno isplatiti. Naime pored AMM sistema može se koristiti za prenos bilo kojih podataka pouzdano i brzo.

Da bi mogli analizirati ekonomičnost ovakvog sistema napravićemo pregled utrošenog materijala:

Materijal	Količina
Brojila sa RS-485 portom	50 kom.
Kabl So-LiYCY	1410 m
Veze za kablove	5700 kom.
Konvertor RS-485/Ethernet	3 kom.
Svič (5 portni)	1 kom.
Media konvertor STP/Fiber optic	1 kom.
Optički kabl (samonosivi, 4 opt. vlakna)	700 m

Po trenutnim tržišnim cijenama vrijednost navedenog materijala je oko 3850 Eura, tj. 77 Eura po mjernom mjestu. U materijal nije ubrojan postojeći podzemni optički kabl između upravne zgrade i čvorne trafostanice Usora (oko 1500 m), postojeći server i softver koji je razvijan sopstveno kao ni radna snaga. Poređenja radi, sistem zasnovan na PLC-u na bazi od par hiljada brojila je oko 200 Eura po mjernom mjestu (uključujući softver) [5].

5. ZAKLJUČAK

Ukoliko bi se u kalkulaciju opravdanosti uvođenja AMM sistema u svrhu prikupljanja obračunskih podataka uzeli

samo direktni troškovi (angažovanost ljudstva i vozila) dobili bi da je otplativost sistema par desetina godina. Međutim AMM sistem nam daje dosta više mogućnosti i u pogledu očitavanja kao i u pogledu upravljanja brojilima. Takođe, preduslov za liberalizaciju tržišta električne energije je uvođenje AMM sistema jer će svi potrošači moći birati dobavljača električne energije a distributer će morati sve to da isprati i blagovremeno prikupi sve potrebne podatke. Kod uvođenja AMM sistema bitno je odabrati sistem čiji će se elementi moći u budućnosti iskoristiti u *smart greed* sistemima. Sa te strane primjenjeni sistem u prigradskom naselju koji nema koncentrator u TS 10/0,4 kV već ima dobru vezu sa centrom upravljanja (optički kabl) ima infrastrukturu koja će biti u većoj mjeri iskorištena u budućim *smart greed* sistemima. Komunikacija između brojila i trafostanice zasnovana na RS-485 standardu je pouzdanija od PLC komunikacije jer ne zavisi od uslova na mreži. Pored toga RS-485 standard ima široku primjenu tako da su na tržištu dostupni uređaji sa navedenim interfejsom i što je bitno da su uređaji različitih proizvođača kompatibilni. Na osnovu analize troškova implementacije opisanog AMM sistema i njegovih mogućnosti može se zaključiti da je opravdano implementiranje AMM sistema sa komunikacijom zasnovanom na RS-485 standardu u prigradskim područjima koja su gusto naseljena.

LITERATURA

- [1] Bojana Bajić, Milan Janković, Miroslav Dukić, *Tehno-ekonomska poređenje PLC tehnologije i ostalih vodećih tehnologija za pristup internetu i umrežavanje*, Infoteh – Jahorina mart 2009.
- [2] www.zigbee.org
- [3] V. Pejović, M. Kojić, M. Stefanović, *Komunikaciona mreža u AMR/AMM/AMI sistemima (model i funkcionalnosti)*, VII savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije i Crne Gore CIRED 2010
- [4] Mr.sc. Krešimir Škeljo, Neven Krnjaja, *Niskonaponski kabele za povezivanje električnih brojila s daljinskim očitanjem*, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIRED, svibanj 2008.
- [5] M. Lukić, M. Antić, *Cost/Benefit analiza ugradnje AMM sistema na jednom distributivnom transformatorskom području*, VII savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Srbije i Crne Gore CIRED 2010

VEZA IZMEĐU SNAGE I TALASNOG OBLIKA KAPACITIVNOSTI V-C GENERATORA THE RELATIONSHIP BETWEEN POWER AND CAPACITANCE WAVEFORM OF V-C GENERATOR

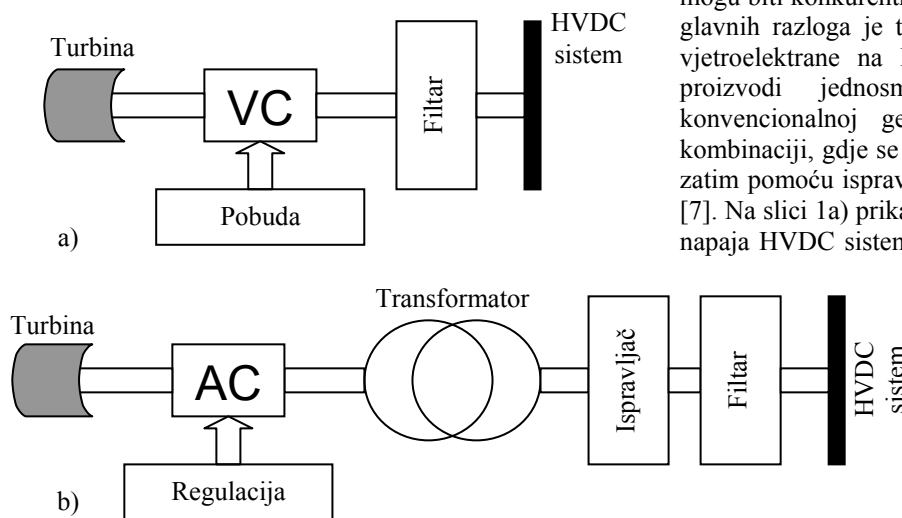
Martin Čalasan, Vladan Vujičić, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj - U radu se analizira uticaj talasnog oblika kapacitivnosti i uticaj maksimalne i minimalne vrijednosti kapacitivnosti V-C generatora (Variable Capacitance generator) na snagu koju generator predaje potrošaču. Razmatrani su slučajevi sinusoidalne, trougaone i trapezoidne promjene kapacitivnosti V-C generatora. Analizom analitičkih jednačina i upotrebom simulacija pokazano je da vrijednost izlazne snage V-C generatora, u slučaju konstantnog napona potrošača, ne zavisi od talasnog oblika kapacitivnosti već od vrijednosti minimalne i maksimalne kapacitivnosti.

Abstract – In this paper the impact of capacitance waveform and different values of maximum and minimum capacitance VC generator (Variable Capacitance generator) power are analyzed. The cases of sinusoidal, triangular and trapezoidal capacitance V-C generator are considered. Considering the analytical equations and using simulations it was shown that the power of V-C generator, when the load have constant voltage, does not depend on the form of capacitance, but depends on value of minimum and maximum capacitance.

1. UVOD

Osim konvencionalnih mašina, koje rade na principu elektromagnetske konverzije energije, postoje i mašine koje rade na principu elektrostatičke konverzije energije. Kod konvencionalnih mašina se u zavisnosti od položaja rotora u odnosu na stator mijenja induktivnost namotaja na statoru i



Slika 1. a) Konekcija V-C generatora na HVDC sistema b) Klasični način proizvodnje električne energije i priključenje na HVDC sistem

namotaja na rotoru, kao i njihove međusobne induktivnosti, dok se kod mašina koje rade na principu elektrostatičke konverzije energije u zavisnosti od položaja rotora u odnosu na stator mijenja njihova kapacitivnost. Na principu elektrostatičke konverzije energije zasnovan je rad V-C generatora, koji glavnu primjenu nalaze kod vjetroelektrana konektovanih na visokonaponske jednosmjerne sisteme (HVDC - High Voltage Direct Current).

Offshore vjetroelektrane predstavljaju jedan od energetskih izvora od kojih se očekuje veliki komercijalni interes u bliskoj budućnosti. Kada je rastojanje *offshore* vjetroelektrane od obale veće od 25-50km, prenos električne

energije preko HVDC sistema je ekonomičniji u odnosu na konvencionalne prenosne sisteme [1]. Glavni razlozi upotrebe HVDC sistema i njihove prednosti u odnosu na AC sisteme, razmatrani su u [2-3]. U [4] se razmatra mogućnost proizvodnje HVDC energije pomoću V-C mašina. Rezultati analize sprovedene u tom radu, kao i rezultati novijih istraživanja predstavljenih u [5-6] ukazuju da V-C mašine mogu biti konkurentne konvencionalnim mašinama. Jedan od glavnih razloga je taj što su troškovi priključenja *offshore* vjetroelektrane na HVDC sistem manji ako se direktno proizvodi jednosmjerni napon i struja, nasuprot konvencionalnoj generator - transformator - ispravljač kombinaciji, gdje se proizvode naizmjenični napon i struja, a zatim pomoću ispravljača pretvaraju u jednosmjerne veličine [7]. Na slici 1a) prikazan je elektrostatički V-C generator koji napaja HVDC sistem, dok je na slici 1b) prikazan asinhroni generator sa transformatorom, ispravljačem i HVDC sistemom.

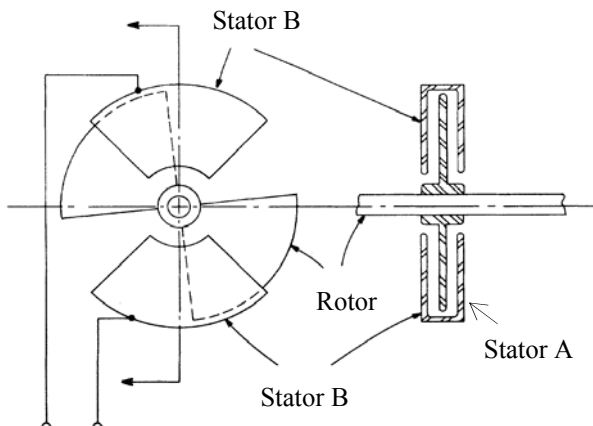
U prvom dijelu ovoga rada će biti objašnjen princip rada V-C generatora i principijelna šema njegove konekcije na HVDC sistem. Nakon toga, analiziraće se rad ovoga generatora kada napaja potrošač konstantnog napona. Na kraju, analiziraće se uticaj talasnog oblika kapacitivnosti, kao i uticaj maksimalne i minimalne vrijednosti kapacitivnosti V-C generatora na

snagu koju generator predaje potrošaču.

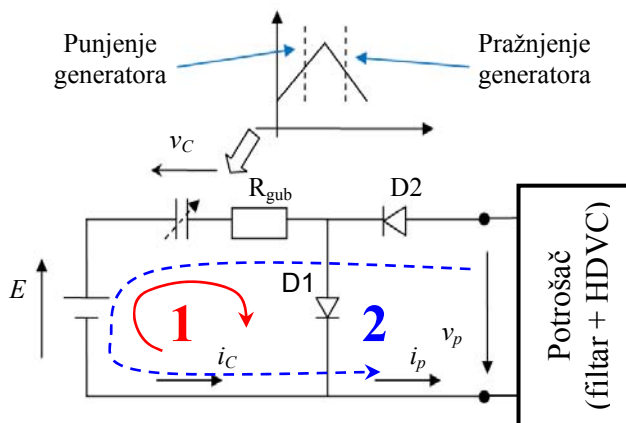
2. V-C GENERATOR

Postoje različite izvedbe V-C generatora, a jedna od mogućih prikazana je na slici 2. Kod ove, „*floating rotor*“, V-C mašine stator se sastoji od dva dijela – statora A i statora B. Svaki od statora V-C generatora napravljen je od dva identična kružna isječka koji stoje jedan naspram drugog, dok se između njih nalazi prostor kroz koji prolazi rotor. Izlazni krajevi ova dva dijela statora priključuju se na prenosni vod

preko energetskog pretvarača. Kada je pozicija rotora takva da je on cjelokupno prekriven djelovima statora, tada je kapacitivnost između statora A i B maksimalna. Ova kapacitivnost predstavlja rednu vezu kapacitivnosti koje se javljaju između statora A i rotora, kao i statora B i rotora. Kako se rotor okreće i ova kapacitivnost se periodično mijenja, pri čemu se energija generalno predaje u intervalima kada kapacitivnost opada. Kada se rotor nalazi u takvoj poziciji da je najmanje prekriven djelovima statora, tada je kapacitivnost minimalna.



Slika 2. Uzdužni i poprečni presjek V-C generatora



Slika 3. Simulacioni model V-C generatora i šema konekcije na HVDC

3. ŠEMA KONEKCIJE V-C GENERATORA NA HVDC SISTEM

Na slici 3 prikazano je osnovno kolo za priključenje V-C generatora na HVDC sistem. Generator je modelovan preko redne veze promjenjive kapacitivnosti i otpornosti gubitaka R_{gub} . Da bi se inicijalizovala proizvodnja energije, potreban je neki nezavisni jednosmjerni naponski izvor (E) koji obavlja funkciju pobude generatora. Preko dioda $D1$ i $D2$ vrši se punjenje, odnosno pražnjenje generatora, respektivno. U toku punjenja, pobudni naponski izvor predaje energiju V-C generatoru. Prilikom pražnjenja, generator vraća pobudnom generatoru primljenu energiju, ali i predaje energiju potrošaču, pošto se tada strujna kontura zatvara kroz potrošač. Energija koju generator predaje potrošaču jednaka je razlici uložene mehaničke energije i gubitaka koji se javljaju u generatoru.

4. ANALIZA RADA V-C GENERATORA KONEKTOVANOG NA POTROŠAČ KONSTANTNOG NAPONA

Kapacitivnost V-C generatora je promjenjiva i zavisi od međusobnog položaja rotora u odnosu na stator. Prema tome, trenutna vrijednost struje V-C generatora ne zavisi samo od izvoda njegovog napona, već i od izvoda kapacitivnosti, što se matematički može napisati kao:

$$i_c = \frac{d(C \cdot v_c)}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = v_c \cdot \frac{d(C)}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} + C \cdot \frac{d(v_c)}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt}, \quad (1)$$

gdje je $v_c = v_c(\theta)$ napon generatora, $C = C(\theta)$ kapacitivnost generatora, θ - pozicija rotora, a $d\theta/dt$ ugaona brzina rotora ($\omega_r = d\theta/dt$).

Punjenje obloga generatora vrši se, najčešće, samo u intervalima kada kapacitivnost raste ($dC/d\theta > 0$). Tada je napon generatora jednak naponu pobude (E), pa se jednačina (1) svodi na:

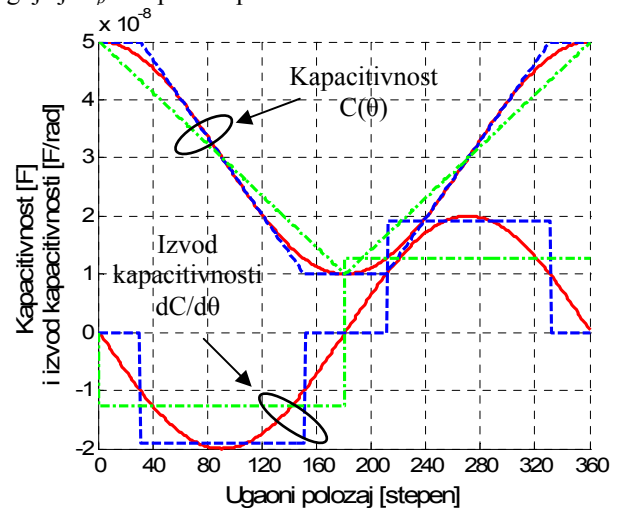
$$i_c = E \cdot \frac{d(C)}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt}. \quad (2)$$

U slučaju kada je $dC/d\theta > 0$ i $v_c > E$, struja generatora je jednaka nuli.

Pražnjenje obloga generatora se vrši u intervalima kada kapacitivnost opada ($dC/d\theta < 0$). U ovom režimu, struja potrošača jednaka je struji generatora i definisana je jednačinom (1), dok je napon na krajevima generatora definisan jednačinom:

$$v_c = E + v_p, \quad (3)$$

gdje je v_p - napon na potrošaču.

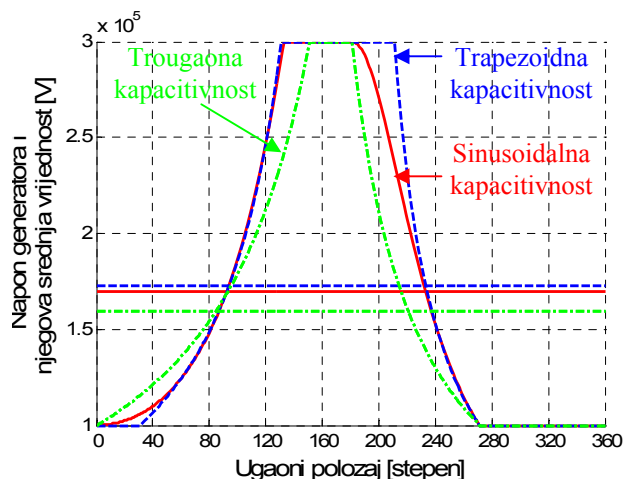


Slika 4. Kapacitivnost V-C generatora i njen izvod $dC/d\theta$ za tri različita slučaja

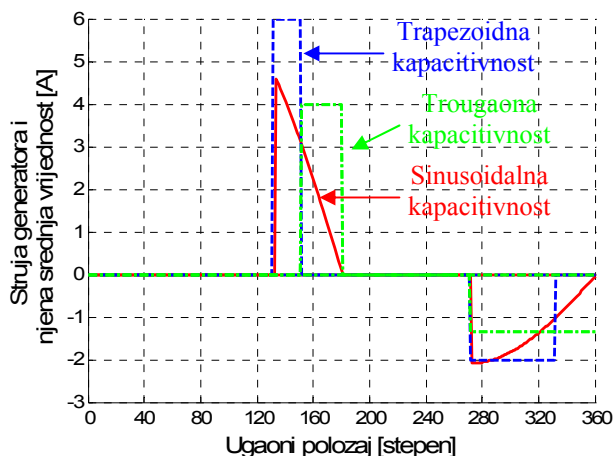
HVDC sistem ima najčešće povratnu spregu po naponu sistema, pa je prema tome napon HVDC sistema konstantan. To znači da, ako se zanemari uticaj filtra, potrošač sa slike 3 se može posmatrati kao konstantni naponski izvor.

U slučaju kada V-C generator napaja potrošač konstantnog napona ($v_p = U_p$), za režim punjenja važi jednačina (2), dok se za režim pražnjenja jednačina (1) svodi na:

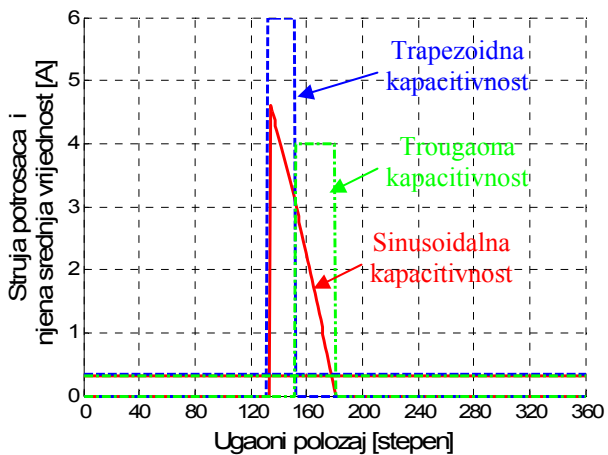
$$i_c = i_p = \omega_r (E + U_p) \frac{dC}{d\theta} \quad (4)$$



Slika 5. Napon V-C generatora i njegova srednja vrijednost



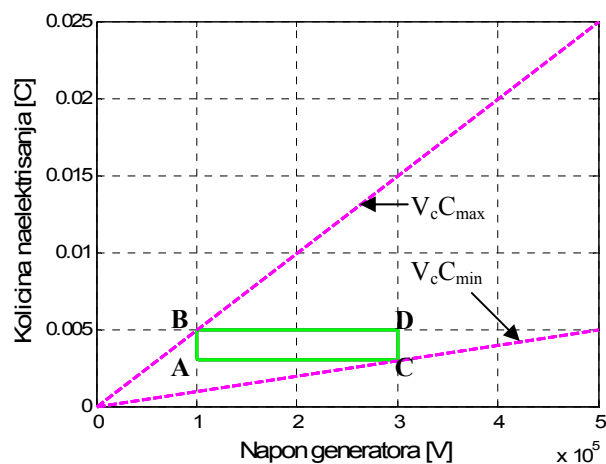
Slika 6. Struja V-C generatora i njegova srednja vrijednost



Slika 7. Struja potrošača V-C generatora i njegova srednja vrijednost

Na slici 4 prikazana su tri slučaja zavisnosti kapacitivnosti generatora od položaja rotora koje su korištene u računarskim simulacijama. U jednom slučaju pretpostavljena je sinusoidalna (crvena boja – puna linija), u drugom trougaona (zeleno crta-tačka linija), a u trećem trapezoidna (plava – isprekidana linija) zavisnost. Na istoj slici 4 prikazane su i odgovarajuće zavisnosti izvoda ($dC/d\theta$) pretpostavljenih kapacitivnosti.

Na slikama 5, 6 i 7 prikazani su rezultati simulacija dobijeni na osnovu podataka datih u DODATKU. Napon V-C generatora prikazan je na slici 5, dok je na slici 6 prikazana struja generatora. Na slici 7 prikazana je struja potrošača. Otpornost koja predstavlja gubitke zanemarena je u simulacijama.



Slika 8. Zavisnost količine naelektrisanja generatora od napona generatora

5. UTICAJ KAPACITIVNOSTI V-C GENERATORA NA VRIJEDNOST IZLAZNE SNAGE

Na slici 8 prikazana je zavisnost količine naelektrisanja generatora od napona generatora za istu vrijednost pobudnog napona, za sva tri oblika kapacitivnosti. Ova kriva se za sva tri slučaja poklapa, što znači da je snaga koju V-C generator predaje mreži u svim tim slučajevima ista. U toku rada V-C generatora energija koja se predaje potrošaču u toku jednog ciklusa (periode kapacitivnosti C) jednaka je površini ostvarene $Q-V_c$ petlje. Na primjer, u ovom slučaju snaga generatora proporcionalna je površini pravougaonika ABCD. Ako energiju koja se predaje potrošaču u toku jednog ciklusa, odnosno površinu $Q-V_c$ petlje, označimo sa ΔW , snaga generatora P iznosi:

$$P = \frac{k \cdot n \cdot \Delta W}{60}, \quad (5)$$

gdje je k – broj ciklusa u toku jednog obrtaja rotora i n – broj obrtaja rotora u minuti.

Ako sa $V_{c\max}$ označimo maksimalni napon generatora, a koji je jednak zbiru napona pobude (E) i napona potrošača (U_p), tada se prema slici 8 može napisati da je:

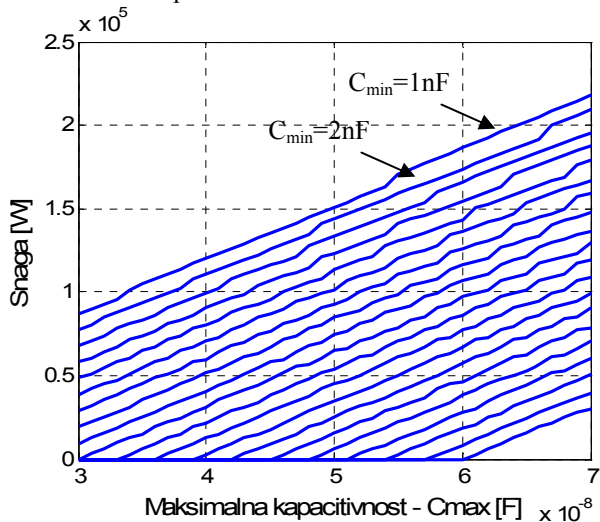
$$\Delta W = (V_{c\max} - E) \cdot (E \cdot C_{\max} - V_{c\max} \cdot C_{\min}) \quad (6)$$

Na osnovu jednačina (5)-(6) vidi se da je:

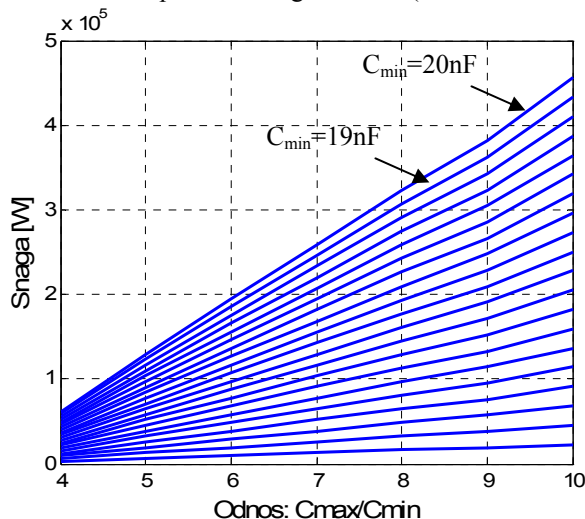
$$P = f(C_{\max}, C_{\min}). \quad (7)$$

Prema tome, jasno je da snaga koju V-C generator predaje mreži ne zavisi od talasnog oblika kapacitivnosti, već zavisi samo od vrijednosti minimalne i maksimalne kapacitivnosti. Pošto su za sva tri analizirana oblika kapacitivnosti maksimalne i minimalne vrijednosti kapacitivnosti jednake, jasno je da je snaga koju V-C generator predaje potrošaču

jednaka za sva tri slučaja. Ovaj zaključak je jasan i sa slike 7, jer je srednja vrijednost struje potrošača jednaka, pa je samim tim jasno i da je srednja vrijednost snage potrošača jednaka za svaki oblik kapacitivnosti.



Slika 9. Zavisnost snage generatora od vrijednosti maksimalne kapacitivnosti generatora ($1\text{nF} \leq C_{\min} \leq 20\text{nF}$)



Slika 10. Zavisnost snage generatora od odnosa maksimalne i minimalne kapacitivnosti generatora ($1\text{nF} \leq C_{\min} \leq 20\text{nF}$)

Ako se maksimalna kapacitivnost povećava, a minimalna smanjuje, raste i vrijednost snage koju taj generator predaje mreži (slika 9). Takođe, ako se odnos maksimalne i minimalne kapacitivnosti održava na konstantnoj vrijednosti, sa porastom minimalne, a samim tim i maksimalne kapacitivnosti, linerano raste i iznos snage koju generator može da predaje mreži (slika 10).

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu su navedeni razlozi zbog kojih se sve više razmišlja o upotrebi elektrostatičkog generatora kod proizvodnje električne energije iz energije vjetra. Osobine V-

C generatora čine ga naročito atraktivnim za primjenu u sistemima vjetrogeneratora koji se priključuju na HVDC sistem, jer se na taj način eliminiše potreba za skupim transformatorima i konvertorskim stanicama.

U radu je, takođe, prikazana principijelna šema konekcije V-C generatora na HVDC sistem. Analiziran je slučaj rada V-C generatora kada napaja potrošač konstantnog napona. Za ovaj tip opterećenja prikazani su talasni oblici struje i napona generatora, kao i struje potrošača.

Glavni dio rada posvećen je analizi uticaja talasnog oblika kapacitivnosti, kao i uticaju maksimalne i minimalne vrijednosti kapacitivnosti V-C generatora na snagu koju generator predaje potrošaču. Pokazano je da vrijednost snage koju V-C generator predaje potrošaču konstantnog napona, ne zavisi od talasnog oblika kapacitivnosti, već zavisi samo od vrijednosti minimalne i maksimalne kapacitivnosti generatora.

DODATAK:

Parametri V-C generatora i podaci korišćeni u simulacijama: $E=100\text{kV}$, $C_{\max}=50\text{nF}$, $C_{\min}=10\text{nF}$, $n=5000\text{ob/min}$, $p=2$, $V_p=200\text{kV}$.

LITERATURA

- [1] N.G.Hingorani, „High-voltage DC transmission: a power electronics workhorse”, *Spectrum IEEE*, vol.33, no.5, pp.63-72, April 1996.
- [2] D. M. Larruskain, I. Zamora, A. J. Mazón, O. Abarrategui, J. Monasterio: “Transmission and Distribution Networks: AC versus DC,” *9th Spanish-Portuguese Congress on Electrical Engineering*, July 2005.
- [3] Michael P. Bahrman: “Overview of HVDC Transmission,” *Power Systems Conference and Exposition, PSCE'06*, pp. 18-23, Oct. 2006.
- [4] S. F. Philp: “The Vacuum-Insulated, Varying capacitance Machine”, *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 12, no. 2, April 1977.
- [5] R. J. O' Donnell, N. Schofield, A.C. Smith, J. Cullent: “The Variable-Capacitance Machine for Off-shore Wind Generation” in *Proc. 6th Int. Workshop Large-Scale Integr. Wind Power Transmiss. Netw. Offshore Wind Farms*, 2006, pp. 299–306.
- [6] R. O'Donnell, N. Schofield, A. C. Smith, J. Cullen: “Design Concepts for High-Voltage Variable-Capacitance DC Generators”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 45, no. 5, September-October 2009.
- [7] M. Čalasan, V. Vujičić: “Analiza uticaja šestopulsnog i dvanaestopulsnog ispravljača kod HVDC sistema na harmonijska izobličenja naizmjenične mreže”, *Informacione tehnologije*, Žabljak, 2010.

INFORMACIONI SISTEM SPORTSKE ORGANIZACIJE INFORMATIONAL SYSTEM OF SPORTS ORGANIZATION

Radislav Vulović, Nebojša Stanković, Miloš Papić, Tehnički fakultet Čačak

Rezime - U radu se predlaže model informacionog sistema sportskog karate kluba, sa mogućnošću njegovog implementiranja i na druge sportske klubove, ako se uvažava njihove specifičnosti. Sportke organizacije definišu sportski klub kao sistem, tj. kao kompleks međusobno povezanih elemenata koji doprinose razvoju zdravstvenog i fizičkog obrazovanja nacije. Mali je broj sportskih organizacija kod nas koje poseduju takve sisteme. On treba da je sastavljen od više podsistema sa svojim bazama podataka. Sportski informacioni sistemi treba, sa jedne strane da budu u međusobnoj vezi, ali sa druge strane u vezi sa spoljnim svetom. Model sistema se sastoji od nekoliko podmodela i to: treneri, članovi, treninzi, takmičenja i dr. Osnovna delatnost kluba je organizovano bavljenje karate sportom dece, omladine i odraslih u cilju poboljšanja zdravlja i fizičke kondicije kao i postizanja takmičarskih rezultata. Klub je član Karate saveza Srbije i Karate federacije Srbije, kao matične organizacije. Sam cilj izrade informacionog sistema je efikasniji, brži i jeftiniji rad kao i praćenje napredovanja članova tog sistema.

Ključne reči: Informacioni sistem, karate klub, baza podataka

Abstract - The paper proposes a model of informational system of a karate club, with the possibility of its implementation on other sport clubs, if their specific features are taken into account. Sport organizations define the sports club as a system, ie as a complex of interrelated elements that contribute to health and physical education of the nation. A small number of sports organizations in our country that use such system. The system should be composed of several subsystems with their databases. Sports informational systems need to be, on one hand mutually connected, but on the other, connected with the outside world. The model consists of several sub models such as: trainers, members, training, competitions, etc. The main activity of the club is organized training of the karate sport for children, youth and adults to improve health and physical fitness and achieving competitive results. The club is a member of the Karate Union of Serbia and Karate Federation of Serbia, as its parent organization. The aim of making informational system is more efficient, faster and cheaper work and monitoring the progress of system members.

Keywords: informational system, karate club, database

1. UVOD

Razvoj informacionih tehnologija omogućio je velike promene u procesu informisanja. Danas, proces informisanja predstavlja proces stvaranja informacije obradom podataka uz pomoć informacionih tehnologija. Proces promene podatka u informaciju zasnovan je na **sedam koraka** koji zajednički obuhvataju proces informisanja.

Prikupljanje – proces koji se sastoji od: definisanja potrebnih podataka, identifikacije izvora podataka, izbora načina prikupljanja i samog prikupljanja podataka.

Organizovanje – proces koji uređuje, predstavlja i formatizuje podatke za korišćenje u ostalim procesima informisanja.

Analiza – podrazumeva tumačenje podataka i njihovu transformaciju u informaciju.

Čuvanje – podataka odnosno njihovo skladištenje je veoma olakšano primenom uređaja za čuvanje podataka kao što su hard diskovi, kompakt diskovi, fleš memorije, pa i mogućnostima čuvanja podataka na nekom od internet servisa kao što su WindowsLive i drugi.

Obrada – za koju je "zadužen" mikroprocesor računara.

Primanje i prenošenje – podrazumeva transfer podataka unutar i između informacionih sistema. Osnovni uslov razmena podataka i informacija između informacionih

sistema predstavlja kompatibilnost komunikacionih protokola.

Prikazivanje – prezentacija informacija iz informacionog sistema.

Polazeći od ovih činjenica došlo se na ideju izrade jednog SIS (Sportski informacioni sistem) koji bi se koristio u radu konkretnog sportskog kluba, u našem radu radi se o karate klubu. Kako je osnovna delatnost kluba organizovano bavljenje karate sportom dece, omladine i odraslih u cilju poboljšanja zdravlja i fizičke kondicije kao i postizanja takmičarskih rezultata. Klub je član Karate saveza Srbije i Karate federacije Srbije, kao matične organizacije. Zadatak SIS-a je dvostrukog karaktera: 1) Obezbediti efikasno praćenje članova kluba, njihovog napredovanja, talmičenja i rezultata; 2) Vezu sa Sportskim Karate Savezom, razmena relevantnih informacija značajnih za rad kluba i njegovih članova.

2. ANALIZA POSLOVA I RELEVANTNIH DOKUMENATA

Upis u klub se vrši dobrovoljno, popunjavanjem *Prijavnog lista* i prilaganjem izvoda iz matične knjige rođenih otvara se *Evidencioni karton* člana Kluba, ispunjava se *članska karta*, popunjava *matični karton* člana kluba, plan treninga se vodi na listi *dnevni plan treninga*, vodi se lista

mesečni plan treninga za dati mesec, definiše se *klupski kalendar takmičenja*, vodi se *lista postignutih rezultata* na takmičenjima, određuje se *termin plan polaganja* za zvanja u karate sportu, popunjava se *prijava za polaganje*, definiše se *ispitni program*, donosi se *odluka o formiranju ispitne komisije*, diploma o položenom ispitu i popunjava se evidencija o zvanjima.

Prijavni list je dokument koji popunjava svaki kandidat pri upisu, zajedno sa izvodom iz matične knjige rođenih, i dostavlja klupskoj administraciji.

Evidencioni karton člana kluba se otvara na osnovu popunjenog prijavnog lista.

Na osnovu Evidencionog lista popunjava se Članska karta člana kluba.

Matični karton člana kluba se popunjava na osnovu izvršenog lekarskog pregleda. *Dnevni plan treninga* piše trener kluba a planiranje treninga se vrši shodno kalendaru takmičenja i planu polaganja za zvanja u karate sportu. U dnevnom planu treninga treba da se definiše vreme i mesto održavanja treninga, sredstva i metode za obavljanje treninga, šta će se tačno raditi u svakoj od faza: uvodnoj, pripremnoj, osnovnoj i završnoj. U listi *mesečni plan treninga* treba da se definiše dinamika održavanja treninga za dati mesec sa orijentacionim pregledom oblasti koje će se, u tom periodu, obrađivati. *Klupski kalendar takmičenja* se pravi u odnosu na kalendar takmičenja koji se dobija od KSS. To je dokument koji se usvaja na Skupštini KSS a klub se, shodno željama i mogućnostima, opredeljuje za određena takmičenja koja će ispratiti. *Lista postignutih rezultata* sa takmičenja se pravi po završetku datog takmičenja. Listu popunjava trener, po povratku sa takmičenja, i u nju se unose podaci o ostvarenim rezultatima na datom takmičenju.

Termin plan polaganja za zvanja u karate sportu se donosi na početku svake kalendarske godine. Polaganje je provera znanja kandidata, pred određenom komisijom, i obavlja se dva puta godišnje. Za svako polaganje donosi se odluka, koju usvaja Predsedništvo kluba. *Prijavu za polaganje* popunjava svaki kandidat i, na osnovu nje, se kompletira spisak prijavljenih kandidata za polaganje. *Ispitni program* je spisak tehnika i kata kojima kandidat treba da ovlada između dva polaganja. Usvaja se na početku svake kalendarske godine. *Odluka o formiranju ispitne komisije* se donosi pre polaganja i usvaja je Predsedništvo kluba. U njoj se imenuju članovi i Predsednik komisije i utvrđuju se termin i mesto održavanja polaganja. *Diploma* o položenom ispitu je dokument koji dobija svaki kandidat, nakon uspešno obavljenog ispita. *Evidencija o zvanjima* je lista kandidata koji su položili za određeno zvanje i vodi se od osnivanja kluba.

3. INFORMACIONO MODELIRANJE

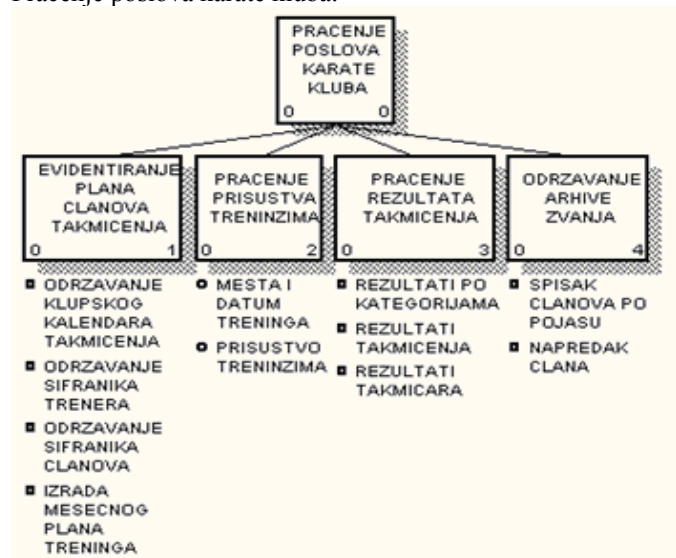
Informaciono modeliranje ili modeliranje podataka je naše apstraktno viđenje stanja realnog sistema tj. Definisane strukture podataka. Model podataka je pojednostavljeno prikazivanje realnog sistema preko skupa objekata (entiteta), veza između objekata i atributa objekata.

Model podataka (u literaturi definisan kao Model Objekti – Veze MOV ili ER Entity Relationship model ili Entitetni dijagram), preko skupa podataka i njihovih međusobnih veza, predstavlja stanje sistema u jednom trenutku vremena i sadrži skup informacija o prošlosti i sadašnjosti sistema koja je potrebna da se pod dejstvom budućih poznatih ulaza mogu odrediti njegovi budući izlazi.

Erwin je CASE alat namenjen modeliranju podataka ER (Entity Relationship) metodom, koja je podržana IE (Information Engineering) metodologijom modeliranja.

Modeliranje podataka obuhvata dva aspekta: logičko definisanje modela i fizički dizajn baze. Korišćenje ovog alata podrazumeva istovremeni razvoj logičkog modela podataka i fizičko definisanje baze, što znači da nije potrebno nikakvo dodatno prebacivanje modela iz logičkog nivoa u fizički i obrnuto

Na Slici 1. Prikazano je stablo aktivnosti za proces Praćenje poslova karate kluba.



Slika 1. Stablo aktivnosti – Praćenje poslova karate kluba

4. DEFINISANJE DIJAGRAMA KONTEKSTA

Dijagram konteksta je definisan jednim pravougaonikom koji predstavlja granicu modela koji se proučava. U tom modelu i van njega teku informacije preko strelica. Dijagram konteksta je najviši nivo apstrakcije koji se dekompozicionim dijagramima prevodi u niži nivo apstrakcije. Granice modela se definišu da bi se, pre svega, znalo gde treba stati sa modeliranjem. Ovaj problem se može posmatrati sa aspekta:

- širine (definisane elementa koji se posmatraju) i
- dubine (definisane nivoa detaljnosti).

Širina modela je vezana za definisanje kontekstnog dijagrama (koji se u IDEF0 notaciji označava sa A-0) i prvog nivoa dekompozicije. U okviru kontekstnog dijagrama mora se voditi računa da treba definisati setove ulaza, kontrola i mehanizama koji proizvode set izlaza, tj. treba na ovom nivou uopštiti posmatranu problematiku sa manje detalja.

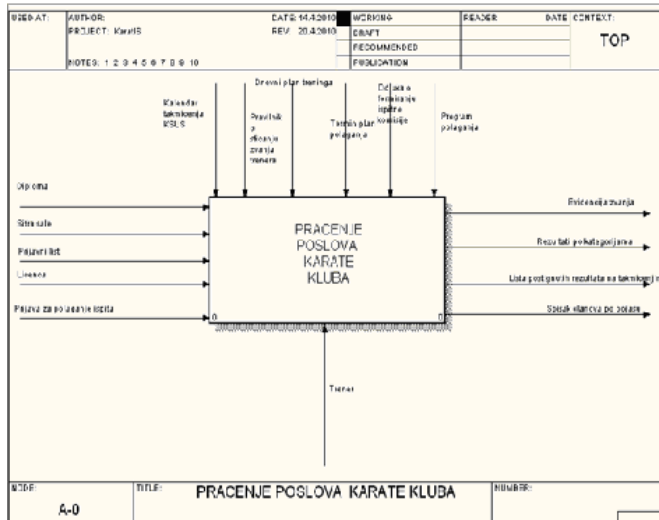
Dubina modela se definiše nivoima dekomponovanja, gde se definišu nivoi detaljnosti. Dekompozicija ide do mogućnosti definisanja primitivnih procesa.

Preporučuje se da treba početi od definisanja izlaznih strelica, pa se pomerati prema ulazima, resursima i kontrolama. Polazi se od činjenice da svaka aktivnost poseduje odgovarajuće izlaze koji se mogu identifikovati. Prilikom definisanja izlaza treba voditi računa i o negativnim izlazima, koji prouzrokuju tzv. povratne (feedback) strelice.

Sledeći elementi koje treba definisati su strelice ulaza, koji se na specifičan način transformišu (ili troše) radi stvaranja odgovarajućeg izlaza, podpomognuti odgovarajućim mehanizmima i kontrolama. Slika2.

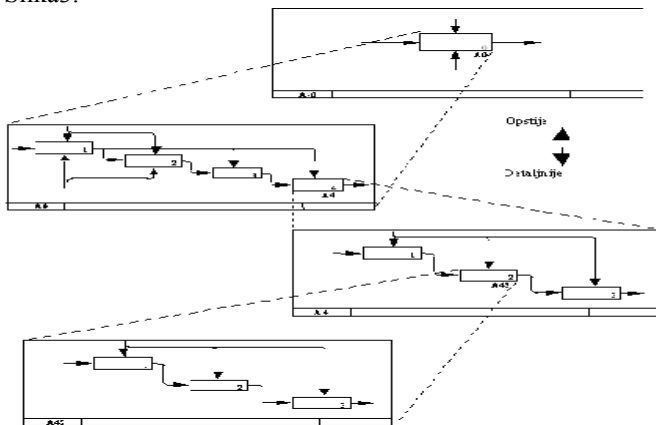
Imajući u vidu standard IDEF0 kao i zahteve standarda ISO 9000:2000 definisaće se kao prvi korak odgovarajući

dijagram konteksta tj. postaviće se granice posmatranog modela.



Slika2. Dijagram konteksta procesa Praćenje poslova karate kluba

Definisanje dekompozicionog dijagrama aktivnosti po IDEF0 metodologiji (horizontalnih veza između aktivnosti) treba da omogući povezivanje odgovarajućih informacija definisanih u okviru stabla aktivnosti. Definisanjem stabla aktivnosti uspostavile su se vertikalne veze između aktivnosti, dok se izradom dekompozicionog dijagrama uspostavljaju horizontalne veze između aktivnosti istog nivoa. Aktivnosti su smeštene u pravougaonicima koji se crtaju u dijagonalnom smeru, od gornjeg levog ka donjem desnom uglu radne površine. Svakoj aktivnosti mora se dodeliti naziv u obliku glagolske fraze, te svaka aktivnost mora imati najmanje jednu kontrolnu i jednu izlaznu strelicu. Slika3.



Slika 3. Dekompoziciona struktura IDEF0 metodologije

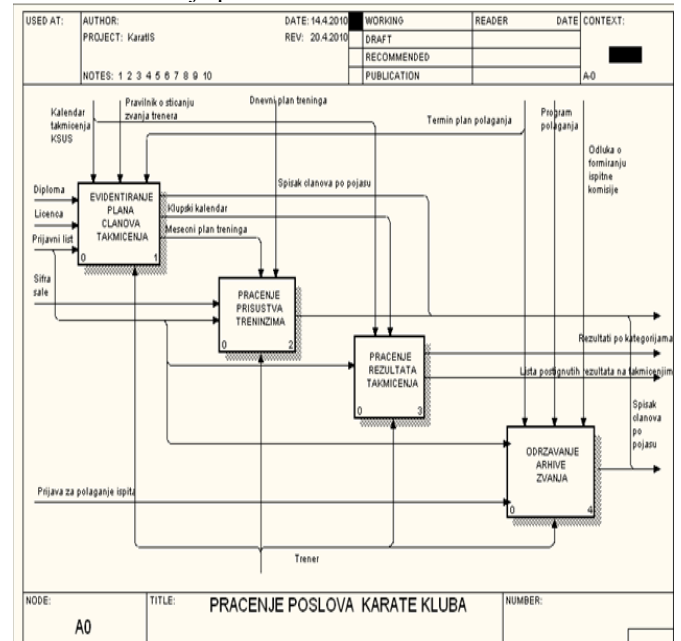
Na slici broj 3 prikazana je struktura formiranja dekompozicionog dijagrama.

Polazi se od dijagrama konteksta, koji se definiše na najvišem nivou, pa se izvodi dekomponovanje u podređene (child) dijagrame. Svaka od podfunkcija podređenog dijagrama može kreirati svoj dijagram na nižem nivou. Na taj način se definišu različiti nivoi apstrakcije, tj. na višim nivoima su opštije funkcije i grupisane strelice, koje se na nižim nivoima dekomponuju i detaljnije opisuju.

Poštujući IDEF0 standard odgovarajuće strelice predstavljaju setove dokumenata koje definišemo kao informacije. Svaka informacija na sledećem nivou se deli sve

do nivoa aktivnosti gde se kao strelice definišu konkretna dokumenta.

Na slici broj 4 prikazan je dekompozicioni dijagram za aktivnost Praćenje poslova karate kluba



Slika 4. Dekompozicioni dijagram aktivnosti – Praćenje poslova karate kluba

5. MODEL OBJEKTI VEZE

Relaciona šema

Član (šifra člana, ime, prezime, ime oca, JMBG, datum rođenja, datum učlanjenja, adresa, mesto boravka, takmičar, pojas, telefon);

Pojas (šifra zvanja, zvanje);

Trener (šifra trenera, prezime, ime, ime oca, JMBG, adresa, telefon, mesto boravka);

Mesto treninga (šifra mesta treninga, sala);

Rezultati (šifra rezultata, rezultati);

Takmičenja (šifra takmičenja, datum takmičenja, mesto takmičenja, napomena);

Rezultat takmičenja (šifra takmičenja, šifra rezultata, šifra člana, rezultat člana, napomena);

Prisustvo treninzima (šifra člana, šifra treninga, napomena);

Treninzi (šifra treninga, šifra zvanja, šifra mesta treninga, šifra trenera, vreme treninga, datum treninga, napomena);

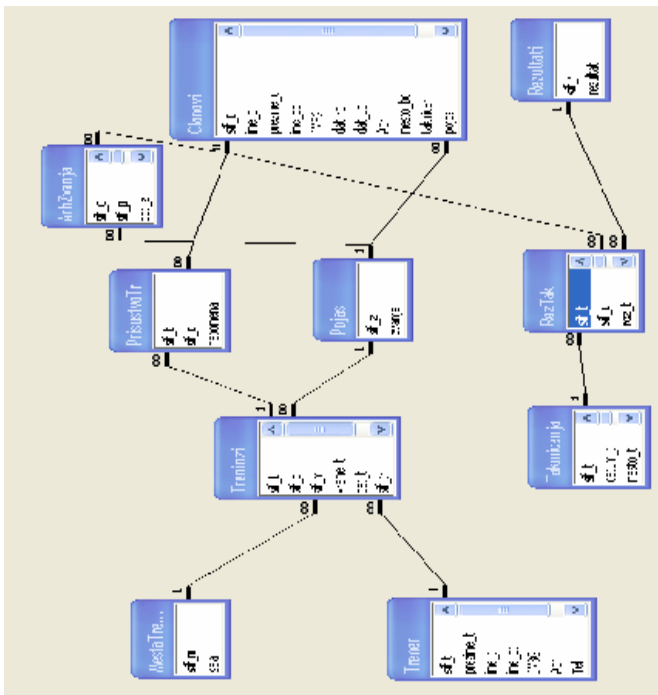
Arhiva zvanja (šifra člana, šifra zvanja, datum polaganja, mesto polaganja)

Veze su prikazane na slici 5.

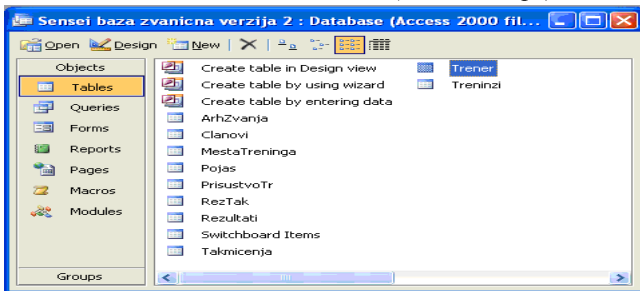
6. IMPLEMENTACIJA I EKSPLOATACIJA BAZE

Dvoklikom na ikonu „Sensei baza zvanična verzija 2“ otvara se baza podataka, koja je urađena u programu MS Access 2003.

Baza se sastoji od *Tabela*, *Formi*, *Upita* i *Izveštaja*, što se vidi na Slici 6.



Slika 5. Veze između tabela (Relationships)



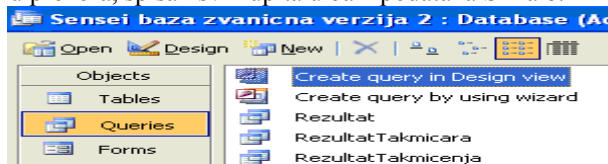
Slika 6. Izrada tabela u Access-u

Selektovanjem objekta „Tables“ otvara se, u desnom delu prozora, spisak svih tabela u bazi podataka. Selektovanjem, npr. *ArhZvanja* → *Design*, dobijamo sledeću sliku na kojoj se može videti dizajn izgled tabele *ArhZvanja* i polja od kojih se sastoji, kao i tipovi podataka i objašnjenja datih polja.

Field Name	Data Type	Description
sifra	Number	sifra clana
sif_p	Number	Sifra zvanja
dat_z	Date/Time	Datum sticanja zvanja
mesto_z	Text	Mesto sticanja zvanja

Slika 7. Kreiranje tabela

Selektovanjem objekta „Queries“ otvara se, u desnom delu prozora, spisak svih upita u bazi podataka Slika 8.



Slika 8. Upiti u okviru baze

Selektovanjem npr. *Rezultat* → *Design*, dobićemo sliku na kojoj se može videti dizajn izgled upita *Rezultat* i polja od kojih se sastoji.

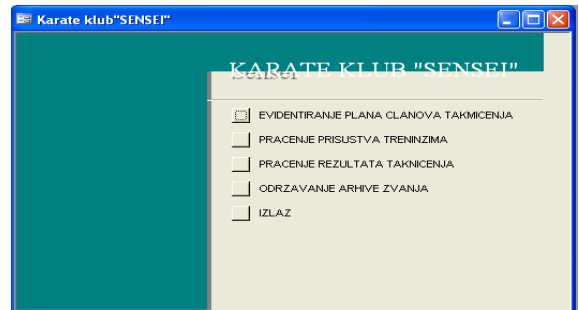
Selektovanjem polja „Forms“ otvara se, u desnom delu prozora, spisak svih formi u bazi podataka.

Selektovanjem npr. *Forms* → *ArhZvanja*, dobićemo sliku na kojoj se može videti dizajn izgled forme *ArhZvanja* i polja od kojih se sastoji.

Selektovanjem polja „Reports“ otvara se, u desnom delu prozora, spisak svih izveštaja u bazi podataka

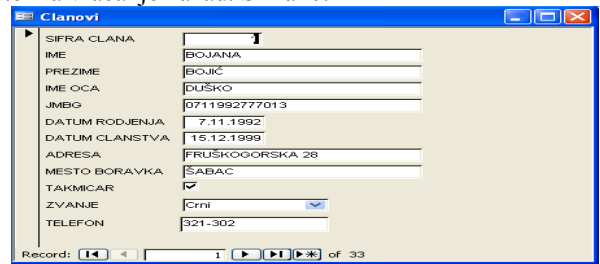
Selektovanjem npr. *Reports* → *RezultatTakmicenja*, dobićemo sliku na kojoj se može videti dizajn izgled izveštaja *RezultatTakmicenja* i polja od kojih se sastoji.

Na **Switchboard**-u se može uočiti pet tastera: evidentiranje plana članova takmičenja; praćenje prisustva treninzima; praćenje rezultata takmičenja; održavanje arhive zvanja i izlaz. Slika9.



Slika 9. Glavni Switchboard

Pritiskom na "evidentiranje plana članova takmicenja", otvaraju se 4 forme za unos podataka a na kraju se nalazi taster za vraćanje nazad. Slika10.



Slika10. Forma članovi

Pritiskom na "praćenje prisustva treninzima", otvaraju se 2 izveštaja a na kraju se nalazi dugme za povratak nazad.

Pritiskom na "praćenje rezultata takmicenja", otvaraju se 3 izveštaja a na kraju se nalazi dugme za povratak nazad.

Pritiskom na "odrzavanje arhive zvanja", otvaraju se 2 izveštaja a na kraju se nalazi dugme za povratak nazad

Kako se radi sa upitima (Queries)? Rezultat: *Queries* → *Rezultati* → *Design*; u petoj koloni, u vrsti *Criteria*, menja se vrednost "rez_t" iz tabele „Rezultati“, i dobija se spisak takmičara koji su na nekom od takmicenja ostvarili taj (izabrani) rezultat.

7. ZAKLJUČAK

Ovaj informacioni sistem ima zadatak da prati sve aktivnosti od značaja za rad jednog sportskog društva. Sistem treba da omogući brz i efikasan unos podataka. S' druge strane, pomoću ovog sistema moguće je vršiti i adekvatne analize. Ovo je naročito značajno za one klubove i sportska društva koja imaju mlade članove jer će na ovaj način imati jasan pregled njihovog razvoja i napredovanja.

LITERATURA

- [1] Vulović, R. (2005). *Relacione baze podataka – MS Access*, VTŠSS, Arandelovac
- [2] Lazarević, B. (2003). *Baze podataka*, FON, Beograd
- [3] Mogin, P, Luković, I. Govedarica, M. (2000). *Principi projektovanja baza podataka*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

RAČUNANJE KVADRATNOG KORIJENA U FPGA TEHNOLOGIJI CALCULATING SQUARE ROOT IN FPGA TECHNOLOGY

Andela Draganić, Aleksandar Duković, Branka Jokanović, Ranko Tošković, Radovan Stojanović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj - U ovom radu smo se bavili problemom računanja kvadratnog korijena u FPGA tehnologiji. Prezentovali smo različite metode koje se koriste za računanje kvadratnog korijena, predložili sopstvenu, a zatim dali njihovu softversku realizaciju u VHDL-u. Takođe smo izvršili poređenje metoda sa aspekta preciznosti, iskorišćenja pinova i logičkih resursa čipa, kao i sa aspekta brzine rada. Verifikaciju kodova smo izvršili na UP3 eksperimentalnoj ploči, na čipu EP1C6Q240C8 iz Alterine familije Cyclone.

Abstract - In this paper we were dealing with a problem of calculating square root in FPGA technology. We presented different methods used for calculating square root, as well as our own one, and their software realization in VHDL. We also compared those methods by precision, pin and logic buffers usage on a chip, as well as by speed of response. Verification of these codes was done on UP3 experimental board, on chip EP1C6Q240C8 from family Altera's family Cyclone.

1. OPIS METODA ZA RAČUNANJE KVADRATNOG KORIJENA

Računanje kvadratnog korijena je stara matematička vještina u kojoj se mogu koristiti proste računске radnje ili naprednije tehnike. Uobičajene su one iterativnog karaktera.

1.1 PROSTE ITERATIVNE METODE

1.1.1. VAVILONSKA METODA

Neka tražimo kvadratni korijen broja a , odnosno $x*x=a$, [1]. Princip je sljedeći:

1. nađemo x_0 , odnosno početnu vrijednost za x preko (1);
2. zatim preko (2) računamo x_{i+1} za $i=0, 1, 2, \dots$;
3. prekidamo kada dobijemo dovoljnu tačnost, koja se zadaje unaprijed.

Jednačine za računanje x_0 i x_{i+1} su:

$$x_0 = (a + 1)/2 \quad (1)$$

$$x_{i+1} = [x_i + a/x_i] / 2 \quad \text{za } i=0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

1.2.1.2 METODA POLOVLJENJA INTERVALA

Najprije se posmatra interval $[1, 2, \dots, n]$, gdje je n broj čiji kvadratni korijen računamo. U svakoj iteraciji se računa poluzbir prvog i posljednjeg člana posmatranog intervala. Ukoliko je kvadrat te vrijednosti manji od gornje granice tog intervala, onda je traženi korijen između te vrijednosti i gornje granice i posmatramo novi interval čija je donja granica dobijeni poluzbir, dok je gornja identična sa gornjom prethodnog intervala. Ukoliko je, pak, kvadrat dobijenog poluzbira veći od gornje granice prvobitnog intervala, zaključujemo da je korijen između vrijednosti poluzbira i donje granice, pa posmatramo novi interval čija je donja granica identična donjoj granici prvobitnog intervala, a gornja dobijeni poluzbir. Postupak se nastavlja dok se ne dobije zadovoljavajuća tačnost [1].

1.2.1.3. SEKVENCIJALNO KVADRIRANJE I POREDJEVANJE (SKIP)

Ovo je postupak koji mi predlažemo. Bazira se na krajnje jednostavnom algoritmu i na prvi pogled bi se moglo

zaključiti da će za njegovu implementaciju biti potrebno angažovanje većih resursa računara nego za dva prethodno opisana, ali se pokazuje da nije tako. Naime, za isti broj iteracija pokazuje se da je vrijeme kompilacije kod ove metode manje nego kod prethodne dvije.

Neka tražimo korijen broja a . Počinjemo od prvog pozitivnog broja (1 – to je naša prva aproksimacija q_1) i tražimo njegov kvadrat. Ukoliko je kvadrat manji od broja čiji kvadratni korijen tražimo, onda povećavamo prethodni broj čiji smo kvadrat tražili za 1 i postupak se ponavlja. Proces traženja korijena se prekida kada dobijemo da je kvadrat broja veći od broja čiji korijen tražimo. Neka se to desilo nakon k iteracija. Uzimamo q_{k-1} za vrijednost korijena.

1.2.2. RESTORING METODA

Neka je a $2n$ -bitni broj čiji se n -bitni kvadratni korijen q traži. Sa r označimo ostatak pri traženju tog korijena, odnosno: $r = a - q * q$. Najprije izdijelimo binarni zapis broja a na n 2 -bitnih djelova i počnimo prvu iteraciju sa prvom grupom, koju čine 2 bita najveće težine. Uzima se da je u toj iteraciji $r=0_{10}$. Od vrijednosti koju predstavljaju biti prve grupe oduzima se trenutna vrijednost korijena (koja je sada 0_{10}) na koju se konkatencijom na kraju doda "01". Ukoliko je dobijena vrijednost nenegativna, zaključuje se da je prvi bit (bit najveće težine) korijena '1' i na tu vrijednost se konkatencijom na kraju doda sljedeća 2 -bitna grupa iz broja a i postupak se ponavlja (sada je vrijednost korijena 1_{10}). Ukoliko je, pak, dobijena vrijednost negativna, zaključuje se da je prvi bit (bit najveće težine) korijena '0' i toj vrijednosti se doda ono što se oduzelo u prethodnom koraku pa se dobijenoj vrijednosti konkatencijom na kraju doda sljedeća 2 -bitna grupa iz broja a i postupak se ponavlja (pri čemu je u ovom slučaju vrijednost korijena 0_{10}). Kao što se da zaključiti iz prethodnog izlaganja, broj iteracija je n , a u svakoj iteraciji je potrebno izvršiti jedno spuštanje 2 -bitne grupe, oduzimanje, poređenje, konkatencija i eventualno sabiranje, što će reći da se broj operacija neophodnih za izvršavanje ovog algoritma kreće između $4*n$ i $5*n$. Takođe, prilikom ovog izvršavanja se dobija između $3*n-2$ i $4*n-2$ međurezultata ($n-1$ nakon formiranja trenutnih korijena, n nakon konkatencija trenutnih korijena, $n-1$ ili n nakon

oduzimanja i između 0 i n-1 nakon sabiranja) koji se ne prikazuju na kraju, [2], [3].

1.2.3. NON-RESTORING METODA

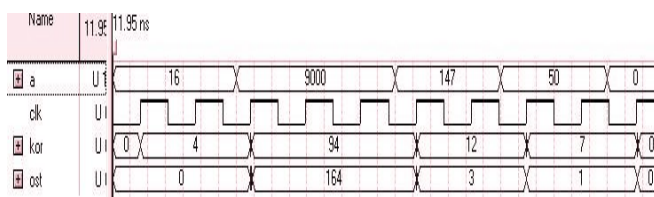
Ova metoda je u gotovo svemu identična prethodnoj, [1], [2]. Razlika je u tome što kada se dobije negativan rezultat nakon oduzimanja, ne vrši se sabiranje kako bi se “ispravilo” učinjeno, već se odmah dodaje naredna 2-bitna grupa broja čiji se korijen traži, a zatim se vrši sabiranje sa trenutnim korijenom kome je konkatencijom dodato “11”.

2. VHDL RJEŠENJA

2.1. PROSTE ITERATIVNE METODE

2.1.1. VAVILONSKA METODA

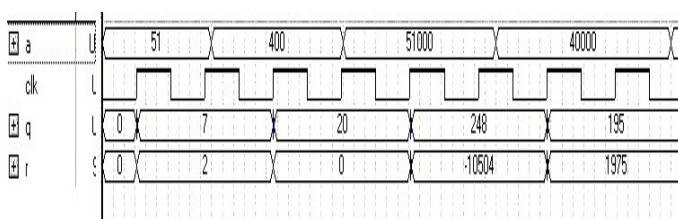
Za kompajliranje koda potrebno je 5 min 49 s i to samo za 4 iteracije. Veća tačnost rezultata se dobija ako povećamo broj iteracija u for petlji; međutim time znatno povećavamo i vrijeme za kompilaciju koda koje je ionako veliko za ovako malu tačnost. Kod daje dobre rezultate za manje brojeve (15 i 49 na sim. dijagramu – Slika 1). Međutim za neki veći broj (2500000 na sim. dijagramu – Slika 1) dobija se velika greška i uočava se potreba za većim i. Ovaj kod i metoda su jednostavni, ali i prilično zahtjevni sa aspekta iskorišćenja resursa računara.



Slika 1: Simulacija Vavilonske metode

2.1.2 METODA POLOVLJENJA INTERVALA

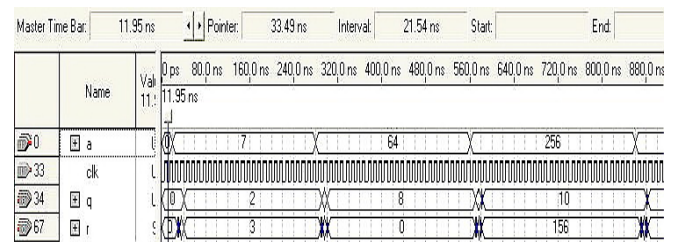
Kompilacija koda sa 10 iteracija je trajala 1 min 31 s, što je značajno poboljšanje u odnosu na prethodnu metodu. Međutim, osnovni problem ove metode jeste zavisnost preciznosti od broja iteracija. Generalno gledano, što je broj manji, to će njegov korijen biti tačnije određen, što se da jednostavno primijetiti na priloženom simulacionom dijagramu (Slika 2). Npr., vidi se da je za broj 51 dobijen korijen 7 sa ostatkom 2, što je i najbolja moguća aproksimacija, dok je za broj 51000 dobijen korijen 248 uz ostatak -10504, a zapravo je najbolja aproksimacija 225 sa ostatkom 375. Dakle, usljed nedovoljnog broja iteracija u ovom primjeru, nije dobijena najbliža moguća aproksimacija korijena.



Slika 2 : Simulacija metode polovljenja intervala

2.1.3. SKIP METODA

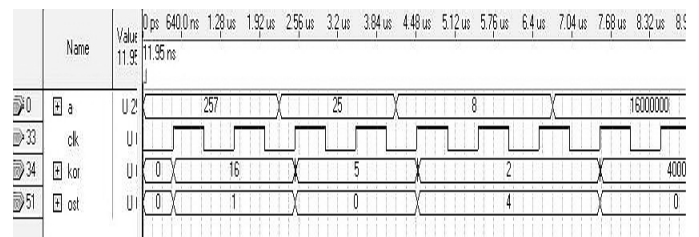
Vrijeme izvršenja kompilacije iznosi 30 s, što je veliki napredak u odnosu na metodu polovljenja intervala, a ogroman u odnosu na Vavilonsku; poređenja radi, za kompilaciju ovog koda sa 100 iteracija je potrebno 1 min 11s – 1.28 puta manje vremena od onog potrebnog kodu metode polovljenja intervala za kompilaciju i to sa 10 puta manje iteracija i 10.35 puta manje vremena u odnosu na Vavilonsku metodu sa samo 4 iteracije. Nažalost, ova metoda ima veliki nedostatak, a on se ogleda u činjenici da je njena oblast primjene direktno ograničena brojem iteracija. Naime, tačan rezultat može da se dobije jedino za brojeve iz intervala $[0, i^2]$, gdje je i maksimalan mogući broj iteracija. Ovo se jasno može vidjeti na priloženom simulacionom dijagramu (Slika 3), na kome se vidi da je za broj 7 koji je manji od 10^2 izračunata najbliža moguća cjelobrojna aproksimacija (2 sa ostatkom 3), dok to nije slučaj za broj 256 koji je veći od 10^2 – izračunato je 10 sa ostatkom 156, a najbliža aproksimacija bi bila 15 sa ostatkom 20 (napomena – ovo je simulacioni dijagram za kod sa 10 iteracija).



Slika 3: Simulacija predložene SKIP metode

2.2. RESTORING METODA

Vrijeme potrebno za izvršenje kompilacije je iznosilo 27 s – dakle, neznatno više od najbrže ovdje prezentovane iterativne metode koja je uključivala 10 iteracija i davala dobre rezultate samo za prilično ograničen opseg ulaznih vrijednosti, dok ova metoda daje najbolju moguću iteraciju za bilo koju vrijednost (Slika 4).

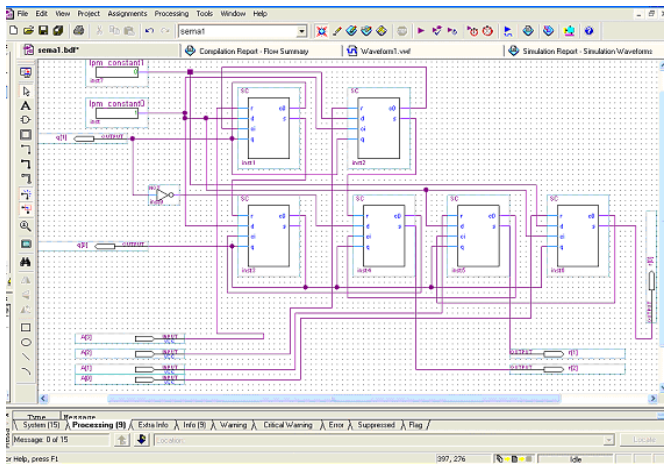


Slika 4: Simulacija Restoring metode

Slijedi jedan vid realizacije Restoring metode, [6]. Na Slici 5 je prikazan blok dijagram u Quartusu za računanje kvadratnog korijena nastao spajanjem tzv. SC ćelija u određenu strukturu. SC (Conditional Subtractor) ćelija je jednostavni sklop sa 4 ulaza (q, r, d, Ci) i 2 izlaza (Co, s), koji su povezani relacijama:

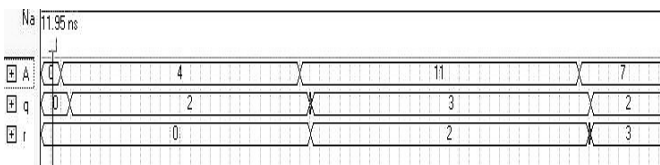
$$Co \leq (r \text{ and } d) \text{ or } (r \text{ and } Ci) \text{ or } (d \text{ and } Ci) \quad (3)$$

$$s \leq r \text{ xor } ((d \text{ xor } Ci) \text{ and } q) \quad (4)$$



Slika 5: Restoring metoda sa SC ćelijama

Simulacioni dijagram za datu arhitekturu je dat na Slici 6.

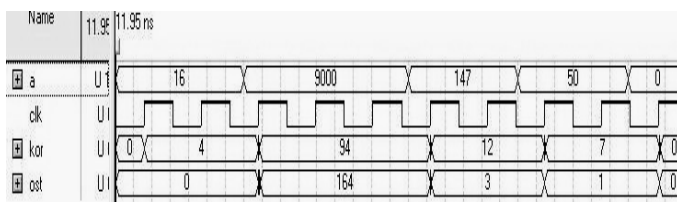


Slika 6: Simulacija Restoring algoritma baziranog na SC ćelijama

Napomena: razmatrana arhitektura se koristi za slučaj ulaznog podatka dužine 4 bita i koristi 6 SC ćelija – sa povećanjem dužine ulaznog podatka jako brzo raste broj primijenjenih SC ćelija.

2.3. NON-RESTORING METODA

Za izvršenje kompacije bile su potrebne 25 s – dakle, nešto slično kao za Restoring metodu. Kao i kod Restoring metode, ni ovdje nema ograničenja u vrijednosti ulaznih podataka. Simulacioni dijagram je priložen na Slici 7.



Slika 7 : Simulacija Non-restoring metode

3. POREĐENJE METODA

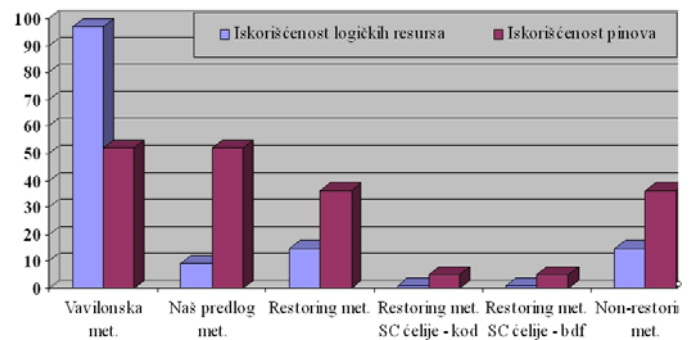
U gornjem paragrafu smo se osvrnuli na trajanje kompacije kod pojedinih metoda i uporedili ta vremena. Ovdje ćemo obratiti pažnju na iskorišćenost logičkih resursa čipa na kome smo vršili verifikaciju kodova [3], [4], kao i na brzinu rada u zavisnosti od primijenjene metode.

U Tabeli 1 je data procentualna zauzetost logičkih resursa čipa izražena preko broja potrebnih osnovnih funkcionalnih elemenata FPGA čipa zvanih LCs (Logic Cells) u odnosu na ukupni broj koji sadrži čip, EPIC6Q240C8. Takođe se

posmatra i broj zauzetih pinova. Posmatra se svaki metod pojedinačno. Na Slici 8 je dat grafički prikaz, gdje se jasnije vidi odnos prikazanih veličina. Vavilonska metoda zauzima daleko najviše logičkih resursa (gotovo sva logička kola koja su na raspolaganju), dok su, sa druge strane, Restoring metode sa SC ćelijama najbolje sa tog aspekta (manje od 1% logičkih kola koja su na raspolaganju). Kada je u pitanju procentualna iskorišćenost pinova koji su na raspolaganju, nema tako drastičnih razlika – jedino se izdvajaju Restoring metode sa SC ćelijama koje koriste primjetno manji broj pinova u odnosu na ostale.

	Vavilonska metoda	Naš predlog metode	Restoring metoda	Restoring metoda sa SC ćelijama - kod	Restoring metoda sa SC ćelijama - bdf	Non-restoring metoda
Iskorišćenost logičkih resursa (%)	97	9	19	< 1	< 1	15
Iskorišćenost pinova (%)	52	52	36	5	5	36

Tabela 1: Zauzetost LCs i pinova na čipu EPIC6Q240C8



Slika 8 : Dijagram poređenja metoda na osnovu iskorišćenosti logičkih resursa i pinova

Tabela 2 govori o brzini rada pojedinih metoda na čipu. Podaci se odnose na vremensko kašnjenje u reprodukovanju tačnog rezultata za istu dužinu ulaznog podatka pri traženju kvadratnog korijena broja 8. Iz tabele se vidi da je u pogledu brzine postizanja tačnog rezultata (brzine odziva) ubjedljivo najgora Vavilonska metoda, dok su ostale gotovo istih performansi.

	Vavilonska metoda	Naš predlog metode	Restoring metoda	Restoring metoda sa SC ćelijama - kod	Non-restoring metoda
broj perioda clk signala	0.5	6	5	7	4
trajanje jednog perioda clk signala	1000ns	10 ns	10 ns	10 ns	10 ns
ukupno vrijeme	500 ns	60 ns	50 ns	70 ns	40 ns

Tabela 2: Brzina rada pojedinih metoda

Prethodnom analizom smo ustanovili da su sa aspekta praktične implementacije najbolje Restoring metode sa SC ćelijama

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu smo prezentovali problem (traženje kvadratnog korijena pozitivnih brojeva), dali teorijska objašnjenja metoda koje se bave rješavanjem datog problema,

realizaciju datih metoda u VHDL-u, kao i poredjenje pomenutih metoda, kako sa aspekta teorije, tako i sa aspekta njihove realizacije. Takođe smo predložili sopstvenu metodu.

Polazeći od poznatih iterativnih metoda došli do zaključka da njihove implementacije u VHDL-u imaju 2 značajna nedostatka. Prvi i najvažniji jeste ograničenost preciznosti tih metoda, koja se javlja kao posljedica for petlji u kodovima, odnosno konačnog broja iteracija koji se mora postaviti u startu i koji je fiksiran. Jasno je da će neki brojevi upadati u domen zacrtan tim fiksiranim brojem iteracija, dok neki drugi neće, tj. za neke brojeve će se moći naći najbolja aproksimacija kvadrnog korijena, dok, pak, za neke druge neće. Problem se komplikuje drugim nedostatkom, a to je da su programi jako dugi za realizaciju. Do toga dolazi iz usljed mnoštva operacija sabiranja, oduzimanja, množenja i dijeljenja cijelih brojeva.

Zbog svega navedenog, prešlo se na metode koje ne vrše aritmetičke operacije nad cijelim brojevima, već aritmetičko – logičke nad bitima, što se pokazalo i više nego efikasno u pogledu brzine izvršenja kompalacija (reda desetina puta). Što je još važnije, kod ovih metoda uvijek se dobija najbolja moguća aproksimacija, što je bio glavni nedostatak onih prethodnih.

LITERATURA

- [1]http://en.wikipedia.org/wiki/Methods_of_computing_square_roots
- [2] Yamin Li and Wanming Chu, “A New Non-Restoring Square Root Algorithm and Its VLSI Implementations”, *International Conference on Computer Design (ICCD'96), October 7–9, 1996, Austin, Texas, USA, pp. 538-544.*
- [3] Tole Sutikno, “An Optimized Square Root Algorithm For Implementation in FPGA Hardware”, *TELKOMNIKA Vol. 8, No. 1, April 2010 : 1 - 8*
- [4] J.O.Hamblen, T.S.Hall, M.D.Furman, “Rapid prototyping of digital systems, Quartus II edition”, *Springer, 2007.*
- [5] Radovan D. Stojanović, “Automatizovano projektovanje digitalnih sistema (VHDL i FPGA)”, *TEMPUS edicija, CD-40017-2005, 2007.*
- [6]<http://userstima.imag.fr/cis/guyot/Cours/Oparithm/english/Extrac.htm>

PROJEKTOVANJE INTEGRISANOG BUCK-FLYBACK PRETVARAČA DESIGNING AN INTEGRATED BUCK-FLYBACK CONVERTER

Sandro Markić, *Elektroprivreda Crne Gore, ED Ulcinj*
Vladan Vujičić, Djordje Jovanović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj- Ovaj rad se bavi problematikom projektovanja integrisanog buck-flyback pretvarača. Izvršena je analiza izbora flyback transformatora i optimizacija parametara snubber kola. Prikazani eksperimentalni rezultati potvrđuju ispravnost analize i ukazuju na isplativost primjene predloženog rješenja integrisanog buck-flyback pretvarača.

Abstract -This paper considers the problem of designing an integrated buck-flyback converter. The analysis of the election flyback transformers and optimization parameters of Snubber circuits has been made. Presented experimental results confirm the validity of the analysis and indicate the feasibility of application of the proposed solutions of the integrated buck-flyback converter.

1. UVOD

Konvencionalni „flyback” pretvarač se dugo koristi zbog svoje jednostavnosti, niske cijene i mogućnosti regulacije izlaznih napona. Za razliku od drugih tipova pretvarača „flyback” pretvarač se koristi u aplikacijama malih snaga. Razvijene i izvedene su mnoge „flyback” topologije kako bi se poboljšale performanse tradicionalnih „flyback” pretvarača [1]-[5].

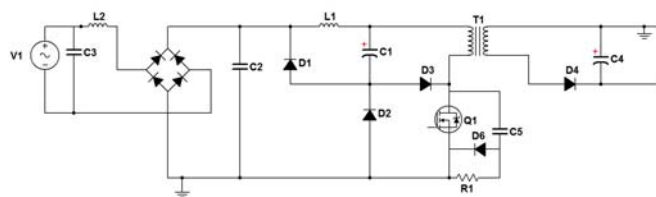
Ovaj rad bavi se analizom integrisanog „buck-flyback” pretvarača (IBFP) kao sekundarnog izvora jednosmjernog napona koji obezbjeđuje visok faktor snage na ulazu [4]-[8].

IBFP se sastoji od diodnog mostnog ispravljača i, preko njega napajanog, integrisanog “buck-flybak” dc-dc pretvarača. Zadatak dc-dc pretvarača je da obezbijedi stabilan izlazni napon, ali i da oblikuje ulaznu struju, kako bi se ostvario visok faktor snage i smanjio uticaj viših harmonika.

Rad se bavi ispitivanjem mogućnosti primjene IBFP-a za napajanje uređaja snage od 110W. Posebna pažnja biće posvećena izboru „flyback” transformatora i proračunu i izboru komponenti snubber kola. U cilju potvrde valjanosti sprovedenih analiza izvršena je fizička realizacija pretvarača. Neki od izmjerenih talasnih oblika napona i struje na izlazu pretvarača biće prikazani u radu.

2. ARHITEKTURA PRETVARAČA

Na slici 1. je prikazana šema IBFP-a koji se napaja preko naizmjenične (AC) električne mreže. Najprostiji način rada pretvarača je održavanje diskontinualnog strujnog režima (DSR) u oba Buck i Flyback induktivna elementa (kalema i transformatora, respektivno). U tom slučaju napon na kapacitivnom filteru V_B praktično je nezavistan od opterećenja, prekidačke učestanosti i faktora popunjenosti (engl. *duty cycle*), već isključivo zavisi od ulaznog AC napona i odnosa „buck” i „flyback” induktivnosti (L_B i L_F , respektivno), [5]. Ovo je važna osobina integrisanih energetskih pretvarača koji rade u DSR-u, jer omogućuje brzu regulaciju izlaznog napona.



Slika 1. Šema realizacije IBFP.

Tabela 1 prikazuje vrijednosti komponenti korišćene za realizaciju integrisanog „buck-flyback” poluprovodničkog pretvarača.

Oznaka komponente	Vrijednost komponente
L_2	10mH
C_3	150nF
Diode u Greatz-ovom spoju	4xMUR 160
C_2	10nF
D_1	MUR880
L_1	42 μ H
C_1	470 μ F/300V
D_2	MUR 4100
D_3	HFA15TB60
Q_1	IRFPE50
R_1	200k Ω
D_6	BA159
C_5	1.5nF
T1	ER28; n=0.5; $N_1=30$; $N_2=12$.
D_4	MUR820
C_4	220 μ /200V

Tabela 1. Vrijednosti komponenti IBFP.

3. IZBOR FLAYBACK TRANSFORMATORA

Željena izlazna snaga transformatora realizovanog pretvarača je 110W. Ako pretpostavimo da je stepen iskorišćenja 85%, neophodno je koristiti transformator snage 130W kako bi se mogla ostvariti željena izlazna snaga od 110W.

Prilikom odabiranja veličine transformatora mora se voditi računa o velikom broju faktora, zato što ne postoje jednostavne relacije koje povezuju veličinu i snagu transformatora [9]-[10]. Glavne karakteristike transformatora su: karakteristika jezgra, oblik transformatora, površine

poprečnih presjeka, dozvoljeni porast temperature, i ambijent rada transformatora.

Prvo odabiramo jezgro transformatora na osnovu nomograma proizvođača i radne frekvencije [9]-[10]. Kako je predviđeni rad transformatora na učestanosti 100kHz za realizaciju je izabrano jezgro ER-28. Nakon izabranog jezgra bira se maksimalno vrijeme uključenosti prekidača Q1 za minimalni napon i maksimalno opterećenje. Za naš slučaj, pretpostavimo da maksimalno vrijeme uključenosti prekidača ne može preći 60% periode tj da je maksimalni faktor popunjenosti $D=0.6$. Dakle, za frekvenciju od 100 kHz imamo period $10\mu s$ tj. poluperiodu od $5\mu s$, odnosno maksimalno vrijeme uključenosti prekidača $t_{on(max)}=6\mu s$. Kako je proračun jedsmjernog napona na kondenzatoru C_2 (V_{cc}) na ulazu pretvarača, pri punom opterećenju i minimalnom ulaznom naponu, vrlo složen i zavisi od velikog broja faktora, uvodi se dobra inženjerska aproksimacija koja uključuje koeficijente k_1, k_2 [9]:

$$V_{cc} = V_{ef} \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (1)$$

gdje su $k_1=1,3$; $k_2=1,9$.

Iz kataloga proizvođača za odabrano jezgro ER-28 imamo minimalnu površinu $A_{min}=77mm^2$. Maksimalna gustina magnetskog fluksa za odabrano jezgro pri temperaturi od $100^\circ C$ je $100mT$ [11].

Minimalni broj navojaka na primaru može se izračunati korišćenjem sledeće relacije:

$$N_{pmin} = \frac{Vt}{\Delta B_{ac} A_{min}} \quad (2)$$

gdje je N_{pmin} - minimalni broj navojaka, $V=V_{cc}$ jednosmjerni napon, t -vrijeme uključenosti prekidača u μs , ΔB_{ac} - maksimalna gustina magnetskog fluksa T, A_{min} - minimalni poprečni presjek jezgra mm^2 .

Sledećom relacijom izražen je napon po navojku:

$$\frac{V}{N} = \frac{V_{cc}}{N_p} \quad (3)$$

Pa se broj navojaka na sekundaru može se izračunati korišćenjem sledeće relacije:

$$N_s = \frac{V_s}{V/N} \quad (4)$$

gdje je V_s - napon na sekundaru, N_s - broj navojaka na sekundaru i V/N - napon po navojku.

4. PRORAČUN KOMPONENTI SNUBBER KOLA

Za zaštitu prekidača od prenapona i smanjenje EMI smetnji koristimo RCD snubber kolo za isključenje. Snubber kolo se uobičajno postavlja paralelno prekidaču Q1 [9]-[10]. Zadatak snubber-a za isključenje je da, u toku procesa isključenja, obezbijedi što je moguće niži napon između drejna i sorsa (V_{ds}), dok struja drejna (i_d) ne opadne do nule. Prije započinjanja procesa isključenja kroz prekidač protiče struja $i_d = I_o$, dok je pad napona na prekidaču $V_{ds} \approx 0$. Tokom isključenja i_d linearno opada dok kroz kondenzator C_5 i diodu D_6 protiče struja $I_o - i_c$. Ako vrijeme opadanja struje označimo sa t_{opad} , struja kroz kondenzator C_5 se može definisati kao:

$$i_{C_5} = \frac{I_o t}{t_{opad}} ; 0 < t < t_{opad} \quad (5)$$

Napon na kondenzatoru, koji je istovremeno i napon na prekidaču Q1 kada dioda D_6 provodi može se definisati zavisnošću:

$$v_{C_5} = v_{ds} \frac{1}{C_5} \int_0^t i_{C_5} dt = \frac{I_o t^2}{2C_5 t_{opad}} = v_{ds} \quad (6)$$

koja važi za vrijeme opadanja struje sve dok napon kondenzatoru ne dostigne vrijednost V_d .

Da bi se izvršila optimizacija snubber-a za isključenje neophodno je uzeti u obzir njegov uticaj na proces uključenja. Kada koristimo RCD snubber, kondenzator se postepeno prazni preko otpornosti R_l , dok napon V_{ds} vrlo brzo opada do nule, tako da se praktično eliminišu dodatni gubici koje izaziva kapacitivnost C_5 . Energija akumulisanog naelektrisanja na C_5 troši se na otporniku R_l i iznosi:

$$W_R = \frac{C_5 V_d^2}{2} \quad (7)$$

U praktičnim kolima otpornost R_l može se izračunati na osnovu sledeće relacije [10]:

$$\frac{V_d}{R_l} = 0.2 I_o \quad (8)$$

Vrijednosti R_l i C_5 moraju obezbijediti dovoljno vremena za pražnjenje kondenzatora u intervalu kada je prekidač uključen tj. da se C_5 isprazni približno do vrijednosti $0.1V_d$ prije ponovnog isključenja. Od trenutka kada se tranzistor uključi, kondenzator se prazni po zakonu:

$$v_{C_5} = V_d e^{-\frac{t}{\tau_c}} \quad (9)$$

gdje je $\tau_c = R_l C_5$ vremenska konstanta pražnjenja. Vrijeme potrebno da se napon v_{C_5} spusti do vrijednosti $0.1V_d$ odgovara vremenskom intervalu od $2.3\tau_c$, što znači da za minimalno vrijeme uključenja t_{on} mora važiti:

$$t_{on} > 2.3 R_l C_5 \quad (10)$$

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

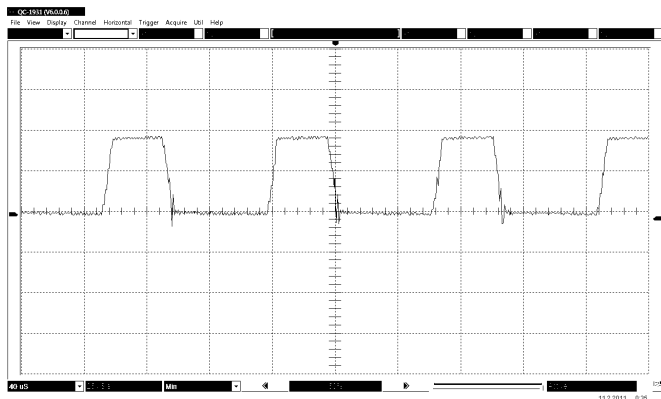
Pretvarač je fizički realizovan i testiran na konstantnom otporu od 20 Oma snage 20W. Implementacija kontrole je bila eksterna, radna frekvencija je iznosila 10kHz i napon napajanja je bio snižen na 20.3V.

Na slici 2 je data fotografija eksperimentalnog prototipa integrisanog "buck-flyback" pretvarača.

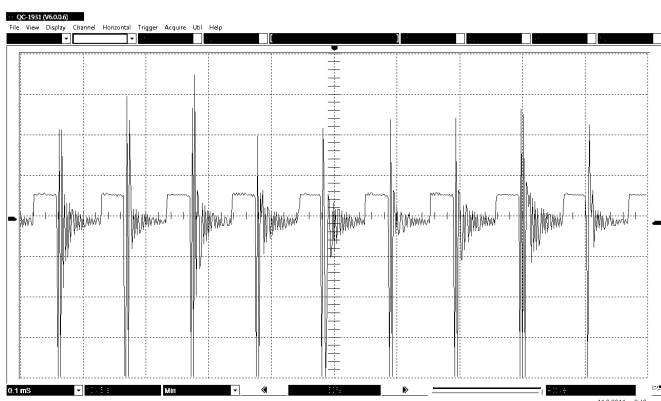


Slika 2. Eksperimentalni prototip integrisanog "buck-flyback" pretvarača.

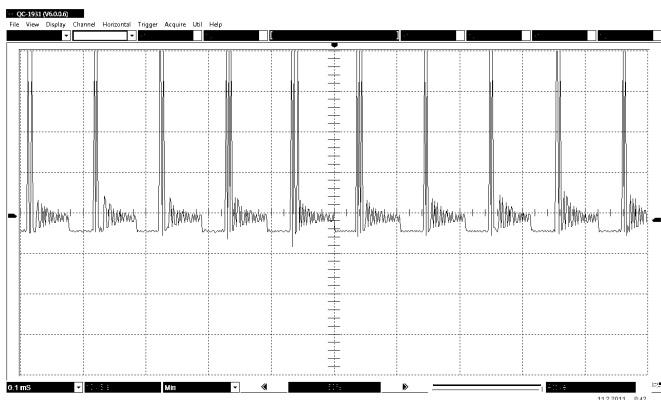
Pojedini izmjereni talasni oblici napona i struja prikazani su na slikama od 3. do 7.



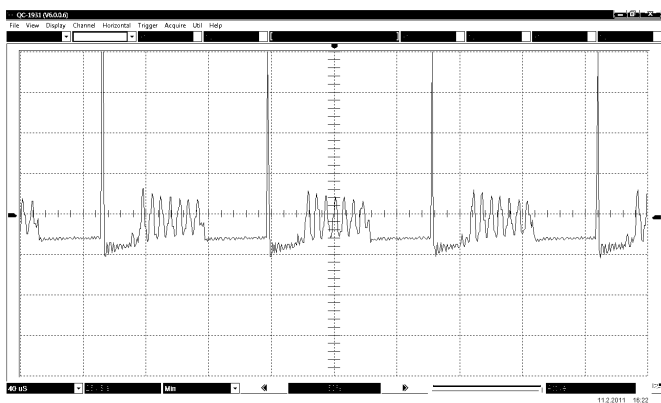
Slika 3. Napon na gejtju MOSFET-a.



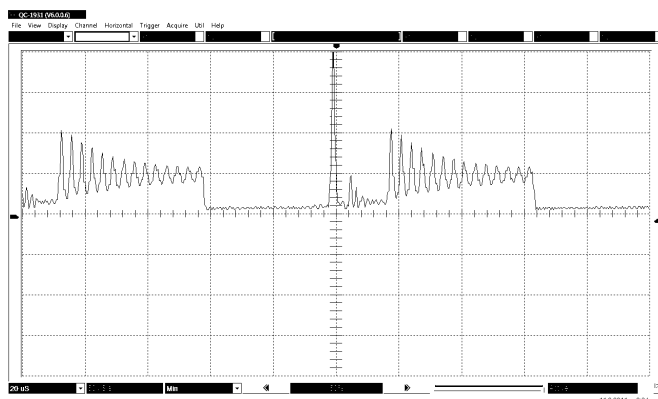
Slika 4. Napon na primaru "flyback" transformatora.



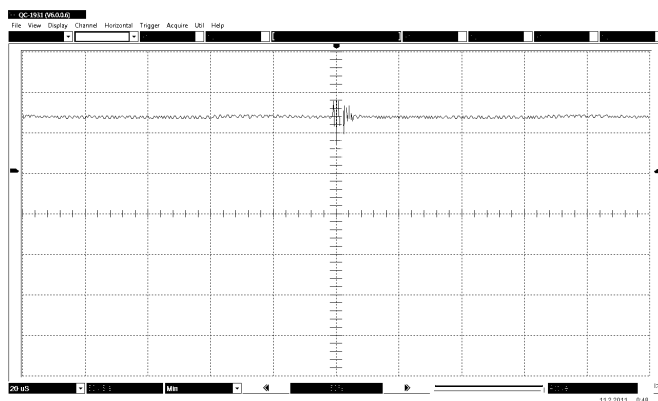
Slika 5. Napon na sekundaru "flyback" transformatora.



Slika 6. Napon na drejnu MOSFET-a bez snubber kola.



Slika 7. Napon na drejnu MOSFET-a kada se uključi snubber kolo.



Slika 8. Napon na izlazu pretvarača.

6. ZAKLJUČAK

U radu je prezentovano praktično rješenje integrisanog "buck-flybak" ac-dc pretvarača sa ulaznim naponom od 90-250V i izlazom od 48V, snagom 110W i radnom frekvencijom od 100kHz.

Kod realizovanog IBFP izvršen je optimalni izbor "flyback" transformatora i snubber kola. Realizovani pretvarač obezbjeđuje satabilan izlazni napon, robustan je i jeftin.

LITERATURA

- [1] T. M. Chen and C. L. Chen, "Analysis and design of asymmetrical half bridge Flyback converter", IEE Proc.-Electr. Power Appl. Vol149, No.6, pp433-440, Nov.2002
- [2] Rui Liu, Wen-Jian Gu, "Half bridge zero voltage switched PWM Flyback DC/DC converter", US Patent No. 5808879, sep.1998.
- [3] S.H. Lim, "Asymmetrical duty cycle Flyback converter", US Patent No. 5959850, Sep. 1999.
- [4] J. Marcos Alonso, Marco A. Dalla Costa and Carlos Ordiz, "Integrated Buck-Flyback converter as a High-Power-Factor Off Line Power Supply IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 3, pp. 1090-1099, March 2008.
- [5] V. Vujičić, S. Markić " Analiza i ispitivanje karakteristika buck-flzback pretvarača" INDEL, Banja Luka, pp. 63-67, Novembar 2010.
- [6] M. Madigan, R. Erickson, and E. Ismail, "Integrated high-quality rectifier regulators," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 46, no. 4, pp. 749-758, Aug.1999.

- [7] M. Ferdowsi and A. Emadi, "Pulse regulation control technique for integrated High-Quality rectifier-regulators," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 52, no.1, pp. 116–124, Feb. 2005.
- [8] J. Y. Lee, "Single-stage AC/DC converter with input-current dead-zone control for wide input voltage ranges," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 54, no. 2, pp. 724–732, Apr. 2007.
- [9] Keith Billings, Taylor Morey "Switchmode Power Supply Handbook" The McGraw-Hill Companies, New York, 2011. ISBN:978-0-07-163972-9.
- [10] Abraham I. Pressman, Keith Billings and Taylor Morey "Switching Power Supply Design" The McGraw-Hill Companies, New York, 2009. ISBN: 978-0-07-159432-5.
- [11] www.datasheet.com (data sheet er28).

MODEL SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU U RAZVOJU LJUDSKIH RESURSA (SPO) MODEL DECISION SUPPORT SYSTEM (DSS) IN DEVELOPMENT HUMAN RESOURCE

Vesna Bulatović, *Zavod za školstvo Podgorica*

Sadržaj – U radu je predstavljen model sistema za podršku odlučivanju u oblasti upravljanja razvojem ljudskih resursa, koji omogućava ostvarivanje komparativnih prednosti organizacije. Preko razvijenih aplikacija i razrađenih procedura se sakupljaju, obrađuju i tumače podaci, a dobijaju ciljne, efikasne i pravovremene informacije za kvalitetno upravljanje ljudskim resursima. Sistemi za podršku odlučivanju pomažu pri donošenju odluka kod problema gdje postoji neodređenost i neizvjesnost.

Abstract – This paper presents a model system for decision support in the field of human resource development that allows realization of organization's comparative advantages. With developed applications and procedures, data are collected, processed and interpreted and targeted, effective and timely information for quality human resources management are obtained. Decision support systems help decision making in problems where there is ambiguity and uncertainty.

1. UVOD

Organizaciju sačinjavaju ljudi od čije sposobnosti, znanja, vještina, motivisanosti, učenja i razvoja, presudno zavisi da li će organizacija uspješno funkcionisati i da li će se i kako razvijati. Ljudski resurs je najznačajniji resurs bilo koje organizacije.

Upravljanje razvojem ljudskih resursa je integralni dio funkcija menadžmenta i uključuje aktivnosti sistematskog razvoja strategija, sistema planiranja, regrutovanja, izbora, raspoređivanja, uvođenja i orijentacije ljudi u sistemu rada, te upravljanje performansom, razvojem i usavršavanjem, zaštitom i planiranjem karijere ljudskih resursa.

Odlučivanje je proces odabiranja jedne od dvije ili više alternativa da bi se postigao određeni cilj. Odlučivati se može u uslovima izvjesnosti (strukturisano odlučivanje) ili rizika i neizvjesnosti (nestrukturisano odlučivanje). Kada su u pitanju ljudi i njihovo ponašanje, mnogo je više odluka koje se donose u uslovima neizvjesnosti i rizika, nego izvjesnosti.

Sistem za podršku odlučivanju (*Decision support system - DSS*) je interaktivni, fleksibilni i adaptivni specijalno razvijen informacioni sistem za podršku rješavanja nestrukturiranih problema u cilju poboljšanja procesa odlučivanja na svim nivoima. Nastao je kao nadgradnja standardnim poslovnim informacionim sistemima. Računar najbolje obrađuje kvantitativne analize, što povećava sposobnosti donosioca odluke, ostavljajući im slobodu donošenja finalnih odluka. Izvlačenjem sintetičke informacije iz velikih baza podataka, odluke se ne donose automatski, već klasifikuju, upoređuju i formiraju podlogu za odlučivanje.

2. MOGUĆNOSTI SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Sistemi za podršku odlučivanju ne mogu se isporučivati kao standardni softverski paketi, nego se konstruišu za zadovoljenje posebnih ciljeva i trebaju da imaju sljedeće osobine i mogućnosti:

- komparacije računarske informacije i ličnog prosuđivanja;
- obezbjeđenje podrške za različite nivoe upravljanja, od linijskog do top menadžmenta;
- obezbjeđenje podrške za pojedince i grupe;
- podržavanje svih faza procesa odlučivanja: ispitivanja, dizajna, izbora i implementacije;
- prilagođavanje različitim stilovima, procesima i drugim specifičnostima donosioca odluka;
- adaptiranje tokom vremena, jer je i poslovanje promjenljivo;
- nastojanje da se unaprijedi tačnost, ažurnost i kvalitet obrade informacija;
- trebaju biti laki za upotrebu i da se korisnici osjećaju sigurno i komotno;
- treba da bude sistem za podršku, a ne zamjenu donosiocu odluka...

Razvoj ljudskih resursa podrazumijeva veliki broj internih i eksternih izvora podataka koji služe kao osnova Sistemu za podršku odlučivanju.

Interni izvori podataka za ove aplikacije mogu biti: strategijski i operativni planovi, interni propisi i drugi dokumenti koji se tiču regrutovanja, odabiranja, prijema, raspoređivanja, analize poslova, procjenjivanja radne uspješnosti, osposobljavanja i usavršavanja, unapređivanja, interne i eksterne fluktuacije, apsentizma, povređivanja na radu, prestanka zaposlenja i dr.

Eksterni izvori podataka su zakonski propisi, stručni tekstovi, savjetovanja, koji se tiču pobrojanih područja personalnog poslovanja.

Zajednički ili sistemski podaci za sve aplikacije su šifre. Moraju se prethodno razviti oblici i načini šifriranja, a potom na odgovarajući način unijeti i tokom vremena ažurirati.

3. MODULI SISTEMA ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Za upravljanje i razvoj ljudskih resursa su značajni aspekti: evidencija zaposlenih, planiranje i izvršenje planova, izbor i raspoređivanje, profesionalni razvoj, upravljanje performansama, evidencija rada, politika i obračun zarada i analiza troškova. Iz tog razloga je SPO za upravljanje i razvoj ljudskih resursa, koji pripada ovom realizovanom modelu, razdijeljen u veći broj modula, odnosno funkcionalnosti:

- M1: Evidentiranje i pokretljivost;
- M2: Planiranje;
- M3: Izbor i raspoređivanje;
- M4: Upravljanje performansama;
- M5: Profesionalni razvoj;
- M6: Evidencija rada;
- M7: Obračun zarada;
- M8: Troškovi rada;
- M9: Pomoćne evidencije.

3.1. Evidentiranje i pokretljivost

Evidentiranje i pokretljivost ljudskih resursa je modul koji omogućava formiranje i održavanje veoma bogatog fonda podataka i informacija o personalu organizacije. Ovaj modul je veoma značajan za ocjenu stanja ljudskih resursa, procjenjivanje sa kojom se efikasnošću oni koriste, analizu njihove pokretljivosti i mobilnosti, između organizacije i okruženja i unutar organizacije, analiziranje stepena apsentizma i slično.

Ovo je softversko rešenje kojim će ključni i krajnji korisnici dizajnirati procese i organizacionu strukturu. Konkretni zadaci ove aplikacije su formiranje opšteg sloga podataka o organizaciji, dekompozicija poslovnih procesa, opis procesa i subprocessa, definisanje i opis uloga, dizajniranje poslova i radnih mjesta, vrednovanje poslova, projektovanje organizacione strukture. Naspram te strukture formira se evidencija koja prati pokretljivost zaposlenih.

Obrada skoro da ne postoji u klasičnom smislu. Preuzimaju se ulazni podaci iz odgovarajućeg izvora i smještaju u bazu, a potom se ti isti podaci prikazuju na ekranu. Izlazi su isti kao i ulazi. Omogućava formiranje stotinak izvještaja i linkove na mnoge druge aplikacije.

3.2. Planiranje

Planiranje je usresređeno na utvrđivanje budućih potreba za ljudskim resursima. Za potrebe privlačenja, regrutovanja potencijalnih kandidata za slobodna radna mjesta, obavljanje složenih procedura selekcije, uvođenje u posao i optimalno raspoređivanje, razvijeno je niz tehnika koje su u ovom modulu automatizovane.

Kroz ovaj modul, za organizaciju u cjelini, poslovne jedinice ili poslovne procese korisnici (menadžeri) preuzimaju, analiziraju i bilježe strategijske ciljeve, formiraju

i upisuju operativne ciljeve i akcije, utvrđuju planove potreba za ljudskim resursima, iskazuju se potrebe za ljudima po školskim nivoima, zanimanjima, razlozima budućeg regrutovanja, izbora i raspoređivanja.

Obrada podataka se odnosi na set dokumenata koji se pokriveni nizom templejta. Statistike iz tabela templejta se izračunaju na osnovu podataka unijetih u ulazne ekranske forme.

3.3. Izbor i raspoređivanje

Ovaj modul u potpunosti pokriva sve aktivnosti oko odabira novih radnika, raspoređivanja na nova radna mjesta i odlazak radnika iz organizacije kroz funkcionalnosti: regrutovanje, evidentiranje kandidata za izbor, preliminarni izbor kandidata na osnovu stručnosti, procjene i psiholoških mjerenja kandidata kandidata, zapošljavanje, raspoređivanje, uvođenje u posao i fluktuaciju. Aplikacija omogućava formiranje više izvještaja i linkove na ostale aplikacije.

Na osnovu analize poslova i iskazanih potreba za ljudskim resursima, automatizuje se proces selekcije kandidata i olakšava odabir, dobijanje izvještaja o rezultatima konkursa, kao i različitih pregleda kandidata prema polu, godinama, stručnoj spremi i dr.

Dobra analiza posla i potrebnih kvalifikacija kojima se precizno definišu zahtjevi radnog mjesta, skraćuje period uvođenja u posao i profesionalno osposobljavanje, smanjuje se fluktuacija zaposlenih i profesionalne nesreće i povećava stepen zadovoljstva radom.

3.4. Upravljanje performansama

Upravljanje performansom i razvojem ljudskih resursa je modul koji automatizuje postupke:

- mjerenja, analiziranja i razvijanja kompetencija personala organizacije,
- praćenja i analiziranja razvoja karijere svakog pojedinca kroz sistem obrazovanja, postizanja učinaka u karijeri, planiranja karijere, i
- planiranja, organizacije, evaluacije, odnosno, upravljanja sistemom obučavanja u organizaciji i van nje.

Cilj kontrole i vrednovanja učinka je utvrđivanje razlike između stvarnih i planiranih dešavanja da bi se, na osnovu dobijenih rezultata, predvidjelo buduće poslovanje i obezbijedila kvalifikovana radna snaga koja će zadovoljiti te zahtjeve. Važno je da organizacija odredi adekvatna kvantitativna i kvalitativna mjerila za praćenje uspješnosti.

Na osnovu ocjenjivanja performanse se dobije sumarni pregled radne uspješnosti, utvrde značajna odstupanja željene od stvarne radne uspješnosti, navedu znanja i vještine koje je potrebno unaprijediti, napravi akcioni plan unapređenja, odrede prioritete oblasti i definišu mjerni instrumenti za postignute ciljeve.

3.5. Profesionalni razvoj

Od postojećih individualnih faktora koji određuju sklonosti, sposobnosti i interesovanja pojedinca ka

određenom zanimanju, zavisi njegov stav prema profesionalnom razvoju. Organizacija, sa druge strane, ima povećane troškove zbog neusklađenih potreba posla i mogućnosti zaposlenih, zato organizacija ima interes da pomogne pojedincu u razmatranju sopstvene karijere i stvaranje novih znanja kroz stručno obrazovanje.

Polazeći od rečenog, funkcionalnosti ovog modula se mogu specifikovati u dvije podgrupe: Planiranje karijere i Stručno obrazovanje.

Planiranje karijere obuhvata: prognoziranje razvoja karijere i preporuke razvoja karijere. Prvo se unose prognoze za razvoj karijere određenog radnika po unaprijed izvršenim testovima koje je sprovela organizacija. Preporuke se daju na osnovu postojećih informacija o radniku, ocjena performantnosti i analize mogućnosti koje pruža organizacija u smislu naslednika na sadašnju poziciju radnika i planiranih aktivnosti. Mogućnosti napredovanja u karijeri su date kao alternativni posao jedan i dva i posao koji se može dobiti u perspektivi. Za svaku od ovih alternativa je dato očekivano vrijeme prelaska na prognoziranu poziciju.

Stručno obrazovanje obuhvata: plan realizacije programa stručnog obrazovanja i realizaciju programa stručnog obrazovanja. U okviru plana realizacije se unose: programi stručnog obrazovanja, programi za kurseve, planovi realizacije programa i kurseva, kao i planovi učešća na naučnim i stručnim skupovima i seminarima.

3.6. Evidencija rada

Evidencija rada je modul za automatsko evidentiranje i analizu korišćenja radnog vremena, praćenja apsentizma, fluktuacije, obezbjeđivanja podloga za obračun zarada.

Modul za evidenciju radnog vremena je razvijen iz potrebe za preciznim praćenjem vremena koje radnici organizacije provode na radnom mjestu, a informacije dobijene u kroz tu evidenciju se mogu koristiti i kao jedan od kriterijuma za isplatu ličnih primanja zaposlenih. Sadrži veliki broj automatskih alata kojima se može poboljšati efikasnost u planiranju rada, rasporeda radnika po smjenama i radnim mjestima i preciznu evidenciju odsustvovanja radnika sa razlozima odsustva. Podaci iz ovog modula se mogu koristiti za obračunavanje radnog staža radnika ostvarenog u organizaciji, za praćenje izostajanja sa posla, korišćenje odmora, raspored rada po smjenama i sl.

Program može da daje veoma veliki broj izvještaja koji prate trajanje rada po organizacionim jedinicama, za svakog radnika pojedinačno kao i za bilo koji nivo u hijerarhiji preduzeća. Podaci se mogu koristiti za bilo koji podskup skupa radnika, kao i za bilo koji protekli period vremena. Evidencija u ovom modulu pokriva sve savremene vrste radnog vremena, a ujedno se vodi i evidencija o statusu radnika.

3.7. Obračun zarada

Zaposleni ima pravo na odgovarajuću zaradu koja se utvrđuje u skladu sa zakonom, opštim aktom i ugovorom o radu. Zarada se sastoji od zarade za obavljene rad i vrijeme

provedeno na radu, zarade po osnovu doprinosa zaposlenog poslovnom uspjehu poslodavca (nagrade, bonusi i sl.) i drugih primanja po osnovu radnog odnosa. Poslodavac je dužan da vodi mjesečnu evidenciju o zaradi i naknadi zarade za svakog zaposlenog. Evidencija sadrži podatke o bruto zaradi i zaradi po odbitku poreza, doprinosa i dr.

Obračun zarada i kompenzacije je informacioni modul kojim su automatizovane procedure procjene vrijednosti poslova koje pojedinci obavljaju, gdje je izmjeren nivo kompenzacije koja je planirana za svaki posao, razvijen sistem ocjenjivanja učinaka svakog zaposlenog, procjenjivanje i izračunavanje aditivnih kompenzacionih vrijednosti za postignuti kvantitet i kvalitet rada, odnosno ostvarivanje doprinosa realizaciji nekog segmenta iz sistema ciljeva i/ili postizanja kritičnih indikatora performantnosti organizacione cjeline u nekom vremenskom periodu. Modul efikasno obračunava, evidentira, dokumentuje i knjiži zarade zaposlenih.

Osnovna namjena modula za Obračun zarada je ubrzanje i automatizacija procesa obračuna zarada, projektovan da omogući maksimalnu fleksibilnost i efikasnost u unosu, obradi i kontroli obračunatih zarada naknada i drugih primanja. Ovaj modul koristi podatke iz ostalih modula, posebno iz Evidencije rada.

3.8. Troškovi rada

Ljudski resursi u procesu rada proizvode različite troškove, počevši od ličnih primanja, preko troškova energije i materijalnih sredstava i drugo. Kontrola racionalnosti utrošaka i izdataka se može vršiti preciznim i tačnim evidencijama, kao i ozbiljnim analizama i upoređenjima.

Koristeći informacioni sistem se mogu simulirati promjene u platama i beneficijama u cilju uvida tih promjena na organizaciju, što pomaže pri donošenju kvalitetnih odluka i planova.

4. PRIMJENJIVOST MODELA

Tipičan primjer odlučivanja u domenu upravljanja i razvoja ljudskih resursa je selekcija. Cilj je da se izbere pravi čovjek za posao. Problem odlučivanja je utvrđivanje zahtjeva posla i strategija izbora. Vrijedne alternativne akcije su sami kandidati i njihove radne i osobine ličnosti, a sagledavanje mogućih stanja stvari i mogućih posledica i ocjenjivanja njihovih vrijednosti je kompleks složenih ocjena i vrijednosnih kriterijuma izbora bilo koje od vrijednih alternativnih akcija. Odabiranje kriterijuma odlučivanja se bazira na procijenjenim, ustanovljenim, mjerljivim zahtjevima posla, na osnovu kojih će biti ocjenjivan/ispitivan svaki kandidat i preduzeće se izbor one akcije (kandidata) koji najviše zadovoljava kriterijumima odlučivanja. Nakon odabira, kandidata treba uvesti u posao i pratiti napredovanje.

Automatizacija procedure upravljanja i razvoja ljudskih resursa u procesu selekcije omogućava:

- Na osnovu unijete strategije, operativnih ciljeva i akcija u informacioni sistem i dobijenih informacija o

prirodnom odlivu, spoljašnjoj i unutrašnjoj fluktuaciji, utvrđuju se potrebe za ljudskim resursima.

- Jasno definisani zahtjevi i mogućnosti posla preko šifre radnog mjesta, datumi otvaranja i zatvaranja konkursa/oglasa i mediji u kojima je konkurs objavljen, omogućavaju analize broja prijavljenih kandidata i preko kojih medija.
- Evidencije relevantnih podataka o svakom prijavljenom kandidatu se mogu sačuvati i ako kandidat nije primljen, zbog moguće buduće potrebe za kontaktom sa nekim od njih. Na osnovu ovih podataka se mogu dobiti i odštampati izvještaji o rezultatima konkursa, kao i različiti pregledi kandidata prema polu, godinama, stručnoj spremi i drugo;
- Na osnovu izvještaja o stručnosti prijavljenih kandidata može se izvršiti preliminarni izbor to je prvi nivo selekcije. Ako su za posao potrebna specijalna znanja i vještine iz prvog nivoa se odabira uži izbor koji će ući u drugi nivo stručne selekcije. Rezultat stručne selekcije se dobija pravljenjem paralele između zahtijevanog stručnog znanja, specijalnih znanja i vještina, sa znanjima i vještinama kandidata. Ako je za traženo radno mjesto potrebno vršiti psihološka mjerenja, odabrani kandidati nastavljaju treći nivo selekcije.
- Iz dobijenih nalaza, a prema potrebi posla, vrši se analiza podataka i rezultata, generiše lista rezultata konkursa i obavještavanje prijavljenih kandidata. Ugovor o radu, kao i mogući aneks ugovora, je takođe automatizovan u odnosu na konkretnu situaciju.
- Odabrani kandidati se raspoređuju na određena radna mjesta. Odgovarajuće uvođenje u posao omogućava novim radnicima da se upoznaju sa očekivanjima organizacije od njih i šta oni mogu očekivati zauzvrat, što ima veliki uticaj ima na zadržavanje novoprimljenog osoblja. U toj fazi se evidentiraju izvještaji i komentari pri uvođenju u posao.
- Sa radnikom koji odluči da napusti organizaciju se može obaviti "izlazni" intervju koji sadrži procjenu radnika u vezi organizacije i kvaliteta poslova, što se unosi u bazu podataka, na osnovu kojih se dobijaju dragocjeni podaci za otklanjanje nezadovoljstva ostalih radnika.
- Na osnovu ocjenjivanja performanse se dobija sumarni pregled radne uspješnosti, utvrđuju odstupanja željene od stvarne radne uspješnosti, navode znanja i vještine koje je potrebno unaprijediti i akcioni plan unapređenja, određuju prioritetne oblasti i definišu mjerni instrumenti za postignute ciljeve.

5. ZAKLJUČAK

Eksplzivni rast količine podataka u svim oblastima poslovanja, a time i u oblasti upravljanja razvojem ljudskih resursa, nadilazi moći čovjeka da ih tradicionalnim sredstvima obrađuje i analizira. Pred menadžment organizacije postavlja se problem uočavanja značajnih informacija i donošenja optimalnih odluka iz gomile raspoloživih podataka, što proizvodi potrebu za novim tehnikama automatske analize u bazama podataka. Veliki i mali privredni promašaji su zasnovani na nesposobnosti analitičkog korišćenja raspoloživih informacija. Odluke više nije moguće donositi na temelju nagađanja, poluprovjerenih informacija i adhoc, nego „*intelligence*” aktivnosti postaju kičma poslovnih odluka. *Intelligence* sistemi, odnosno moderni sistemi podrške odlučivanja, informišu i savjetuju, a menadžeri na osnovu toga donose odluke.

SPO uklanja protivrječnosti i nedostatke koji su se javili kod razvoja, implementacije i eksploatacije upravljačkih informacionih sistema. Utiču na širinu i sposobnost menadžerskog odlučivanja na svim nivoima (operativni, taktički i strategijski). Dakle, SPO sistem možemo shvatiti kao interaktivni računarski informacioni sistem pomaganja, potkrepljivanja strukturisanog, polustrukturisanog i nestrukturisanog sistema odlučivanja.

LITERATURA

- [1] Balaban N., Ristić Ž.: "Poslovna inteligencija", Subotica, 2006.
- [2] Torrington D. i drugi: "Menadžment ljudskih resursa" Data Status, Beograd, 2004.
- [3] Šušnjar G., Zimanji V.: "Menadžment ljudskih resursa", Subotica, 2005.
- [4] Turban E., "Introduction to Information Technology", John Wiley, 2001.
- [5] Balaban N., Ristić Ž., Đurković J., Trninić J.: "Informacioni sistemi u menadžmentu", Savremena administracija, 2002.
- [6] Adižes I., Todorović A., Moskovljević O., Han S., Carić N.: "Upravljanje promjenama", Agora, 1994.
- [7] Ćirić B.: "Poslovna inteligencija", Data status, 2006.
- [8] Bulatović V.: „Informatičke tehnologije u podršci razvoja ljudskih resursa“, magistarski rad, 2007.
- [9] www.tims.edu.rs, februar 2010.
- [10] www.scribd.com, februar 2010.

SKALIRAJUĆI EKSPONENTI U ANALIZI HAOSA U OSCILATORNIM KOLIMA SCALING EXPONENTS-BASED DETECTOR OF CHAOS IN OSCILLATORY CIRCUITS

Vesna Rubežić, Igor Đurović, *Elektrotehnički fakultet u Podgorici*
Ervin Sejić, *Division of Gerontology, Beth Israel Deaconess Medical Center and Harvard Medical School, Harvard University, Boston, Massachusetts, USA*

Sadržaj - U ovom radu predlažemo detektor za procjenu tekućeg stanja sistema koji je zasnovan na skalirajućim eksponentima. Za računanje skalirajućih eksponenata koristimo Detrended Fluctuation Analysis (DFA). Predloženi detektor je dizajniran na osnovu činjenice da DFA daje različite rezultate - skalirajuće eksponente za različita stanja u haotičnim kolima. Simulacioni primjeri su urađeni za Čuino oscilatorno kolo. Predloženi detektor prevazilazi postojeće tehnike u mogućnosti razlikovanja haotičnog i periodičnog stanja u kolima za relativno visok šum.

Abstract - In this paper, a scaling exponent based approach is proposed to determine the current circuit state. Detrended fluctuation analysis (DFA) was used to calculate scaling exponents. Simulation examples in this paper were performed for the Chua's oscillatory circuit. The proposed detector outperformed the existing techniques in capacity to distinguish the chaotic and periodic states in the circuits for relatively high noise.

1. UVOD

Pod specifičnim uslovima, različiti nelinearni sistemi (tehnološki, medicinski, ekonomski) ispoljavaju haotično dinamičko ponašanje [1]-[3]. Razvijeno je nekoliko grupa metoda za detekciju stanja sistema na osnovu jednog niza podataka koji je dostupan [4]-[6]. Međutim, postojeće metode karakteriše velika složenost računanja, neprimjenljivost na različite klase sistema i nepouzdanost za kratke šumne sekvence. U našim prethodnim radovima razmatrali smo haotične oscilatore kao važnu grupu haotičnih sistema. Detektor haotičnih stanja u nelinearnim oscilatornim kolima koji je predložen u [7] zasnovan je na vremensko-frekvencijskoj reprezentaciji signala generisanih u oscilatorima. On može biti primijenjen za razlikovanje haotičnih i šumom kontaminiranih odbiraka u okruženju sa srednjim vrijednostima šuma. Tema rada [8] je analiza tačnosti tog detektora u šumnom okruženju u odnosu na širinu prozora u vremensko-frekvencijskoj reprezentaciji. Na osnovu ove analize predložen je pristup zasnovan na višestrukim kratkotrajnim Furijeovim transformacijama (STFT). Ovaj pristup daje bolje rezultate nego varijanta sa jednim prozorom. Međutim, STFT detektori ne mogu jasno razlikovati haotično od šumnog ponašanja. Ovi detektori prepoznaju haos i šum kao iste fenomene što redukuje njihovu primjenu na haotične signale sa velikim odnosom signal-šum (SNR).

Kod razmatranja složenih vremenskih nizova poželjno je uključiti koncept skale u kreiranje mjera. Takve mjere su višeskalna entropija (MSE) [9], ϵ entropija [10] i Ljapunovljevi eksponenti konačne dužine (FSLE)[11]. U [12] je predložena jedna varijanta FSLE, nazvana skalo-zavisni Ljapunovljevi eksponenti (SDLE).

U ovom radu razmatramo novi pristup određivanja tekućeg stanja kola koji je zasnovan na skalirajućim eksponentima dobijenim pomoću DFA. DFA je razvio Peng [13] kao efikasan skalirajuć metod koji je često korišćen u "longe-range" korelacijama u nestacionarnim fraktalnim sekvencama. Međutim, opseg upotrebe DFA je širok: fiziologija [13], meteorologija [14], analiziranje dinamike finansijskih vremenskih nizova [15] i tako dalje. DFA može biti korisno sredstvo u analizi haotičnih sistema i detekciji

stanja haotičnih oscilatora. Deterministički nelinearni sistemi mogu generisati signale koji izgledaju slučajno i nepredvidljivo i imaju statističke osobine slične slučajnim procesima [16]. DFA daje analogiju između stohastičkih i determinističkih haotičnih vremenskih nizova i na specifičan način mjere koliko je haotični signal blizak slučajnom. U ovom radu predložen je algoritam zasnovan na DFA signala iz haotičnih oscilatornih kola. Naime, nagib krive u log-log ravni, koji predstavlja skalirajuć eksponent, za velike vremenske skale značajno se razlikuje u slučaju periodičnih i haotičnih signala. Dalje, standardna devijacija razlike između interpolacione prave i aktuelnog skalirajućeg eksponenta se značajno razlikuje u slučaju haotičnog i periodičnog režima. Polazeći od ovih zapažanja, predložen je algoritam koji omogućava efikasno razlikovanje periodičnog i haotičnog režima. Stanje sistema je procjenjeno bez znanja o strukturi i parametrima oscilatora. Simulacioni primjeri su dati za Čuin oscilator. Ovo kolo je dobro proučeno, pa je rezultate lako porediti sa odgovarajućom teorijom. Predloženi algoritam ima prihvatljivu računsku složenost, za evaluaciju mjere potreban je kratak interval, što ga preporučuje za upotrebu u realnom vremenu. Takođe, algoritam je robusniji na velike vrijednosti šuma od postojećih tehnika. Imajući u vidu nedostatke postojećih tehnika za detekciju haosa, problem detekcije se smatra otvorenim i svaki doprinos rješenju ovog problema je dobrodošao.

Rad je organizovan na sledeći način. U sekciji 2 opisana je DFA. U sekciji 3, DFA je primijenjena na tipični periodični i haotični signal iz Čuinog oscilatora i predložen je detektor haosa zasnovan na DFA. Simulacioni rezultati i detaljna analiza uticaja šuma na tačnost detektora je data u sekciji 4. Zaključni komentari su dati u sekciji 5.

2. DFA

Neka je $y(i)$, $i = 1, \dots, N$, vremenski niz dužine N , sa periodom odabiranja Δt , čiju fluktuaciju razmatramo. DFA metod može se razviti u nekoliko sledećih koraka.

1. U prvom koraku vremenski niz je integriran da bi dobili random-walk profil.

Računa se srednja vrijednost vremenskog niza $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y(j)$. Integrirani vremenski niz $x(i)$, $i = 1, \dots, N$ je dobijen kao:

$$x(i) = \sum_{j=1}^i [y(j) - \bar{y}], i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

2. Dobijeni integrirani niz $x(i)$ je, onda, podijeljen u podnizove jednake dužine n (odgovarajuća vremenska skala je $\tau = n\Delta t$), koji se ne preklapaju. Za interpolaciju sekvence u svakom podnizu koristi se polinomijalna funkcija stepena m označena kao $x_{pol,m}(i;n)$. Interpolaciona kriva $x_{pol,m}(i;n)$ predstavlja lokalni trend u svakom podnizu. Obično se koristi linearna interpolacija, tj. $m = 1$.

3. U trećem koraku računa se fluktuaciona sekvenca, odnosno razlika između integrirane sekvence i lokalnog polinomijalnog trenda:

$$z_m(i;n) = x(i) - x_{pol,m}(i;n), i = 1, \dots, N. \quad (2)$$

4. U ovom koraku računa se za svaki podniz korijen srednje vrijednosti kvadrata fluktuacije (root-mean square), tj fluktuaciona funkcija označena kao $F_m(n)$:

$$F_m(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N z_m(j;n)^2}. \quad (3)$$

5. Ova procedura ponavlja se za široki opseg dužina podnizova n . Peng [21] preporučuje da bi trebalo izabrati opseg od $n_{min} \square 5$ i $n_{max} \square \frac{N}{4}$.

Na kraju, ako pretpostavimo da signal zadovoljava skalirajuću zakonitost, onda se zapaža da fluktuaciona funkcija $F_m(n)$ zadovoljava pravilo stepenovanja u odnosu na dužinu podniza:

$$F_m(n) \square n^\alpha, \quad (4)$$

gdje je α skalirajući eksponent ili faktor i može biti određen kao nagib grafika $\log(F_m(n))$ u funkciji od $\log(n)$.

3. SKALIRAJUĆI EKSPONENTI SIGNALA IZ ČUINOŠ OŠILATORA

Chua-in oscilator je najjednostavnije elektronsko kolo koje zadovoljava kriterijume za ispoljavanje haosa [12]. Kolo može biti opisano sistemom od tri autonomne jednačine stanja:

$$\begin{aligned} \frac{dv_1}{dt} &= \frac{1}{C_1} [G(v_2 - v_1) - f(v_1)] \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{1}{C_2} [G(v_1 - v_2) + i_3] \\ \frac{di_3}{dt} &= \frac{1}{L} (-v_2 - R_0 i_3) \end{aligned} \quad (5)$$

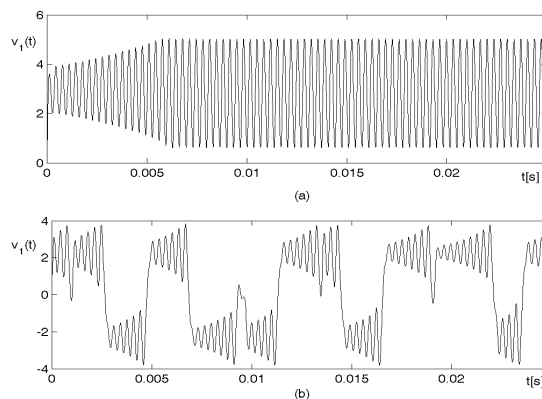
gdje je $G = 1/R$ i $f(v_R)$ karakteristika nelinearnog otpornika (Čuine diode) data sa:

$$f(v_R) = G_b v_R + \frac{1}{2} (G_a - G_b) (|v_R + E| - |v_R - E|) \quad (6)$$

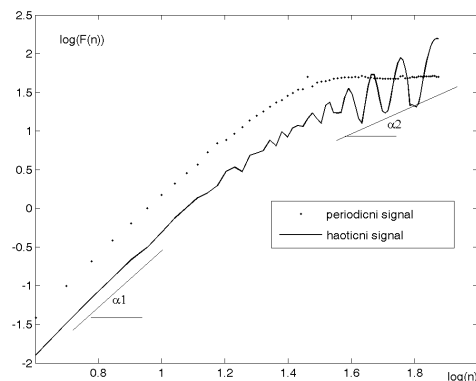
i gdje je E prelomna tačka napona Čuine diode.

Ovaj oscilator ispoljava, pri odgovarajućem izboru parametara, različite oblike ponašanja u ustaljenom stanju (ravnotežna tačka, periodično kretanje, kvaziperiodično kretanje i haos). Na slici 1 prikazani su signali napona $v_1(t)$ iz Čuinog oscilatora sa nepromjenljivim parametrima kao u [12]: $C_1 = 10nF$, $C_2 = 10nF$, $L = 18mH$, $R_{EE} = 400\Omega$, $G_a = -757.576\mu S$, $G_b = -409.091\mu S$, $E = 1V$, $R_O = 12.5\Omega$, i provodnošću G koja je $530\mu S$ za periodični signal i $565\mu S$ za haotični signal.

Koristimo DFA da bi kvalifikovali vremenski niz dobijen iz Čuinog oscilatora u smislu skalirajućih osobina.



Sl. 1. (a) Periodični signal; (b) Haotični signal iz Čuinog oscilatora.



Sl. 2. Rezultati DFA za: periodični signal - tačkasta linija, haotični signal - puna linija.

Skalirajući eksponenti za signale iz Čuinog oscilatora prikazani su na slici 2. Puna linija predstavlja DFA za haotični signal, dok isprekidana linija odgovara periodičnom signalu. Očigledno, ponašanje fluktuacione funkcije $F(n)$ ne može biti opisano jedinstvenim pravilom, tako da jedinstveno α ne može biti određeno. Postoji prelomna tačka gdje se nagib krive značajno mijenja i mogu se zapaziti dva različita ponašanja. Sa slike 2 može se zaključiti da glavna razlika između periodičnog i haotičnog režima leži u različitim eksponentima posle prelomne tačke. Periodični režim ima aproksimativno $\alpha_2 = 0$, a haotični režim može biti aproksimiran sa pravom linijom čiji je nagib $\alpha_2 \neq 0$. Međutim, jasno je da lokalni skalirajući eksponenti za haotični region ispoljavaju oscilatornu prirodu posle prelomne tačke. Onda, za detekciju haosa nije dovoljno uzeti u obzir samo vrijednost eksponenta. Dodatna mjera koja može biti korišćena je devijacija lokalnih skalirajućih eksponenata oko interpolacione prave. Dakle, predloženi

detektor je zasnovan na dvije mjere: ekponentu α_2 i devijaciji σ .

Mi ćemo izvršiti linearnu interpolaciju grafika $\log(F_m(n))$ naspram $\log(n)$ u intervalu koji je iznad prelomne tačke (u našem primjeru $n \in [45, 75]$). Nagib prave α_2 je uzet kao prva mjera za detekciju haosa $m_1(t) = \alpha_2(t)$. Dalje, računacemo korijen iz srednje kvadratne vrijednosti razlike između lokalnih skalirajućih eksponenata i interpolacione prave za razmatrani interval $n \in [45, 75]$. Ova devijacija σ je uzeta kao druga mjera za detekciju haosa $m_2(t) = \sigma(t)$.

Obije mjere imaju više vrijednosti u haotičnom nego u periodičnom regionu. Pretpostavljamo da ako su obje mjere iznad nekog odgovarajuće izabranog praga, signal je haotičan. Inače, ako su obje mjere ispod praga, zaključujemo da signal pripada periodičnom režimu. U slučaju da je jedna od mjera iznad praga, a druga ispod praga, odlučujemo na osnovu upoređivanja proizvoda mjera sa proizvodom pragova. Naglasimo da, ako su pragovi izabrani na odgovarajući način, broj tačaka gdje je jedna od mjera ispod a druga iznad praga je manji od 1%. Odluka o stanju haotičnog oscilatornog kola opisana je kao:

$m_1(t)m_2(t) > C_1C_2$, oscilatorno kolo u trenutku t je u haotičnom režimu
 inače, kolo je u periodičnom režimu (7)

Glavno pitanje u razvoju detektora je odgovarajući izbor pragova. Kao što se vidi na slici 2 periodični režim ima eksponent koji je približno nula za $n \geq 40$. Za haotični režim u intervalu između $\log(n) \in [1.4, 1.8]$ fluktuaciona funkcija $F(n)$ raste od 0.9 do 1.8. To znači da je srednja vrijednost eksponenta oko 2.25. Onda, možemo postaviti prag negdje oko polovine očekivane vrijednosti eksponenta. U našim simulacijama postavili smo prag na $C_1 = 1$. Drugi prag je povezan sa distorzijom oko interpolacione funkcije. Očigledno je da eksponent osciluje oko interpolacione prave sa amplitudom ± 0.5 . Standardna devijacija razlike između $F(n)$ i linearne interpolacije je $\sqrt{0.5^2/12} \approx 0.14$. Prag je postavljen na pola vrijednosti, t.j. $C_2 = 0.07$. Na primjerima će biti pokazano da ove vrijednosti pragova obezbjeđuju sasvim stabilne i robusne performanse detektora.

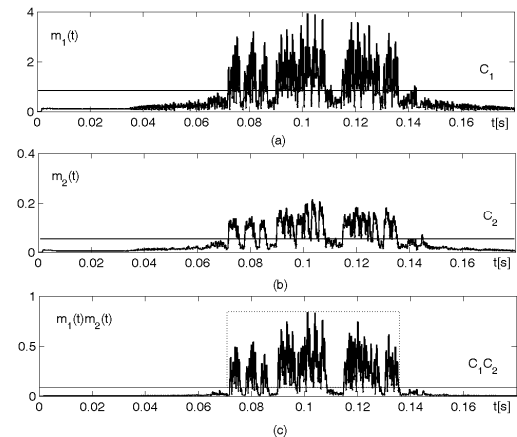
Dakle, detekcija haotičnog stanja može biti opisana sledećim algoritmom:

- Razmatranje prozorovanog signala centriranog oko trenutka t ($t = n\Delta t$);
- Računanje DFA signala
- Računanje mjera $m_i(t)$, $i = 1, 2$;
- Upoređivanje $m_1(t)m_2(t)$ sa C_1C_2 .

3. REZULTATI SIMULACIJA

Posmatraćemo napon $v_1(t)$ iz Čuinog oscilatora sa parametrom G koji linearno varira u opsegu između $530\mu S$ i $565\mu S$ (G raste i opada u istom opsegu). Ovaj put u haos je poznat kao period-udvostručavajući put u haos. Haotično

kolo prelazi iz haotičnog u periodično stanje i obratno. Unutar periodičnog režima postoje kratki periodični intervali nazvani periodični prozori [16]. Dužina signala je 1166 odbiraka. DFA je sprovedena za svaki trenutak sa 300 odbiraka centriranih u tom trenutku. DFA je računata za sekvence dužine 45 do 75 odbiraka. Slike 3 (a) - (c) prikazuju mjere $m_1(t) = \alpha_2(t)$ i $m_2(t) = \sigma(t)$ i njihov proizvod, respektivno, kao i odgovarajuće pragove C_1 , C_2 i C_1C_2 . Može se vidjeti da su obje mjere i njihov proizvod iznad praga za region koji odgovara haotičnom stanju. Haotično stanje je označeno isprekidanim pravougaonikom. Slični rezultati se mogu dobiti i za druge signale iz kola, to jest za $v_2(t)$ i $i_3(t)$.



Sl. 3. (a) Mjera $m_1(t)$; (b) Mjera $m_2(t)$; (c) Proizvod mjera $m_1(t)m_2(t)$. Horizontalna linija - prag.

Glavna prednost predložene tehnike je relativna robusnost na uticaj šuma. Naime, prethodno predložene tehnike za detekciju haosa, zasnovane na vremensko-frekvencijskoj reprezentaciji, su mogle razlikovati haos samo za srednje vrijednosti aditivnog šuma. Da bi analizirali uticaj aditivnog šuma mi smo dodavali Gausov šum sa promjenljivom varijansom. Odnos signal-šum je računat kao:

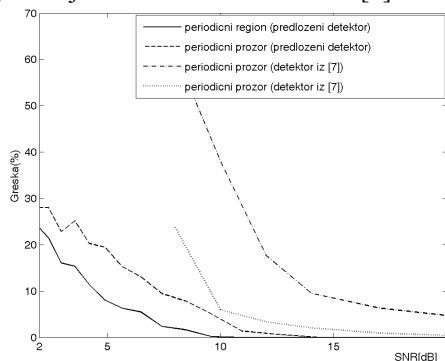
$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\int_t |f(t) - \bar{f}(t)|^2 dt}{\int_t |v(t)|^2 dt} \quad (8)$$

gdje je $f(t)$ razmatrani signal iz haotičnog kola, dok je $\bar{f}(t)$ srednja vrijednost signala u kratkom intervalu oko razmatranog trenutka (u našem primjeru 300 odbiraka širok interval). $v(t)$ je aditivni šum.

Da bi uporedili razvijeni detektor razmatramo isti skup parametara kao u prethodnim primjerima. Cilj je da se ostvari korektna detekcija periodičnog stanja i periodičnih prozora. Naime, to je kritičnije od prepoznavanja haotičnog režima, pošto haos i šum dijele mnogo sličnih osobina. Za šumni signal neki trenuci iz periodičnog režima mogu biti prepoznati kao da pripadaju haotičnom režimu. Suprotno je rijedak slučaj pošto šum može podići mjeru za periodični režim iznad praga kao da se radi o haosu. Onda, razmatramo procenat pogrešno identifikovanih odbiraka za ove kritične događaje i poredimo ga sa postojećim tehnikama.

Tačnost predloženog detektora je testirana u Monte-Carlo simulacijama u 1000 pokušaja. U cilju poređenja, na slici 4 prikazane su greške detekcije predloženog detektora i prethodno predložene tehnike za periodični region i

periodične prozore. Greška detekcije je računata kao procenat odbiraka iz periodičnog režima koji su pogrešno identifikovani kao haotični ili kao procenat odbiraka iz periodičnog prozora koji su pogrešno identifikovani kao haotični. SNR je razmatran u opsegu $0\text{dB} \leq \text{SNR} \leq 20\text{dB}$. Na kraju, procenat nekorektno identifikovanih odbiraka iz haotičnog režima je blizak nuli. Radi preglednosti pomenute greške detekcije za period-udvostručavajući put u haos prikazane su u Tabeli 1. Očigledno je da predloženi detektor daje značajno bolje rezultate od detektora iz [7].



Sl. 4. Greška detekcije u procentima za signal zahvaćen Gausovim šumom za period-udvostručavajući put u haos. (a) Periodični region (predloženi detektor) - puna linija, Periodični prozor (predloženi detektor) - isprekidana linija, Periodični region (detektor iz [7]) - tačkasta linija, Periodični prozor (detektor iz [7]) - linija crta-tačka.

SNR (dB)	Detektor iz [7]		Pred. detektor	
	A(%)	B(%)	A(%)	B(%)
20	0.4	4.70	0	0
17	0.95	6.31	0	0
14	2.04	9.51	0	0
12	3.37	17.74	0	1.05
10	5.98	38.09	0.99	5.12
8	23.68	61.51	2.36	8.15

Tabela 1. Greška detekcije u procentima: A- greška u periodičnom režimu; B- greška unutar periodičnih prozora.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predložen detektor haosa zasnovan na skalirajućim eksponentima dobijenim DFA analizom. Detektor je razvijen upotrebom dvije mjere koje se odnose na skalirajući eksponent i njegovu devijaciju u regionu iznad prelomne tačke. Izvršena je analiza pragova za obje mjere. Takođe, predložena tehnika je upoređena sa postojećom tehnikom i pokazano je značajno poboljšanje u šumnom okruženju, gdje se dobijaju stabilni rezultati čak i za relativno visok nivo aditivnog šuma. Predložena tehnika je testirana samo za period-udvostručavajući put u haos koji je najčešći u oscilatornim kolima, dobro je teorijski opisan i jednostavan za poređenje rezultata. U budućem istraživanju proširimo našu tehniku za druga kola i puteve u haos.

LITERATURA

[1] T. Matsumoto, "A chaotic attractor from Chua's circuits," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. CAS-31, pp. 1055-1058, 1984.

[2] W. A. Brock, D. A. Hsieh and B. LeBaron, *Nonlinear dynamics, chaos, and instability: statistical theory and economic evidence*, MIT Press, Cambridge, MA, 1991.

[3] D. T. Kaplan, R. J. Cohen, "Is fibrillation chaos?" *Circulation Research*, vol. 67, pp. 886-892, 1990.

[4] A. Wolf, J. B. Swift, H. L. Swinney, and J. A. Vastano, "Determining Lyapunov exponents from a time series," *Physica D*, vol. 16, 1985, pp. 285-317.

[5] G. Sugihara and R. M. May, "Nonlinear forecasting as a way of distinguishing chaos from measurement error in time series," *Nature*, no. 344, pp. 734-741, 1990.

[6] C.-S. Poon and M. Barahona: "Titration of chaos with added noise," *Proc. of NAS*, vol. 98, no. 13, 2001, pp. 7107-7112.

[7] V. Rubežić, I. Djurović and M. Daković, "Time-frequency representations based detector of chaos in oscillatory circuits," *Signal Processing*, vol. 86, no. 9, pp. 2255-2270, Sept. 2006.

[8] I. Djurović, V. Rubežić: "Multiple STFT-based approach for chaos detection in oscillatory circuits," *Signal Processing*, vol. 87, no. 7, pp. 1772-1780, July. 2007.

[9] M. Costa, A. L. Goldberger, C. K. Peng.: "Multiscale entropy analysis of biological signals," *Phys Rev E* vol. 71, 021906, 2005.

[10] P. Gaspard, and X. J. Wang: "Noise, chaos, and (ε, τ) -entropy per unit time," *Physics Reports*, vol. 235, no. 6, pp. 291-343, 1993.

[11] M. Cencini, M. Falcioni, E. Olbrich, H. Kantz, and A. Vulpiani: "Chaos or noise: Difficulties of a distinction," *Phys. Rev. E* vol. 62, no. 1, pp. 427-437, 2000.

[12] J. B. Gao, J. Hu, W. W. Tung, and Y. H. Cao: "Distinguishing chaos from noise by scale-dependent Lyapunov exponent," *Phys. Rev. E*, vol. 74, 066204, 2006.

[13] C. K. Peng, S. V. Buldyrev, S. Halvin, M. Simons, H. E. Stanley, A. L. Goldberger, "Mosaic organization of DNA nucleotides," *Phys. Rev. E*, vol. 49, no. 2, pp. 1685-1689, 1994.

[14] E. Koscielny-Bunde, A. Bunde, S. Havlin, H. E. Roman, Y. Goldreich, H. J. Schellnhuber, "Indication of universal persistence law governing atmospheric variability," *Phys. Rev. Lett.* no. 81, pp. 729-32, 1998.

[15] Y. H. Liu, P. Cizeau, M. Meyer, C. K. Peng, H. E. Stanley, "Quantification of correlations in economic time series," *Physica A*, no. 245, pp. 437-40, 1997.

[16] M. P. Kenedy, "Three steps to chaos-Part II: A Chua's circuit primer," *IEEE Trans. Circuits Syst.-I: Fundamental Theory and Applications. (Special Issue on Chaos in Nonlinear Circuits)*, vol. 40, no.10, pp. 657-674, Oct. 1993.

MODELIRANJE I SIMULACIJA ROBOTA U NASTAVI TIO ROBOT MODELLING AND SIMULATION IN TIE

Željko Papić, Radislav Vulović, Veljko Aleksić, Miloš Papić, Tehnički fakultet Čačak

Rezime - Tokom poslednje dve decenije ubrzan razvoj računarske tehnologije i softvera doveo je do mogućnosti modeliranja i simulacije složenih mehanizama, kao što su roboti, na kućnim računarima. Ova činjenica kreirala je nov pristup robotici, naročito razvojem paketa MATLAB i pratećeg softvera. Programom predmeta Tehničko i informatičko obrazovanje za VII razred osnovnih škola u Srbiji predviđena je realizacija nastavne teme Robotika, koja se teško realizuje u praksi usled slabe materijalno-tehničke osnove. U radu je na intuitivan način prikazan proces modeliranja i simulacije rada robota Puma 560 kojim se jednostavno mogu postići ishodi vezani za navedenu nastavnu temu.

Ključne reči: modeliranje, simulacija, robotika, MATLAB, obrazovanje

Abstract - Over the past two decades the advanced development of computer science and software made modelling and simulation of complex mechanisms, such as robots, possible even on personal computers. This fact created new approach to the robotics, especially by developing MATLAB and its applications. Curriculum of subject Technics and informatics education for the 7th grade of elementary schools in Serbia includes the topic named Robotics, which is hard to effectuate in practice because of poor material and technical basis. This paper intuitively shows the process of modelling and simulation Puma 560 robot, using which the outcomes of the topic can be easily achieved.

Keywords: modelling, simulation, robotics, MATLAB, education

1. UVOD

Savremeni procesi modeliranja, simulacija i projektovanja robota obavljaju se uz pomoć računarskog softvera. Ovim načinom realizacije je omogućeno testiranje primene rešenja bez fizičke zavisnosti od mašine, čime se dolazi do velike uštede u ceni koštanja i utrošenom vremenu prilikom obrade ove nastavne teme u školama. Zahvaljujući alatima kao što je MATLAB umnogome je pojednostavljen rad sa relativno kompleksnim matematičkim modelom dinamike robota. Simulacijom koja se pomoću njega može obaviti vrši se analiza ponašanja dinamičkog modela, pri kojoj se mora uzeti u obzir određeno (malo) odstupanje od realne mašine usled određenih aproksimacija. Pošto je upotreba navedenog softvera pre svega u obrazovne svrhe, kreirana simulacija računarom se pokazala kao izuzetno nastavno sredstvo u praksi, pre svega zahvaljujući potpunom ispunjavanju principa očiglednosti.

Iako je MATLAB prvenstveno bio namenjen numeričkom računanju, uvođenjem toolbox-ova i naročito Simulink-a, omogućena je grafička simulacija i modeliranje dinamičkih sistema. Time se i nastavnicima pružila šansa da na elegantan način iskoriste određene potencijale ovog paketa uz inženjersku tačnost. U realizaciji rada korišten je MATLAB 2010b i Simulink, uz dodatak Robotics Toolbox-a. Ovaj toolbox obezbeđuje simulaciju kinematike i dinamike, kao i generisanje putanje robota. U njemu je uključen Simulink blok biblioteka i pomoću njega se upravlja modelom robota Puma 560.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Robot Puma 560 (Programmable Universal Manipulation Arm) pripada klasi robotskih ruku. Razvijen je 70-ih godina prošlog veka za potrebe General Motors-a. Usled njegove duge upotrebe i rasprostranjenosti smatra se jednim od istorijski važnih robota. Tipična upotreba ovih industrijskih robota bila je u rukovanju materijalom, montaži, slikanju, varenju, brušenju, poliranju i sl.

Karakteriše ga 6 stepeni slobode kretanja, svaki kontrolisan servo motorom, što omogućuje dostizanje svake tačke u okviru radnog prostora. Na slici 1 data je fotografija robota Puma 560 sa pratećim kontrolnim modulom.



Slika 1. Izgled robota Puma 560

Robot se sastoji od šest zglobova i sedam metalnih delova. Zglobovi robotske ruke ekvivalentni su zglobovima ljudskog ramena, lakta i ručnog zgloba. Na kraju ruke se nalazi manipulator (end effector) koji u zavisnosti od namene

može biti različite konstrukcije. Najčešće je nalik pojednostavljenoj ljudskoj šaci.

Upravo usled ovih karakteristika model ovog robota se pokazao jako efektivnim u praksi jer se učenici jednostavno identifikuju sa njim.

Upravljanje robotom zahteva osnovno poznavanje kinematike. Direktnom kinematikom određujemo transformacione matrice koje vezuju koordinatne sisteme segmenata i apsolutni koordinatni sistem. Njome se rešava položaj i orijentacija manipulatora i koordinata zglobova u odnosu na apsolutni (Dekartov) koordinatni sistem. Rotacionom matricom 3x3 se orijentiše položaj pokretnog koordinatnog sistema zgloba u odnosu na apsolutni. Vektor položaja u 3D prostoru opisuje se homogenim koordinatama. Homogenim matricama 4x4 uključujemo rotacione matrice i translatorni pomeraj početka pokretnog koordinatnog sistema. Inverznom kinematikom određujemo koordinate pozicije i orijentacije manipulatora. Odnos direktne i inverzne kinematike dat je na slici 2.



Slika 2. Odnos direktne i inverzne kinematike

Upravljanjem je obuhvaćena kontrola izvršnih i upravljačkih elemenata kojima se omogućuje odvijanje radnog ciklusa. Jednostavno upravljanje se može ostvarivati na osnovu iskustva (Ad hoc), dok kompleksni zadaci zahtevaju sistematizovan pristup. Oba pristupa upravljanju imaju za cilj dobijanje racionalnog rešenja sistema koji će ispravno i pouzdano funkcionisati.

U nastavnoj praksi najelegantnijim se pokazao princip sekvencijalnog upravljanja, pomoću koga su operacije robota očiglednije i metodički jasnije. Upravljanje se vrši signalima čija inicijalizacija na osnovu ovog principa zavisi od uspešnog završetka prethodnog. Praktično, svako novo kretanje započinje nakon završetka prethodnog.

3. KREIRANJE MODELA

U nastavku su prikazani koraci realizacije modela. Nakon instalacije MATLAB paketa najpre dodajemo Robotics Toolbox koji se može besplatno preuzeti sa http://petercorke.com/Robotics_Toolbox.html

Kopiramo direktorijum *robot* u *...toolbox* i u meniju *File – Set Path...* dodamo direktorijum *robot* i *robot/demos* pomoću *Add Folder...* Iz osnovnog menija biramo *File – New – Model* čime kreiramo nov Simulink model. Otvorimo biblioteku *robblocks.mdl* koja se nalazi u direktorijumu *demos*. U okviru ove biblioteke nalazi se model robota Puma 560 sa svim blokovima za njegovu simulaciju, koji su predviđeni Robotics Toolbox-om, što je prikazano na slici 3.

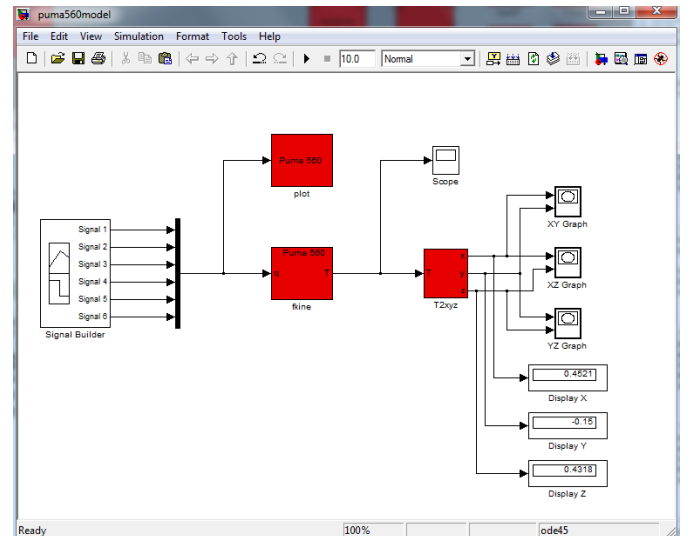


Slika 3. Izgled Robotics Toolbox-a

Blok *fkine* služi za proračun direktne kinematike. Prebacimo ga u nov model i povežimo mu funkcionalne parametre sa parametrima modela robota Puma 560 definisanim Robotics Toolbox-om. Da bi smo omogućili grafički prikaz robota prenesimo i blok *plot* u naš model. Za razliku od *fkine* bloka koji vezuje ulaz sa izlazom transformacijom homogenih matrica 4x4, blok *plot* ima samo ulazni port koji doveden signal transformiše u grafik S-funkcijom.

Upravljanje robotom vrši se putem upravljačkih signala koje dovodimo na ulaz. Pošto robot ima 6 stepeni slobode kretanja za njegovo upravljanje potrebno je obezbediti 6 signala. Generisanje signala vršimo *Signal Builder* blokom koji uvozimo iz *Simulink – Sources* biblioteke. Da bi smo doveli samo jedan signal na ulaz bloka *fkine* u model robota uvozimo multiplexer *Mux* iz *Simulink – Commonly Used Blocks* biblioteke kojom rešavamo ovaj problem.

Da bi smo posmatrali putanju manipulatora u projekcijskim ravnima uvozimo crtač grafika *XY Graph* iz *Simulink – Sinks* biblioteke. Ukoliko nas zanimaju numeričke vrednosti položaja u apsolutnom koordinatnom sistemu dodajemo *Display* blok iz *Simulink – Sinks* biblioteke. Grafički prikaz promena uglova u toku radnog ciklusa vrši se pomoću bloka *Scope*. Povezivanjem blokova generisali smo model robota kao na slici 4.



Slika 4. Funkcionalan model robota Puma 560

4. SIMULACIJA UPRAVLJANJA

Za potrebe časa simulaciju upravljanja modelom robota vršimo na jednom jednostavnom radnom ciklusu. Upravljanje se vrši putem 6 signala koje definišemo u bloku *Signal Builder*. Najpre treba odrediti koje pokrete robotska ruka treba da realizuje. Zbog jednostavnosti se uzima sekvencijalno upravljanje odvijanje procesa, premeštanje i odlaganje zamišljenog obratka. Sve operacije nad obratkom vrše druge mašine koje bi se nalazile u okruženju na precizno definisanim položajima.

Manipulator najpre zahvata obradak odvijanjem za 180° rotacijom pozitivnim smerom oko z-ose. Obradak se potom premešta za ugao od 90° u negativnom smeru oko z-ose rotacijom cele ruke. Nakon toga segment se naginje za 90° ka podlozi. Manipulator spušta obradak na mašinu za obradu

gde se vrši operacija. Potom se segment vraća u prethodni položaj i ruka se rotira za još 90° . Segmenti se sekvencijalno "naginju" kao podlozi do položaja upravnog na podlogu. Manipulator se rotira za 180° u negativnom smeru i ispušta obradak. Na kraju se ruka vraća u početni položaj kako bi radni ciklus bio zatvoren. Predviđeno trajanje radnog ciklusa je 22 sekunde. Kao pomoć priložene su tabele za svaki od generisanih signala radi lakšeg pregleda:

Signal 1

Rotacija ruke oko z-ose	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	5	0
3	7	$-\pi/2$
4	13	$-\pi/2$
5	15	$-\pi$
6	20,5	$-\pi$
7	22	0

Signal 2

Rotacija segmenta 2	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	0,5	$-\pi/4$
3	4	$-\pi/4$
4	5	0
5	15	0
6	16	$-\pi/4$
7	19,5	$-\pi/4$
8	20,5	0
9	22	0

Signal 3

Rotacija ruke oko z-ose	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	0,5	0
3	1	$-\pi/4$
4	3	$-\pi/4$
5	4	0
6	7	0
7	9	$-\pi/2$
8	12	$-\pi/2$
9	13	0
10	16	0
11	17,5	$-3\pi/4$
12	18,5	$-3\pi/4$
13	19,5	0
14	22	0

Signal 4

z-rotacija manipulatora	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	2	π
3	17,5	π
4	18,5	0
5	22	0

Signal 5

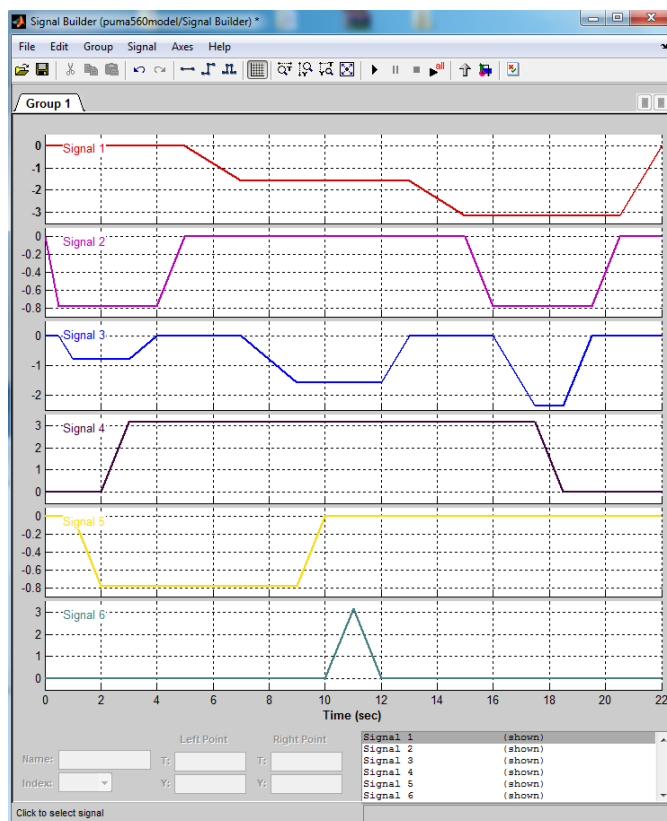
y-rotacija manipulatora	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	1	0
3	2	$-\pi/4$
4	9	$-\pi/4$
5	10	0
6	22	0

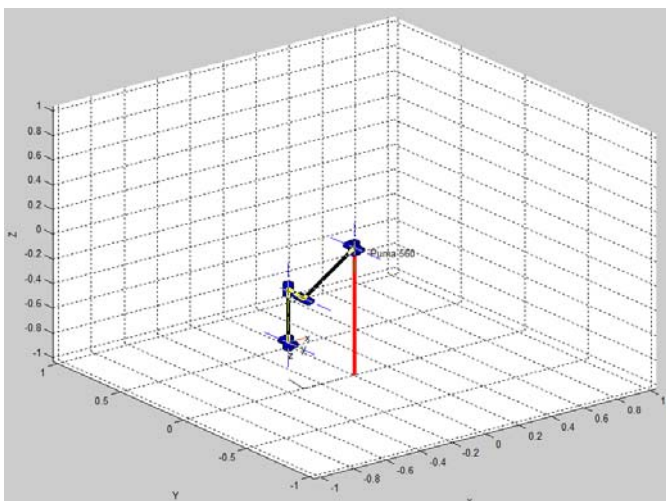
Signal 6

Rotacija koordinatnog sistema	Vreme [s]	Ugao [rad]
1	0	0
2	10	0
3	11	π
4	12	0
5	22	0

Pomoću predviđenih tokova signala generisan je izgled *Signal Builder*-a i radni ciklus robota koji su prikazani na slici 5. Učenicima se demonstracijom najpre predstavlja simulacija modela, a potom im se daje da samostalno vrše izmene signala kako bi se kroz praktičan rad upoznali sa principima upravljanja. Ovim oblikom rada se kod učenika postiže pojačanje pozitivne motivacije i zainteresovanosti za rad, u kome oni kroz igru i samostalno eksperimentisanje bez posebnih teorijskih predznanja mogu uspešno ovladati osnovnim principima robotike.

Prilikom realizacije nastavne teme učenike treba samo uspoznavati sa osnovnim teorijskim postavkama, a većinu vremena treba upravo posvetiti njihovom samostalnom radu u cilju postizanja optimalnih efekata.





Slika 5. Izgled Signal Builder-a i simulacije radnog ciklusa

5. ZAKLJUČAK

Analizom podataka dobijenih razgovorom sa nastavnicima više osnovnih škola u Čačku (Srbija) primećeno je da se usled loših materijalno-tehničkih uslova u školama obrada nastavne teme Robotika (predviđena u okviru

predmeta Tehničko i informatičko obrazovanje – VII razred) u praksi svodi samo na predstavljanje teorijskih osnova bez praktične realizacije sadržaja. Ovo je na žalost najčešći slučaj u celoj Srbiji. Usled toga učenici ostaju uskraćeni za funkcionalna znanja koja bi trebalo da usvoje prema predviđenim ishodima. Cilj ovog rada je da se nastavnicima predstavi alternativni način realizacije nastave kojim bi oni mogli efikasno prevazići ovaj problem, te oplemeniti i osavremeniti nastavni proces na krajnje jednostavan način.

LITERATURA

- [1] Golubović, D., Miličević, I. (2009). *Primena matrica transformacije pri rešavanju kinematike i dinamike manipulacionih robota*, Tehnički fakultet, Čačak
- [2] Golubović, D. (1987). *Tehnička mehanika – viši kurs*, Tehnički fakultet, Čačak
- [3] Corke, P. (2008). *Robotics Toolbox for Matlab*, CSIRO
- [4] Hahn, B., Valentine, D. (2007). *Essential MATLAB for Engineers and Scientists*, Newnes
- [5] Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*, Pearson Education

OPTIMIZACIJA PRIKAZA MOBILNIH WEB STRANICA ZASNOVANA NA MEDIA UPITIMA

DISPLAY OPTIMIZATION OF MOBILE WEB SITES BASED ON MEDIA QUERIES

Bojan Krstić, Zoran Veličković, Visoka tehnička škola, Niš

Sadržaj - U ovom radu je predstavljena efikasna metoda za optimizaciju mobilnih Web stranica zasnovana na CSS3 specifikaciji „media upiti“ (engl. media queries). Opisane su tehnologije mobilnog Weba koje omogućavaju objedinjavanje standardnih i mobilnih Web stranica u jedinstvenu formu. Za potrebe testiranja formirano je nekoliko CSS stilova sa specifičnim karakteristikama na bazi medija upita. U radu je pokazano da se primenom raspoloživih tehnologija može optimizovati prikaz mobilnih Web stranica prema karakteristikama pristupnog mobilnog uređaja bez izmene HTML koda.

Abstract – This paper presents an efficient method to optimize mobile web sites based on the CSS3 specification, "media queries". Technologies are described that enable mobile Web and mobile integration of standard Web pages in a single form. For testing purposes, set up a few CSS styles to the specific features on the basis of media queries. It is shown that the application of available technologies can be optimized to show mobile Web site to access features of mobile devices without changing the HTML code.

1. UVOD

Mobilne bežične komunikacije pružaju svojim korisnicima izuzetne pogodnosti za profesionalni rad ili zabavu [1]. Savremeni mobilni personalni uređaji poput PDA (engl. Personal Data Assistents), prenosnih laptop računara kao i multifunkcionalnih mobilnih telefona omogućavaju pristup najrazličitijim Web sadržajima. Za mobilne korisnike je najinteresantnija mogućnost pristupa multimedijalnim sadržajima dostupnih na Internetu. Međutim, multimedijalne aplikacije razvijene za mobilno okruženje zahtevaju izuzetno veliki mrežni protok uz istovremeno zadovoljavanje postavljenih strogih aplikativnih QoS (engl. Quality of Services) [2] zahteva. Za procenu pruženih multimedijalnih usluga razvijeno je nekoliko standarda značajnih iz perspektive korisnika. Tako je ITU-T razvio specifikaciju G.1010 koja standardizuje osnovne QoS parametre multimedijalnih aplikacija. Ove QoS zahteve treba da zadovolje sve multimedijalne aplikacije bez obzira u kom mrežnom okruženju se izvršavaju. Da bi se podržali novi korisnički zahtevi i obezbedio potreban QoS, proizvođači mobilnih terminalnih uređaja su morali unaprediti svoje proizvode obezbeđujući im širokopojasni pristup Internetu u mobilnom okruženju. Pored ostalih zahteva, pristup bežičnom Internetu treba da bude omogućen u svim uslovima uz zadovoljenje osnovnih QoS zahteva.

Da bi se pristupilo rešavanju postavljenih zahteva u mobilnom okruženju, neophodno je bilo prvo razviti standarde koji bi specificirali karakteristike mobilnih terminalnih uređaja za pristup Internetu. Nedostatak standarda u ovoj oblasti je posledica istorijskog razvoja Interneta koji nije dizajniran za bežično okruženje. Osnovni stek protokola koji obezbeđuju konekciju na Internet je projektovan za žični pristup, i generalno pokazuje loše rezultate u bežičnom okruženju. Pored standardizacije mobilne opreme i komunikacionih protokola, neophodno je unaprediti i programerske tehnike za podršku mobilnim tehnologijama. Obzirom da je jedan od ključnih zahteva u bežičnom mrežnom okruženju produženje operativnog vremena mobilnog terminalnog uređaja, moralo se voditi računa i o optimizaciji potrošnje baterijskog napajanja.

Veoma važan korisnički zahtev je da dimenzije mobilnog uređaja treba da budu minimalne, a da se obezbedi brza i jednostavna upotreba. Sa druge strane, dizajn Web stranica nije bio prilagođen prikazu na displejima mobilnih uređaja. Ovo se u prvom redu odnosi na dimenzije i rezoluciju displeja. Treća generacija mobilne tehnologije je donela proširenje propusnog opsega, ali nije značajno tretirala varijetete terminalnih uređaja kojima je omogućen pristup Internetu [1]. Heterogenost populacije mobilnih korisnika postaje sve veći problem u korišćenju multimedijalnih aplikacija na Internetu. Osnovne razlike se mogu uočiti u veličini ekrana mobilnih korisnika, kao i u nepostojanju standardne alfa-numeričke tastature čime se otežava unošenje podataka od strane korisnika. Mobilni terminalni uređaji mogu prikazati samo deo raspoloživih informacija što je osnovni nedostatak u poređenju sa desktop platformama. Zbog potrebe da se u mobilnim terminalnim uređajima koriste specijalizovani mikrokontroleri sa malom potrošnjom, podrška grafičkim aplikacijama je najčešće nedovoljna za efikasan prikaz bogatih Internet aplikacija. Manje raspoložive operativne memorije ima značajan uticaj na kvalitet reprodukcije multimedijalnog sadržaja. Na osnovu iznetih činjenica se može zaključiti da je za postizanje određenog kvaliteta multimedijalnih aplikacija neophodno uvažiti specifičnosti mobilnog klijentskog terminalnog uređaja. Razvoj mobilnih Web tehnologija se uglavnom odvijao u dve tehnološke ravni. Jedna tehnološka ravan se odnosi na hardversko osposobljavanje terminalnih uređaja i dizajnu novih cross-layer komunikacionih protokola [3], dok se druga tehnološka ravan odnosi na pospešivanje adaptivnosti Web sadržaja u mobilnom mrežnom okruženju.

2. TEHNOLOGIJE MOBILNOG WEB-A

TCP/IP (Transport Control Protocol/ Internet Protocol) [4] stek protokola nije najpogodniji izbor za aplikacije u mobilnom okruženju. Ovo je u prvom redu posledica razmene velikog broja poruka u fazi uspostavljanja konekcije. Mobilni terminalni uređaj ne poseduje veliku procesorsku snagu kako bi obradili sve pristigle poruke.

Za prevazilaženje navedenih nedostataka izazvanih primenom standardnih žičnih tehnologija, razvijen je WAP (engl. Wireless Application Protocol) [5] protokol. On uvodi novi stek protokola baziranih na adaptiranim Internet protokolima. Osnovna ideja koja je implementirana u ovom rešenju je minimizacija razmene podataka u fazi uspostavljanja komunikacije. Takođe, aplikovani binarni kod redukuje količinu podataka poslatih korisniku. Bežična sesija je dizajnirana tako da se veoma lako može suspendovati ili obnoviti. Na ovaj način WAP protokol je prilagođen malim propusnim opsezima koji se mogu povremeno pojaviti u bežičnom okruženju. Uvođenjem WAP protokola izvršena je integracija Web aplikacija koje upravljaju velikim količinama podataka na Internetu i mobilnosti terminalnih uređaja.

Tehnološka ravan koja se odnosi na adaptaciju dokumenata na Web stranicama, odnosi se na unapređenje jezika za označavanje dokumenata u mobilnim Web komunikacijama. Ova ideja iznedrila je novi jezik za označavanje dokumenata, WML [5] (engl. Wireless Markup Language). Prva verzija WML-a je specificirana u WAP 1.0 verziji protokola. Osnovni problem koji se pojavio prilikom njegovog uvođenja je nekompatibilnost sa standardnim HTML (engl. Hyper Text Markup Language) jezikom [6]. Ovo je imalo za posledicu da se standardne Web stranice nisu mogle direktno pregledavati mobilnim uređajem. Za prikaz standardnih HTML stranica na mobilnom uređaju u WAP 1.0 verziji, potrebno je njeno prevođenje u WML jezik.

Ovaj problem je rešen u WAP 2.0 specifikaciji. WAP 2.0 je najnovija specifikacija za usluge mobilne telefonije kreirana od WAP Forum (engl. Open Mobile Alliance OMA). U ovoj specifikaciji se pored WML jezika, uvodi i XHTML MP (engl. eXtended HTML Mobile Profile) jezik za označavanje, čija je osnovna karakteristika da povezuje tehnologije koje se koriste pri pristupu Internetu preko bežičnih mreža i tehnologije koje se koriste pri standardnom Internet pristupu. Ovo znači da se XHTML MP jezikom može razviti jedna Web prezentacija koju mogu pregledati kako žični, tako i bežični posetioci. XHTML MP je podskup XHTML-a. XHTML je čistije i strožije strukture nego HTML a prednost mu je lako analiziranje dokumenata. Ovo je posebno važno za bežične uređaje kao što su mobilni telefoni, jer oni imaju ograničene hardverske resurse. Najčešće korišćeni Web čitači kao što su Internet Explorer, Mozilla FireFox i Google Chroma podržavaju XHTML. Osnovni cilj XHTML MP-a je da objedini tehnologije za mobilni Internet i standardni WWW (engl. World Wide Web).

2.1 CSS – KASKADNI OPISI STILOVA

Razdvajanje sadržaja od prikaza je ideja koja je značajno doprinela rešavanju problema prikazivanja kod heterogenih mobilnih mreža. Ova tehnologija je nazvana kaskadni opisi stilova CSS (engl. Cascading Style Sheets) i veoma je uspešno primenjena kod aplikacija koje pristupaju Web sadržajima. CSS je jednostavan mehanizam za formiranje stilova za prikaz Web stranica. CSS je izazvao pravu revoluciju na Webu zahvaljujući nizu prednosti koje ima nad tabličnom organizacijom Web stranica. Korišćenjem CSS-a postalo je moguće odvojiti prezentaciju podataka i dizajn od same strukture podataka. Sam HTML kôd je čitljiviji i kompaktniji što ga čini jednostavnijim za održavanje. CSS je doneo čitav niz novih načina za uređivanje prikaza podataka koji do tada nisu postojali u samom HTML-u.

Upravo ova mogućnost CSS-a omogućava da se dizajniraju različiti stilovi, odnosno različiti izgledi Web stranica za različite tipove medija. CSS stil se postavlja u „head“ oznaku HTML dokumenta pomoću „link“ oznake, na sledeći način:

```
<head>
<link rel="stylesheet" href="main.css"
type="text/css">
</head>
```

Dokument "*main.css*" predstavlja CSS dokument koji sadrži dizajn Web stranice. WCSS (eng. WAP Cascading Style Sheet ili WAP CSS) je mobilna verzija CSS-a optimizovana za mobilne Web prezentacije. To je podskup CSS-a, sa dodatkom WAP ekstenzije. Specifikacija WCSS je takođe definisana u WAP 2.0. WCSS je standardni pratilac XHTML MP-a i zajedno se koriste. Zahvaljujući tome mogu se koristiti iste tehnologije za kreiranje i Web i WAP stranica. Dokumenta koja su kreirana u XHTML MP/WCSS-u može prikazati standardni Web čitač obzirom da su XHTML MP i WAP CSS samo podskupovi XHTML i CSS-a.

UAProf standard (engl. User Agent Profile) [7] je XML fajl sa specifikacijama user agenta telefona i mogućnostima mobilnog uređaja. UAProf fajl se nalazi u x-wap-profile zaglavlju HTTP zahteva koji se upućuje serveru. Informacije koje se nalaze u ovom fajlu su na primer: informacije o veličini ekrana, procesorskoj snazi, programskim jezicima koje podržava uređaj, vrsti čitača, tipu mreže (GPRS, 3G) itd. Ove informacije su od ključne važnosti za primenu specifikacije CSS medija tipova.

3. CSS MEDIA TYPE

Većina Web stranica na Internetu nema definisan izgled za sve vrste medija što stvara problem pri prikazu na tim medijima. U tom slučaju sam uređaj obavlja adaptaciju dokumenta prema svojim karakteristikama. U većini slučajeva automatska adaptacija ne zadovoljava želje korisnika. Definisane tipa medija koji se koristi za prikazivanje sadržaja je od izuzetnog značaja za adaptaciju izgleda Web sadržaja. Oznaka media je definisana u CSS specifikaciji (CSS media type) [8] i većina čitača koji podržavaju ovu tehnologiju mogu adaptirati prikaz sadržaja prema svojim resursima. Informacije o karakteristikama medija iz HTTP zaglavlja se upoređuju sa tipom medija definisanom u oznaci media. Osnovna ideja koja je realizovana oznakom „media“ je da čitači preuzimaju samo sadržaje koji su optimizovani prema raspoloživim resursima čitača i karakteristikama medija. Zadatak dizajnera Web sadržaja je da čitačima pruži odgovarajući prikaz optimizovan tipu medija. Definisanjem različitih stilova za različite tipove medija postiže se bolji izgled dokumenta, a dokument postaje funkcionalniji. CSS nudi podršku za veliki broj medija, a oznake za neke od njih su:

- *all* - Koristi se za najveći broj medija;
- *aural* - Koristi se za sintetizatore glasa i zvuka;
- *braille* - Koristi se za Braillove dodirne uređaje (za slepe osobe);
- *embossed* - Koristi se za Braillove štampače (za slepe osobe);
- *handheld* - Koristi se za male ili ručne naprave;
- *print* - Koristi se za štampače;

- *projection* - Koristi se za projekcijske prezentacije, kao što su slajdovi;
- *screen* - Koristi se za računarske monitore;
- *tty* - Koristi se za medije koji koriste znakovni raster, kao što su teleprinteri i terminali;
- *tv* - Koristi se za uređaje televizijskog tipa.

4. MEDIJA UPITI

Medija upiti su definisani u CSS3 specifikaciji [9]. Medija upiti predstavljaju veliki korak napred u dizajniranju CSS stilova za različite vrste medija a naročito za mobilne uređaje. Korišćenjem "medija upita" CSS stil se učitava samo ako ciljani medij ispunjava uslove koji su definisani u upitu. Na taj način moguće je definisati različite stilove za isti tip medija ali sa specifičnim karakteristikama koje su njemu svojstvene. Nekoliko primera media upita je dato u nastavku.

device-width

Ovaj upit se odnosi na širinu ekrana i izražava se u pikselima a mogu se koristiti prefiksi max i min.

```
<link rel="stylesheet" media="screen and (max-device-width: 300px)" />
```

device-height

Odnosi se na visinu ekrana i izražava se u pikselima a mogu se koristiti prefiksi max i min.

```
<link rel="stylesheet" media="screen and (min-device-height: 600px)" />
```

device-aspect-ratio

U ovoj specifikaciji, odnos je definisan kao broj horizontalnih piksela prema broju vertikalnih piksela. Ako ekran uređaja ima 1280 piksela horizontalno i 720 piksela vertikalno, device-aspect-ratio je "16:9" a medija upit se formira kao na sledećem primeru.

```
<link rel="stylesheet" media="screen and (device-aspect-ratio: 16/9)" />
```

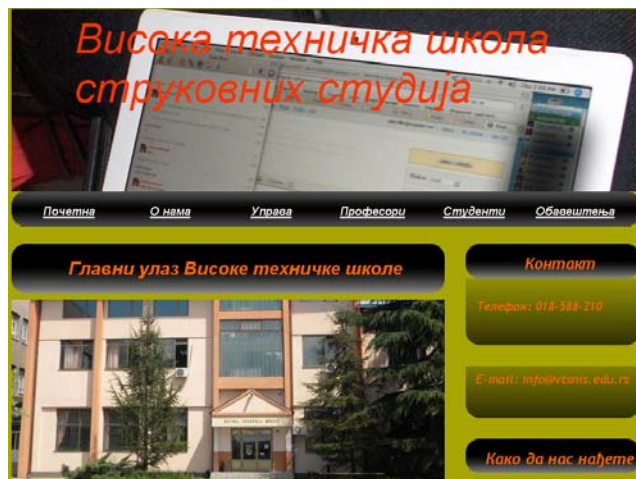
scan

Ova karakteristika opisuje proces skeniranja TV uređaja. Na primer, ovaj medija upit izražava stil koji se primenjuje na TV uređajima sa progresivnim skeniranjem:

```
<link rel="stylesheet" media="tv and (scan: progressive)" />
```

Prilikom definisanja stila za mobilne uređaje potrebno je obratiti pažnju na sledeće detalje:

- Tabela struktura Web stranice nije poželjna jer se na malim ekranima prikazuje sa greškom.
- Struktura Web stranice treba da bude vertikalna jer horizontalno skrolovanje uvek predstavlja problem mobilnim korisnicima.



Slika 1. Izgled Web stranice na računarskom monitoru definisan CSS stilom „style.css”.

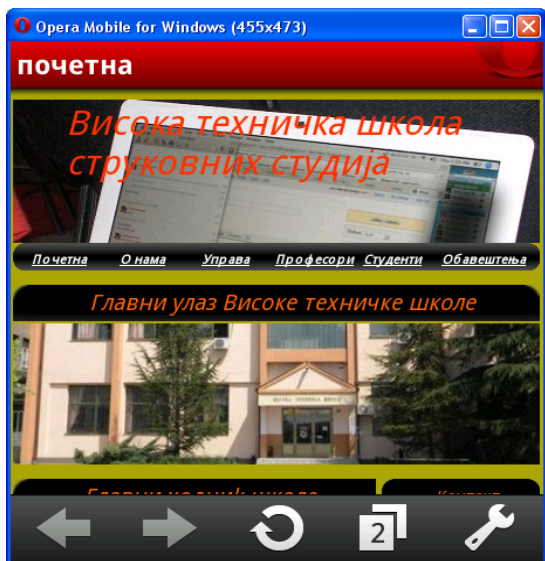
- Dimenzije slike treba smanjiti prema veličini definisanog ekrana, što će omogućiti i brže učitavanje i lepši prikaz. Poželjno je za svaki stil koristiti posebne slike odgovarajuće veličine.
- Margine treba postaviti na najmanju vrednost ili ih ukloniti jer smanjuju mesto za prikaz objekata.
- Plutajući objekti i svojstvo *cursor* nemaju nikakvu primenu na malim ekranima a pozicioniranje treba svesti na minimum.
- Svojstvo *z-index* (koristi se za složeniji raspored elemenata) treba ukloniti jer se neće tačno prikazati i povećaće vreme učitavanja.
- Korisno svojstvo koje treba primenjivati je *display* pomoću koga se određuje vidljivost objekata.
- Veličine ekrana koje su najzastupljenije: ekrani širine 240 piksela za manje i 480 piksela za veće mobilne uređaje. Pri definisanju stilova njih treba obavezno uzeti u obzir.

5. REALIZACIJA

Na sledećim slikama 1-3 dat je izgled Web stranice na računarskom monitoru i dve mobilne verzije za različite širine ekrana. Za testiranje mobilnog prikaza korišćen je simulator mobilnog čitača „Opera mobile for Windows” koji se može preuzeti sa adrese: <http://labs.opera.com/news/2010/04/22/>. Na slici 1 prikazana je Web stranica kako se prikazuje na računarskom monitoru. Širina stranice je 900 piksela. U izradi stranice nije korišćena tabelarna struktura za raspored objekata, već *div* oznake. Sve slike su postavljene kao pozadina (background) div elemenata. Stranica je dizajnirana tako, da se u gornjem delu nalaze logo i linkovi a u središnjem delu slike škole i kontakt informacije. Izgled stranice definisan je CSS stilom „style.css”.

Reformatirana stranica za ekran veličine 450 piksela prikazana je na slici 2. Slike su smanjene na širinu od 450 piksela. Veličina fonta je smanjena i prilagođena veličini ekrana. Margine su postavljene na vrednost 0. Primenjen je vertikalni raspored elemenata. Div element sa kontakt informacijama je postavljen ispod slike škole a veličina mu je povećana na 450 piksela. Deo sa linkovima je zadržao izgled kao na računarskom monitoru jer veličina ekrana

omogućava horizontalni raspored linkova. CSS stil „*iphone.css*” definiše izgled ove stranice.



Slika 2. Web stranica dizajnirana CSS stilom „*iphone.css*” na ekranu veličine 455 piksela .

Za prikaz na ekranu širine 240 piksela definisan je CSS stil „*hand.css*” (slika 3). Raspored elemenata je vertikalni kao kod „*iphone.css*”-a. Razlika je samo u prikazu linkova. Ako bi linkovi bili raspoređeni horizontalno, font bi morao biti veoma mali i teško čitljiv. Zbog toga su linkovi raspoređeni jedan ispod drugog. Slike i fontovi su smanjeni a margine postavljene na nulu.



Slika 3. Web stranica definisana CSS stilom „*hand.css*” na ekranu širine 250 piksela.

Definisanje mobilnog uređaja kome je namenjen određeni CSS stil vrši se pomoću vrednosti širine ekrana. Širina ekrana kod mobilnih uređaja može biti različita te je moguće definisati stilove za više uređaja. Medija upiti koji omogućavaju primenu sva tri CSS stila iz ovog primera su:

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
```

```
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="content-type"
content="text/html; charset=utf-8" />
<link rel="stylesheet" media="screen and
(max-device-width: 300px)" href="hand.css"/>
<link rel="stylesheet" media="screen and
(min-device-width: 301px) and (max-device-
width: 480px)" href="iphone.css"/>
<link rel="stylesheet" media="screen and
(min-device-width: 481px)" href="style.css"
/>
</head>
```

Prvi stil „*hand.css*” definisan je u medija upitu za primenu na ekranima maksimalne širine 300 piksela. Za ekrane čija je širina veća od 300 piksela a manja od 480 piksela koristiće se CSS stil „*iphone.css*”, koji je namenjen za Iphone mobilne uređaje. Za računarske monitore primenjivaće se CSS stil „*style.css*”. Vrlo je važno da se pri navođenju naredne veličine ekrana navede veličina za jedan veća od prethodne. Pomenuto pravilo obezbeđuje korektno tumačenja pripadnosti stila pojedinim uređajima od strane Web čitača.

6. ZAKLJUČAK

Korišćenjem novih mobilnih Web tehnologija autori mobilnih Web stranica će moći da zadovolje rastuću potražnju za kvalitetnim mobilnim sadržajima bez izmene standardnog HTML koda. Najvažnija prednost dobijena ovim tehnologijama ogleda se u tome što se osnovna i mobilna Web stranica nalaze na istoj Web adresi. Ovo ima za posledicu smanjenje troškova održavanja i olakšava posao administriranja Web stranice. Istovremeno dizajniranje standardne i mobilne Web stranice ima prednost u tome što se unapred određuje izgled stranica na svim tipovima uređaja. Ranija rešenja koja su podrazumevala adaptaciju Web stranice od strane Web čitača nisu dala zadovoljavajuća rešenja. Najveći problem kod primene „medija upita” je što malo mobilnih čitača podržava CSS3 specifikaciju pa samim tim i „medija upite”. U budućnosti će se ova situacija promeniti u korist mobilnih Web čitača koji obezbeđuju podršku CSS3 specifikaciji. Trenutno samo „Opera for mobile”, „Opera mini” i najnoviji „Safari” mobilni Web čitač imaju punu podršku za „medija upite”.

LITERATURA

- [1] J. Wang, „High-Speed Wireless Communications: Ultra-wideband, 3G Long-Term Evolution, and 4G Mobile Systems“, Cambridge University Press, 2008.
- [2] ITU-T, „Recommendation G. 1010: End-user multimedia QoS categories”, 2001.
- [3] Z. Veličković, M. Jevtović, „Cross-layer optimization of wireless network parameters in AWGN channel for QoS provision”, UNITECH 2010, pp. I-290-295, Gabrovo 2010.
- [4] RFC 793 - Transmission Control Protocol, DARPA INTERNET PROGRAM, 1981.
- [5] www.wapforum.org/
- [6] www.w3.org/TR/html5/
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/UAProf
- [8] www.w3.org/TR/CSS2/media.html
- [9] www.w3.org/TR/CSS3-roadmap.html

MIMO OFDM U BEŽIČNIM SISTEMIMA NOVE GENERACIJE MIMO OFDM IN NEXT GENERATION WIRELESS SYSTEMS

Dušan Žarić, Elektrotehnički fakultet Podgorica

Sadržaj – U radu su razmatrani osnovni principi i primjena ortogonalnog frekvencijskog multipleksa (OFDM) i Multiple Input Multiple Output (MIMO) tehnike prenosa podataka u bežičnim sistemima nove generacije, u cilju postizanja većih protoka i povećanja pouzdanosti sistema u uslovima prenosa gdje su izražene smetnje. Analizirani su rezultujući efekti primjene MIMO OFDM tehnologije u WLAN sistemima, kao i prednosti ovih sistema u odnosu na bežične sisteme zasnovane na konvencionalnim modulacionim tehnikama. Pokazano je da je budućnost razvoja bežičnih sistema nove generacije usmjerena ka MIMO OFDM tehnologiji, koja omogućava razvoj robusnijih i efikasnijih bežičnih sistema, neophodnih za realizaciju naprednih multimedijalnih aplikacija.

Abstract - This paper considers the basic principles and applications of Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) and Multiple Input Multiple Output (MIMO) data transmission technique in next generation wireless systems, in order to achieve higher bandwidth and increase system reliability in case of transmission with strong interference. Main benefits of application of MIMO OFDM technology in WLAN systems are analyzed, as well as advantages of this systems compared to wireless systems based on conventional modulation techniques. It was shown that future development of next generation wireless systems is based on MIMO OFDM technology, which allows development of more robust and efficient wireless systems essential for the deployment of advanced multimedia applications.

1. UVOD

Integracija mobilne telefonije, Interneta, video i audio servisa, kao i novih multimedijalnih aplikacija, uslovala je potrebu za novim metodama prenosa podataka. Ortogonalni frekvencijski multipleks (OFDM - Orthogonal frequency division multiplexing) predstavlja relativno novu modulacionu tehniku koja omogućava velike protoke podataka uz dobru spektralnu efikasnost. U OFDM sistemima prenosa se ukupan niz podataka dijeli na N paralelnih nizova, i svaki od njih se mapira na određenu frekvenciju (podnosilac), pri čemu protok po svakoj frekvenciji iznosi $1/N$ od originalnog protoka. Svaki od paralelnih nizova podataka se simultano prenosi mnogo manjom brzinom (stotinama i hiljadama puta, zavisno od broja podnosilaca), čime se značajno smanjuje interferencija i slabljenje tokom prenosa. Podnosioci su međusobno ortogonalni, što znači da između njih postoji odgovarajući frekvencijski razmak koji omogućava spektralno preklapanje podkanala, čime se postiže bolja spektralna efikasnost u odnosu na druge modulacione tehnike. Uslov ortogonalnosti i zaštitni interval između simbola, koji se naziva ciklični prefiks, omogućavaju potpunu rekonstrukciju signala u prijemniku, bez pojave interferencije. Dakle, OFDM omogućava prenos velike količine podataka kroz relativno mali propusni opseg, pri čemu se veliki broj paralelnih nizova podataka, poslatih sa manjim brzinama, u prijemniku agregira u jedan niz velike brzine. Na taj način je višestruko smanjena potreba za kanalima velike propusne moći.

OFDM se danas uspješno primjenjuje u brojnim bežičnim sistemima, gdje je izražena potreba za efikasnim prenosom u uslovima gdje su izražene smetnje. Najznačajnija primjena OFDM tehnologije je u bežičnim standardima sa velikim brzinama prenosa, kao što su digitlni audio (DAB - European

digital audio broadcasting), digitalni video (DVB-T – digital video broadcasting) u Evropi i ISDB u Japanu, WLAN (Wireless Local Area Network) standardima 802.11a/g/n i 802.16 (WiMAX) [1]. Nekoliko DAB sistema predloženih u Sjevernoj Americi su takođe zasnovani na OFDM-u. OFDM je zbog brojnih prednosti kandidat za mobilne mreže četvrte generacije (4G), kao i za bežične PAN (personal area network) mreže sa visokim brzinama prenosa (802.15.3a). Takođe, postoji nekoliko proprietary adaptacija OFDM-a, kao što su Wideband-OFDM (W-OFDM) razvijen od strane Wi-LAN korporacije, Flash OFDM kojeg je razvio Flarion, Vector OFDM (V-OFDM) kojeg su razvili Cisco i Iospan.

2. MIMO OFDM

Globalni razvoj bežičnog pristupa Internetu, digitalnih audio i video sistema, i bežične infrastrukture sa velikim propusnim opsezima, su značajno uticali na proširenje tržišta bežičnih multimedijalnih servisa. Kako bi se podržali napredni servisi kompleksnih konfiguracija, bežični uređaji nove generacije moraju imati opcije uvijek dostupne konekcije, bržeg prenosa podataka, veće udaljenosti prenosa, manje potrošnje energije, boljeg kvaliteta servisa, manje izgubljenih paketa tokom transmisije, kao i veći kapacitet mreže. Da bi se ovo postiglo, neophodno je implementirati adekvatnu tehniku prenosa podataka.

Brojna istraživanja u teoriji informacija su pokazala da komunikacione šeme koje koriste više antena na predajnoj i prijemnoj strani u prenosnim sistemima, omogućavaju veliku spektralnu efikasnost, naročito u okruženjima gdje je izraženo rasijanje. Pokazano je da ovo važi i za uskopojasne i za širokopojasne kanale u bežičnim komunikacionim linkovima. Kao rezultat ovih aktivnosti, razvijene su tehnike prenosa koje se nazivaju Multiple Input and Multiple Output

(MIMO), i mogu se podijeliti u dvije grupe: prostorno-vremensko kodiranje (STC - Space-Time Coding) i prostorno multipleksiranje (SDM - Space Division Multiplexing) [2]. Tehnike prenosa koje spadaju u prvu grupu omogućavaju povećanje robusnosti i performansi bežičnog komunikacionog sistema, prenoseći različito kodirane oblike istog niza podataka preko različitih grana predajnika, dok se pomoću prostornog multipleksiranja postiže veća propusna moć, prenoseći simultano nezavisne nizove podataka preko različitih predajnih grana, ali na istoj nosećoj frekvenciji. Performanse ovih sistema se mogu povećati upotrebom naprednih algoritama za obradu signala na strani prijemnika, kombinujući signale poslate sa različitih predajnika. Uočeno je da se najveća spektralna efikasnost može postići ukoliko se nezavisno posmatra svaki kanal između predajnih i prijemnih antena, što je čest slučaj u praksi u okruženjima gdje su izražena rasijanja, i gdje ne postoji direktna komunikaciona putanja. Upravo zbog toga su bežične lokalne mreže jedna od najpogodnijih oblasti za primjenu MIMO tehnike, s obzirom da se najčešće implementiraju u zatvorenim prostorima i da ne postoji direktna vidljivost između predajnika i prijemnika.

MIMO OFDM tehnologija se bazira na upotrebi sistema višestrukih antena u bežičnom linku, sa odgovarajućim prostorno-vremensko-frekvencijskim (STF) kodiranjem, interlivingom, filtriranjem, OFDM modulacijom, demodulacijom, deinterlivingom i dekodiranjem. Upravo to predstavlja glavnu razliku MIMO OFDM-a u odnosu na konvencionalne modulacione tehnike, što ovoj tehnologiji omogućava brojne prednosti, kao što su prostorno multipleksiranje, na osnovu kojeg se postižu velike brzine prenosa, bolja pokrivenost odnosno veća udaljenost prenosa, raznovrsnost pojačanja. Takođe, MIMO OFDM zadržava brojne prednosti, kao što su efikasno korišćenje spektra zbog mogućnosti preklapanja frekvencija, veća otpornost na slabljenje tokom prenosa u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem (što se postiže podjelom kanala na uskopojasne podkanale u kojima je slabljenje ravnomjerno), eliminacija interferencije usled principa ortogonalnosti i zaštitnog intervala koji sadrži ciklični prefiks, mogućnost detekcije izgubljenih simbola pomoću adekvatnog kodiranja kanala i interlivinga, jednostavnija ekvilizacija kanala, efikasna modulacija i demodulacija zasnovana na FFT, manja osjetljivost na greške pri vremenskom odabiranju u odnosu na sisteme sa jednim nosiocem, mogućnost primjene u NLoS (Non Line Of Sight) sistemima, t.j. bežičnim sistemima koji rade bez linije optičke vidljivosti.

3. MIMO OFDM U WLAN SISTEMIMA

Razvoj bežičnih lokalnih mreža je pratio razvoj standarda koji definišu komunikaciju u WLAN sistemima. Veoma brzo nakon uvođenja IEEE 802.11 a/g standarda, koji su bazirani na OFDM-u, i koji su omogućavali brzine prenosa od 6 do 54 Mbps u 5 GHz i 2,4 GHz opsezima, bilo je potrebno povećati protok podataka, pa je zahvaljujući brojnim prednostima MIMO tehnologija našla svoju primjenu upravo u ovoj oblasti [3]. Pokazalo se da se OFDM može veoma uspješno integrisati sa MIMO tehnikom prenosa podataka, čime se postiglo značajno poboljšanje kvaliteta signala i povećanje brzina prenosa podataka u bežičnim sistemima, što je rezultiralo uvođenjem IEEE 802.11n standarda, koji proširuje

upotrebu OFDM tehnike prenosa podataka u oba opsega, 2,4 GHz i 5 GHz. IEEE je zvanično odobrio ovaj standard u oktobru 2009. godine, iako je nekoliko kompanija još ranije proizvelo komercijalne čipove i uređaje zasnovane na nacrtu 802.11n standarda iz 2007. godine. U 802.11n standardu je, zahvaljujući MIMO OFDM tehnologiji, povećan broj nosilaca i uvedeno niz poboljšanja, pri čemu je zadržana kompatibilnost sa prethodnim standardima. U 802.11n sistemima se za prilagođavanje modulacije u predajniku koristi kontinualni proces donošenja odluka, na osnovu povratnih informacija o parametrima kanala dobijenih od prijemnika. Na osnovu dobijenih informacija u predajniku se mijenja brzina modulacije, kako bi se obezbijedio što bolji odnos brzine prenosa podataka i veličine greške u korisnom dijelu signala. Takođe, u poređenju sa 802.11a/g standardima, 802.11n omogućava veći broj kombinacija za prenos pomoću više nizova podataka i kodiranja. Ovo se postiže uvođenjem parametara kao što su prostorni niz podataka, modulacija i brzina prenosa podataka za svaki niz. Dakle, optimalna šema kodiranja se definiše tokom komunikacije između predajnika i prijemnika, a na osnovu informacija o parametrima kanala. U 802.11n specifikaciji je definisano 76 oblika kodiranja. Zahvaljujući ovim prednostima MIMO OFDM-a, uređaji bazirani na 802.11n standardu omogućavaju veći propusni opseg, kao i poboljšanje security i QoS mehanizama, pa je ovaj standard veoma brzo postao primarna tehnologija za brojne komunikacione uređaje današnjice, kao što su smart telefoni, portable računari, game konzole, uređaji za mobilni internet (MIDs - Mobile Internet Devices), WiFi access point-i, ruteri, set-top box uređaji, komponente kućnih bioskopa, broadband gateway-i koji integrišu modem i WiFi, i slično.

Jedna od najvećih prednosti upotrebe MIMO OFDM tehnologije je povećanje brzina prenosa podataka u odnosu na ranije sisteme. Na primjer, access point-i bazirani na 802.11a/b/g standardima mogu ostvariti maksimalne brzine prenosa od 54 Mbps, pri čemu realna brzina prenosa obično iznosi oko 22 Mbps. Sa druge strane, WiFi access point-i koji podržavaju 802.11n mogu ostvariti brzine prenosa podataka do 150 Mbps za jedan niz podataka u kanalima od 40 MHz, odnosno 72 Mbps u 20 MHz opsegu, uz korišćenje kratkog zaštitnog intervala i velikih paketa. Dozvoljeni broj MIMO nizova je četiri, a većina uređaja danas koristi dva niza, pa brzina prenosa može iznositi 300 Mbps. Na ovaj način se uvođenjem opsega od 40 MHz, odnosno upotrebom MIMO OFDM tehnologije u kombinaciji sa Space-Time-Frequency (STF) kodiranjem/dekodiranjem, u 802.11n standardu postiže visokokvalitetni bežični prenos sa teorijskim brzinama do 600 Mbps, na udaljenostima i do tri puta većim u odnosu na 802.11a/g standarde. Testiranja pokazuju da realni domet u zatvorenom prostoru iznosi oko 70m, dok u otvorenom prostoru može doseći 250m. Brzina prenosa i domet značajno variraju u zavisnosti od parametara sredine u kojoj se vrši prenos, odnosno od nivoa smetnji koje se javljaju prilikom transmisije. Upravo zbog toga je važno vršiti mjerenja parametara komunikacije.

Imajući u vidu stalnu penetraciju upotrebe bežičnih uređaja u komunikacijama, očekuje se dalji razvoj i unapređenje WLAN standarda. Upotreba MIMO OFDM tehnologije u 802.11n standardu je omogućila značajna

poboljšanja u odnosu na prethodne standarde, ali i otvorila mogućnost za nova unapređenja performansi bežičnih sistema. Tako je na primjer uz povećanje broja prostornih nizova moguće povećati brzinu prenosa podataka sa 300 Mbps na 450 Mbps, ili čak 600 Mbps.

3.1. Analiza OFDM komunikacija u 802.11n sistemu

Nakon verifikacije IEEE 802.11n standarda, većina proizvođača bežičnih uređaja je bazirala svoju proizvodnju upravo na WiFi uređajima zasnovanim na ovom standardu. Posebna pažnja je morala biti posvećena povećanju performansi, kao i kompatibilnosti sa uređajima zasnovanim na prethodnim standardima. IEEE je kroz precizno definisane specifikacije, propisao norme koje je neophodno da zadovolje 802.11n uređaji. Performanse uređaja se mogu odrediti na osnovu mjerenja parametara koji karakterišu komunikaciju između predajnika i prijemnika, a kompatibilnost sa ranijim standardima se može postići upotrebom nekih od režima rada definisanih u 802.11n specifikaciji. U narednom dijelu su razmatrana praktična mjerenja parametara tokom prenosa OFDM signala u 802.11n sistemu, koja se zasnivaju na mjerenjima relevantnih parametara na predajnoj i prijemnoj strani.

Najčešće korišćena mjerenja na strani predajnika se mogu grupisati kao mjerenja prenosne snage, frekvencije, spektra i modulacije, kao i mjerenja I/Q odstupanja [4]. Mjerenje nivoa prenosne snage je veoma važno, i za 802.11n sisteme se sastoji od mjerenja srednje i maksimalne prenosne snage kanala, odnosa snage i vremena, kao i varijacija snage pojedinih paketa. Ukoliko je nivo snage prenizak, ugrožene su performanse sistema u uslovima gdje postoji šum, dok se u slučaju suviše velike snage javlja interferencija, a smanjuje se trajanje baterije. Prenosna snaga mora biti u okviru granica definisanih regulatornim mjerama u zemlji. Najčešće korišćene regulatorne mjere za 802.11 uređaje u Evropi su CEPT ECC DEC (04) 08, ETSI EN301 893, u USA su FCC Part 15 Subpart E, EN 301 893, EN 300 328, dok su u Japanu to MIC Equipment Ordinance for Regulating Radio Equipment Articles 7, 49.20, 49.21a.. Takođe, varijacije snage mogu značajno uticati na kvalitet prenosa, pa je neophodno sprovesti i njihovo mjerenje. Maksimalna snaga paketa informacije se može degradirati tokom vremena, usljed grijanja komponenti predajnika ili skretanja. Pokazuje se da varijacija snage paketa mora biti manja od 1 dB. Mjerenje prenosne frekvencije određuje frekvencijsku preciznost predajnika. Tačnost frekvencije je izuzetno važan parametar bežičnih komunikacionih sistema jer na osnovu nje prijemnik treba da detektuje informacije sadržane u prenešenom signalu, a omogućava i smanjenje interferencije u sistemima sa više nosilaca. Mjerenjem prenosnog spektra se provjera usklađenost distribucije snage signala sa specifikacijom i regulatornim normama, i dobijaju informacije o učestalim tipovima distorzija koje mogu uticati na signal. Mjerenje parametara spektra je važno kako bi se spriječile implementacije sistema u kojima se namjerno povećava prenosna snaga pri manjim brzinama prenosa, što je tipično za brzine manje od 24 Mbps. IEEE definiše dozvoljenu distribuciju snage signala za svaki 802.11 standard. Mjerenja parametara modulacije pokazuju ključne informacije o tipu distorzije (npr. I/Q pojačanje i

neslaganje faze, grupna kašnjenja, fazni šum, kompresija) u cijelom prenosnom sistemu, koja može značajno uticati na kvalitet signala. Testiranja pokazuju da vrijednost odstupanja pojačanja treba da bude manja od 2%, a odstupanja faze manja od $|2|$ stepena. Na strani prijemnika se najčešće vrše mjerenja parametara koji određuju nivo greške primljenog paketa, osjetljivost, maksimalni ulazni nivo, odbijanje kanala, kao i indikator snage prijemnog kanala. Odgovarajuća vrijednost parametra koji mjeri nivo greške omogućava da prijemnik bude otporan na šum, interferenciju, distorziju i ostale faktore koji mogu uticati na kvalitet komunikacije. Maksimalni ulazni nivo je maksimalni nivo signala, detektovan od strane prijemnika, koji omogućava da definisani nivo greške primljenih paketa bude dosegnut. Vrijednost ovog parametra je važna u slučaju da se prijemnik nalazi u blizini uređaja kao što je access point. IEEE propisuje da za 802.11n uređaje, maksimalni nivo greške primljenih paketa mora biti dosegnut za maksimalni ulazni nivo od -30 dBm u opsegu od 5 GHz, i -20 dBm u 2,4 GHz opsegu, nezavisno od tipa modulacije.

Posmatrana mjerenja parametara ne smiju zavisiti od sadržaja podataka, pa je preporučljivo mjeriti srednju snagu paketa, jer maksimalna snaga može značajno varirati u zavisnosti od tipa podataka. Analizirajući sprovedena mjerenja može se uočiti da su OFDM sistemi osjetljivi na greške u frekvencijama, za razliku od DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) sistema na kojima su bazirani prvi 802.11 standardi. Ipak, ove greške se mogu kompenzovati upotrebom savremenih procesora, pa je zadržana prednost upotrebe OFDM-a. Takođe, u DSSS sistemima je mjerenje prenosnog spektra obavezno i dovoljno za utvrđivanje kvaliteta signala, dok se u OFDM sistemima zbog kvaliteta komunikacije vrši mjerenje spektralnih karakteristika za sve kanale, ili makar za one koji se smatraju najkritičnijim, a to su kanali sa najvećom izlaznom snagom tj. u kojima je signal najviše komprimovan. Posmatrajući vrijednosti mjernih parametara modulacije, mogu se ocijeniti nivo kvaliteta prenosa i efekti koje nesavršenosti u implementaciji uređaja unose u prenešeni signal. Imajući u vidu principe OFDM sistema, pokazuje se da šum iz jednog kanala izaziva šum u ostalim, što višestruko degradira performanse sistema, pa se zato kod 802.11n sistema zahtijeva 3dB veći odnos signal-šum nego kod sistema baziranih na prethodnim standardima. Na osnovu kompletne analize navedenih mjernih parametara dobijamo nivo kvaliteta prenešenog signala i komunikacionog sistema u cjelini, pa se u slučaju 802.11n sistema može zaključiti da uređaji zasnovani na ovom standardu moraju zadovoljiti veoma zahtjevne specifikacije po pitanju performansi i kompatibilnosti sa uređajima baziranim na prethodnim WiFi standardima, kao i usklađenosti sa propisanim regulatornim normama. Pokazano je da parametri koji služe za testiranje komunikacije između predajnika i prijemnika moraju biti u okviru definisanih granica, kako bi se omogućile velike brzine prenosa, pouzdanost rada i interoperabilnost sa uređajima koji su bazirani na ranijim 802.11 standardima.

4. BEŽIČNE ŠIROKOPOJASNE TEHNOLOGIJE NOVE GENERACIJE

Uvođenje treće generacije bežičnih sistema (3G) IMT-2000, zasnovanih na CDMA (Code Division Multiple Access) tehnologiji, je bežičnim operaterima omogućilo pružanje naprednih servisa visokog kvaliteta glasa, širokopojasnog pristupa Internetu, kao i mnoge multimedijalne aplikacije, što je dovelo do brisanja granica između telekomunikacionih industrija. Servis provajderi su u brojnim zemljama veoma brzo primijenili 3G mobilne širokopojasne tehnologije. Ipak, pokazalo se da bežična industrija ima težak zadatak u izboru pravih tehnologija i servisa u cilju zadovoljenja budućih potreba na telekomunikacionom tržištu, kao što su unapređenje servisa telefonije, videa, televizije, širokopojasnog pristupa Internetu, kao i value-added data servisa, integracija fiksnih i mobilnih mreža u cilju kvalitetnog pružanja ovih servisa preko više mreža, kao i integracija telekomunikacionih, informacionih i broadcasting industrija. Evidentno je da jedna tehnologija ne može zadovoljiti sve potrebe i da će konvergencija imati glavnu ulogu u bežičnim mrežama nove generacije, a sistemi zasnovani na OFDM-u će servis provajderima omogućiti pružanje naprednih aplikacija i servisa. Sistemi nove generacije zasnovani na CDMA i OFDM-u, kao i broadcast tehnologije, će servis provajderima omogućiti tranziciju ka bežičnim širokopojasnim sistemima i servisima. Mobilne širokopojasne tehnologije kao što su CDMA2000 EV-DO Revision B (Rev. B), HSPA+, Long Term Evolution (LTE), i Mobile WiMAX (802.16m), mogu podržati brzine prenosa od nekoliko Mbps do krajnjeg korisnika, VoIP i ostale real-time i širokopojasne aplikacije. Međutim, za specifične aplikacije koje su zahtjevnije po pitanju propusnog opsega, kao što su multicast i broadcast, potrebno je koristiti tehnologije zasnovane na OFDM-u, kao što su DVB-H, FLO, ISDB-T, S-DMB i T-DBM, koje su komercijalizovane od 2006. godine [5]. Postojeće 3G mobilne tehnologije, koje koriste CDMA kao glavnu pristupnu tehnologiju, mogu postići potrebne protoke podataka i najveću spektralnu efikasnost u propusnim opsezima do 5MHz, dok u širim radio kanalima (više od 10MHz) tehnologije zasnovane na OFDM-u, kao što su LTE i Mobile WiMAX, predstavljaju pravi izbor, jer omogućavaju veći propusni opsezi za mobilne širokopojasne servise. Trend razvoja telekomunikacionog tržišta ukazuje da će u narednom periodu postojati koegzistencija ovih tehnologija, dok će se sistemi bazirani na OFDM-u vremenom sve više implementirati u bežičnim komunikacijama, kako budu rastle potrebe za većim protokom i naprednim širokopojasnim servisima koji zahtijevaju veći propusni opseg do krajnjeg korisnika. Imajući u vidu troškove implementacije, ovi sistemi se tipično implementiraju u gusto naseljenim gradskim zonama, gdje je njihovo uvođenje u potpunosti opravdano. Vođeci operatori i servis provajderi u svijetu već sada kupuju dodatni spektar, neophodan za proširenu implementaciju OFDM tehnologija. Naime, mobilni operateri koji pružaju više servisa, pored 3G tehnologije koriste i WiFi servise nove generacije, zasnovane na OFDM-u, kako bi korisnicima pružili veće brzine prenosa podataka, i ujedno rasteretili saobraćaj 3G mreže. Tehnologije zasnovane na

OFDM-u omogućavaju mobilne broadcast i multicast servise, odnosno simultano prenošenje multimedijalnog sadržaja od baznih stanica do većeg broja korisnika. Ovo znači da će provajderi morati paralelno sa 2G/3G mrežom da implementiraju i broadcast mreže zasnovane na OFDM-u, odnosno postojeće koegzistencija CDMA i OFDM tehnologija. Dakle, OFDM je najozbiljniji kandidat za brojne bežične sisteme nove generacije, što potvrđuje i njegova upotreba u mobilnim mrežama četvrte generacije (4G). Imajući u vidu brojne prednosti koje donosi MIMO tehnologija, evidentno je da će MIMO OFDM biti jedna od najznačajnijih tehnika na kojoj će se bazirati budući sistemi.

5. ZAKLJUČAK

Ubrzan razvoj bežičnih komunikacija, kao i trendovi razvoja telekomunikacionog tržišta u posljednjoj deceniji, usloveli su naglo širenje mobilne telefonije, bežičnih LAN mreža (WLAN) i eksponencijalni razvoj Interneta. Da bi se izašlo u susret sve većim zahtjevima za naprednim multimedijalnim aplikacijama, neophodno je koristiti tehnike prenosa koje omogućavaju postizanja velikih brzina i protoka podataka. Zahvaljujući brojnim prednostima OFDM je primijenjen u mnogim bežičnim sistemima, a u kombinaciji sa MIMO tehnologijom omogućava postizanje velikih brzina uz garantovani nivo kvaliteta prenosa podataka. Uvođenjem 802.11n standarda, pokazalo se da kombinujući OFDM i MIMO sisteme, bežične lokalne mreže predstavljaju najperspektivniju tehnologiju za omogućavanje velikih brzina prenosa podataka i robusnih performansi. Pokazano je da je neophodno vršiti precizna mjerenja relevantnih parametara u cilju provjere kvaliteta signala i komunikacije koje bežični uređaji omogućavaju, kao i njihove usklađenosti sa propisanim normama. Kako bi izašli u susret stalnim zahtjevima tržišta za proširenje i unapređenje postojećih servisa, bežični servis provajderi moraju na što efikasniji način prevazići limitirajuće faktore, kao što su ograničena raspoloživost radio frekvencijskog spektra i kompleksna vremenski-promjenljiva priroda bežičnih okruženja. MIMO OFDM predstavlja savremenu tehnologiju koja omogućava razvoj naprednih bežičnih sistema nove generacije, i fokus je brojnih istraživanja u cilju unapređenja performansi postojećih bežičnih sistema

LITERATURA

- [1] T. S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice" Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [2] A. Zelst, PhD Thesis, "MIMO OFDM for Wireless LANs", 2005.
- [3] R. Prasad, "OFDM for wireless communications systems" Boston, Artech House, 2004.
- [4] "Practical Manufacturing Testing of 802.11 OFDM Wireless Devices", USA, August 2010.
- [5] "The convergence of wireless broadband services", September 2008.

ODREĐIVANJE OPTIMALNIH PARAMETARA SODA ALGORITMA DETERMINING THE OPTIMAL PARAMETERS OF SODA ALGORITHM

Antić Goran, Zoran Milivojević, *Visoka tehnička škola, Niš, Srbija*
Zoran Stevanović, *ETŠ Mija Stanimirović, Niš, Srbija*

Sadržaj - U ovom radu analiziran je SODA algoritam za eliminaciju impulsnih smetnji u slici. U prvom delu rada opisan je SODA algoritam. U drugom delu rada određeni su optimalni parametri SODA algoritma T_1 , T_2 i T_3 . Pored toga, izvršena je komparativna analiza efikasnosti SODA algoritma sa implementiranim optimalnim parametrima predloženim u ovom radu i parametrima predloženim u [6]. Kao mera za upoređivanje efikasnosti eliminacije impulsnih smetnji, korišćen je PSNR i korelacioni koeficijent r .

Ključne reči: Impulsne smetnje, Detekcija šuma, Median filtriranje.

Abstract - In this paper, SODA algorithm for elimination of impulsive noise in the picture, have been analyzed. The first part describes the SODA algorithm. In the second part of the paper are determined optimal parameters, T_1 , T_2 and T_3 , of the algorithm SODA. In addition, there was done the comparative analysis of the efficacy SODA algorithm with implemented optimal parameters proposed in this paper and the parameters proposed in [6]. As a measure to compare the efficiency of elimination of impulsive noise, we used the PSNR and the correlation coefficient r .

Keywords: Impulse noise, Noise detection, Median filtering.

1. UVOD

Internet je danas rasprostranjen vid komunikacije među ljudima na globalnom svetskom nivou. On predstavlja ogromnu bazu raznoraznih dokumenata, kao što su tekstualni dokumenti, audio zapisi, slike i dr. Komunikacione veze između umreženih računara su raznolike, počev od žičanih, telefonskih, preko kablovskih, optičkih i satelitskih komunikacionih veza. Na prenosnom putu korisnim signalima se superponiraju različite smetnje i šumovi [1]. Sa stanovišta video zapisa i slika posebno su značajne impulsne smetnje. U slici se impulsne smetnje manifestuju u vidu maksimalno belih i tamnih tačaka, koje su prostorno slučajno raspoređene [2].

Kod digitalne obrade slike razvijeni su posebni algoritmi za otklanjanje impulsnih smetnji. Jedna od najpoznatijih je filtriranje prostornim (dvodimenzionalnim) filtrima. Medijan filtri su vrlo efikasni kod filtriranja impulsnih smetnji ali, pored smetnji, uništavaju i fine detalje u slici, odnosno efekat filtriranja je dvodimenzionalno filtriranje niskofrekventnim filtrom. Rešenje ovog problema traži predprocesiranje slike sa idejom lociranja potencijalno inficiranih piksela slike impulsnim smetnjama [3,4].

Proces obrade šuma u slici sastoji se od dva bitna dela. Prvi je proces detekcije inficiranih tačaka. Ispravna detekcija predstavlja osnovni preduslov za eliminaciju šuma. Veliki broj predloženih algoritama govori o važnosti i složenosti ovog postupka [5,6]. Drugi deo predstavlja obradu inficiranih tačaka, tj. zamenu vrednosti novom vrednošću koja treba da bude što približnija pravoj pre delovanja šuma.

Pri tome veoma je važno sačuvati kvalitet slike ne gubeći fine detalje u slici. Neki predloženi postupci iako su u delu detekcije efikasni, u delu eliminacije šuma doprinosili su gubljenju detalja u slici ili su proizvodili drugačiju vrstu smetnji u slici u vidu linija, mrlja itd [7,8]. Zato je pronalaženje algoritma koji je efikasan i u delu eliminacije

šuma i čuvanju finih detalja slike predmet mnogih istraživanja. U radu [9] prikazani su rezultati primene algoritma za eliminisanje impulsnog šuma nad slikom kojoj je insertovan vodeni žig [10].

U ovom radu je analiziran efikasan algoritam za lociranje i eliminaciju impulsnih smetnji, Second Order Difference Analysis (SODA), koji je predložen u [6]. Izvršena su testiranja i odabrane optimalne vrednosti parametara SODA algoritma. Nakon toga je izvršena komparativna analiza primene SODA algoritma sa predloženim optimalnim parametrima i parametrima predloženim u [6].

Organizacija ovog rada je sledeća. U sekciji 2 opisan je SODA algoritam. U sekciji 3 prikazani su rezultati testiranja SODA algoritma i prikazana komparativna analiza. Zaključak je dat u sekciji 4.

2. SODA ALGORITAM

SODA algoritam je predložen u radu [6] kao nelinearni filter za redukciju impulsnog ili slučajnog šuma. Tačke inficirane impulsnim šumom se identifikuju u dva koraka i filtriraju u jednom koraku. U cilju objašnjenja algoritma definisaćemo neke pojmove i veličine.

Neka I predstavlja sliku dimenzija $l_1 \times l_2$ inficiranu šumom i $I(i,j)$ vrednost pixela na poziciji (i,j) . Neka dalje $W(i,j)$ predstavlja lokalni prozor veličine $(2K+1) \times (2K+1)$ tako da je:

$$W(i,j) = \{I(i-s, j-t) \mid -K \leq s \leq K, -K \leq t \leq K\}. \quad (1)$$

Formira se niz X , koji se sastoji od pixela iz lokalnog prozora $W(i,j)$, poređanih u rastućem nizu tako da je:

$$X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq X_{(3)} \dots \leq X_{(2K+1)^2}, \quad (2)$$

gde je $X_{(k)} \in W(i,j)$. U originalnoj slici, vrednost pixela u lokalnom prozoru se nalazi u opsegu $[R_{\min}, R_{\max}]$, gde je R_{\min} minimalna a R_{\max} maksimalna vrednost pixela lokalnog

prozora. U slici inficiranoj slučajnim šumom vrednosti inficiranih pixela pripadaće trima oblastima: $[0, R_{\min}]$, $[R_{\min}, R_{\max}]$, i $[R_{\max}, 255]$. Kako tačke sa šumom u srednjoj oblasti imaju minimalni uticaj na ukupan kvalitet slike, detekcija tačaka sa šumom podrazumeva pronalaženje tačaka iz prve i treće oblasti. Zato je u ovom postupku potrebno odrediti granice srednje oblasti $[R_{\min}, R_{\max}]$. U tom cilju se niz X deli na median poziciji u dva niza:

$$X_1 = X_{(a)}, \quad \text{gde je } 1 \leq a \leq [(2K+1)^2 + 1]/2,$$

$$X_2 = X_{(b + [(2K+1)^2 - 1]/2)}, \quad \text{gde je } 1 \leq b \leq [(2K+1)^2 + 1]/2. \quad (3)$$

Poznato je da tačke sa šumom imaju vrednost sivog znatno veću ili znatno manju od svojih suseda [2,9]. Zato će razlika između tačke sa šumom i susedne tačke biti znatno veća od razlike dve susedne tačke neinficirane šumom. Ova činjenica će pomoći u određivanju tražene granice između tačaka sa šumom i ostalih tačaka. Zato je potrebno u svakom podskupu X_1 i X_2 odrediti razliku svakog para susednih tačaka i urediti dobijene vrednosti u rastućem nizu pamteći koja razlika pripada kom paru tačaka. Time se dobijaju dva niza L i U na sledeći način:

$$\begin{aligned} L &= \text{sort}\{X_1(a) - X_1(a-1), \\ &2 \leq a \leq [(2K+1)^2 + 1]/2\}, \\ U &= \text{sort}\{X_2(b) - X_2(b-1), \\ &2 \leq b \leq [(2K+1)^2 + 1]/2\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Metod predložen u radu [6], a na bazi napred definisanih veličina, predlaže sledeće korake za detekciju tačaka inficiranih šumom:

Korak 1: nizovi L i U dobijaju se iz lokalnog prozora veličine 7×7 . U svakom nizu L ili U , za $2 \leq a \leq 25$, i $L(a)$ i $U(a)$ se testiraju korišćenjem sledećih pragova:

$$\begin{cases} \alpha(a) = L(a) < T_1, \\ \beta(a) = L(a) - L(a-1) < T_2, \\ \gamma(a) = L(a) / L(a-1) < T_3. \end{cases} \quad (5)$$

Prvi kriterijum je vrednost razlike, $L(a)$, koja nesme da pređe $R_{\max} - R_{\min}$, tj. maksimalnu razliku između bilo koje dve tačke bez šuma. Drugi kriterijum uvodi razliku drugog reda, koja smanjuje razliku između tačaka bez šuma iz glatkih i ivičnih oblasti. Treći kriterijum razmatra odnos pri kome se razlike menjaju. Koristeći ove kriterijume svaki podskup može da izdvoji sve ekstremne razlike i da locira odgovarajuće vrednosti tačaka u X_1 i X_2 . Razlika mora da zadovolji bilo koja dva od tri kriterijuma. Predložene vrednosti pragova su: $T_1=15$, $T_2=5$, i $T_3=10$. Proces nastavlja na naredni korak ako $L(a)$ ne prođe dva od tri kriterijuma ili se u suprotnom ponavlja za $a+1$. Za svaku vrednost razlike jednaku ili veću od $L(a)$, odgovarajuće vrednosti tačaka u X_1 se obeležavaju kao potencijalne tačke sa šumom (ili u X_2 za $U(a)$). Ako B_l označava najveću vrednost šuma u X_1 i B_u najmanju vrednost šuma u X_2 onda je tačka $I(i,j)$ tačka bez šuma ako se nalazi u oblasti $B_l < I(i,j) < B_u$ i tačka inficirana šumom van ove oblasti.

Korak 2: Ako tačka $I(i,j)$ ne prođe prvi stepen detekcije, ona postaje kandidat za tačku sa šumom. Da bi se ona proglasila tačkom sa šumom ponavlja se postupak kao u prvom stepenu ali sa manjim prozorom 3×3 i drugim pragovima.

Potencijalna tačka sa šumom se u ovom koraku testira na sledeći način:

$$\begin{cases} L(a) > H_1, \\ L(a) - L(a-1) > H_2. \end{cases} \quad (6)$$

gde je $H_1=25$ i $H_2=13$. U ovom slučaju algoritam završava ako $L(a)$ ne prođe oba kriterijuma. Prva tačka koja ne prođe bilo koji kriterijum će postaviti granicu šuma za svaki podskup. Algoritam će zatim odrediti donju granicu B_l (za L) kao najveću od malih vrednosti tačaka i B_u (za U) kao najmanju od velikih vrednosti tačaka. Nove granice će definisati status tačke kao u prethodnom stepenu.

Proces detekcije deli lokalni prozor na dve grupe tačaka: dobre tačke G i tačke sa šumom N . Ako $M(i,j)$ predstavlja izlaz median filtra primenjenog samo na dobre tačke tj.

$$M(i, j) = \text{median}\{I(i-s, j-t) \mid I(i-s, j-t) \in G\}. \quad (7)$$

Onda se proces filtriranja slike može opisati na sledeći način:

$$Y(i, j) = \begin{cases} I(i, j) & \text{ako je } I(i, j) \text{ bez šuma,} \\ M(i, j) & \text{ako je } I(i, j) \text{ šum.} \end{cases} \quad (8)$$

Median filter je primenjen na lokalni prozor veličine 5×5 tačaka.

Predloženi algoritam je u radu [9] testiran sa različitim slikama i dao je dobre rezultate.

3. REZULTATI TESTIRANJA I KOMPARATIVNA ANALIZA

3.1 Algoritam određivanja optimalnih parametara

Algoritam za određivanje optimalnih parametara SODA algoritma odvija se u sledećim koracima:

Korak 1: Algoritam SODA primenjen je za eliminaciju impulsnog šuma sa parametrima $T_1=5 \div 25$, uz konstantno $T_2=5$, $T_3=10$, $H_1=25$, $H_2=13$. Određena je pozicija maksimuma PSNR-a i pozicija maksimuma korelacionog koeficijenta r . Time se određuje optimalna vrednost parametara $T_{1\text{opt}}$.

Korak 2: Algoritam SODA primenjen je sa $T_{1\text{opt}}$, dok je parametar T_2 menjan u opsegu $2 \div 10$. Određuje se pozicija maksimuma PSNR-a i pozicija maksimuma korelacionog koeficijenta r . Time se određuje optimalna vrednost parametara $T_{2\text{opt}}$.

Korak 3: Algoritam SODA primenjen je sa $T_{1\text{opt}}$ i $T_{2\text{opt}}$, dok je parametar T_3 menjan u opsegu $5 \div 15$. Određuje se pozicija maksimuma PSNR-a i pozicija maksimuma korelacionog koeficijenta r . Time se određuje optimalna vrednost parametara $T_{3\text{opt}}$.

3.2 Rezultati

Algoritam SODA primenjen je nad test slikom *Lena* (sl.1), dimenzija 512×512 , kojoj je predhodno superponiran impulsnii šum. Testiranje je obavljeno za superponirane impulsne smetnje $p=30\%$ (sl.2). Slika procesirana SODA algoritmom prikazana je na slici 3.



SI.1. Lena (512x512).

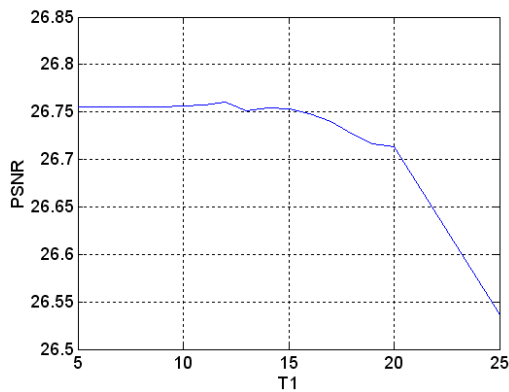


SI.2. Lena izložena šumu od 30%.

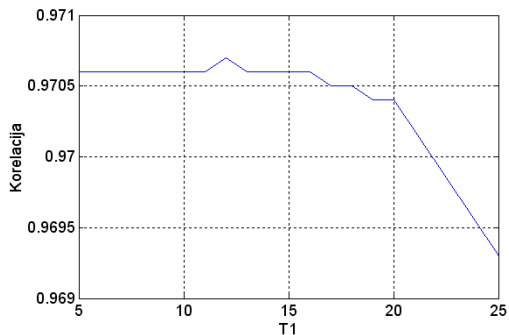


SI.3. Lena posle primene algoritma za eliminaciju šuma.

Rezultati za PSNR i r u funkciji T_1 za $T_2=5$ i $T_3=10$ prikazani su na slici 4 (promena PSNR-a u zavisnosti od T_1) i slici 5 (promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti T_1).

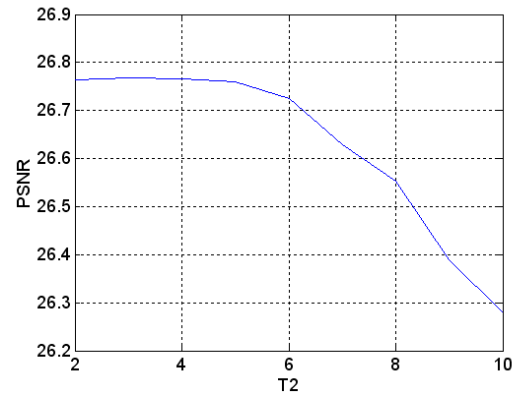


SI.4 Promena PSNR-a u zavisnosti od T_1 .

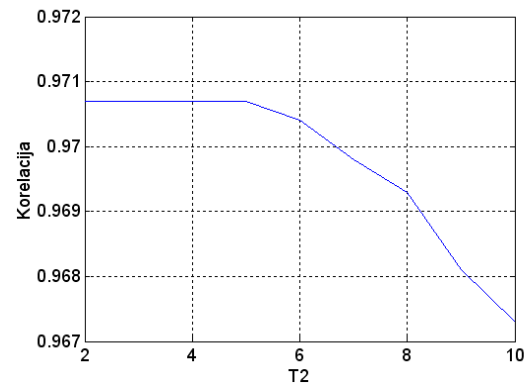


SI.5 Promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti od T_1 .

Rezultati za PSNR i r u funkciji T_2 za T_1 opt., $T_3=10$ prikazani su na slici 6 (promena PSNR-a u zavisnosti od T_2) i slika 7 (promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti T_2).

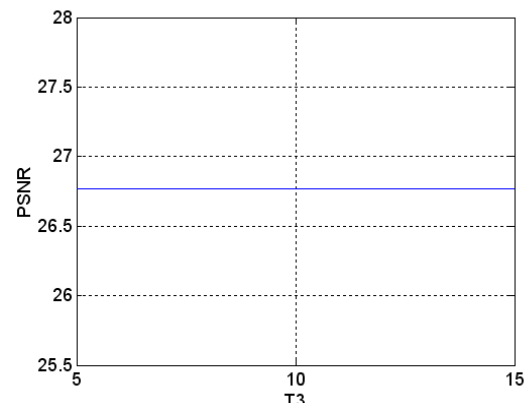


SI.6 Promena PSNR-a u zavisnosti od T_2 .

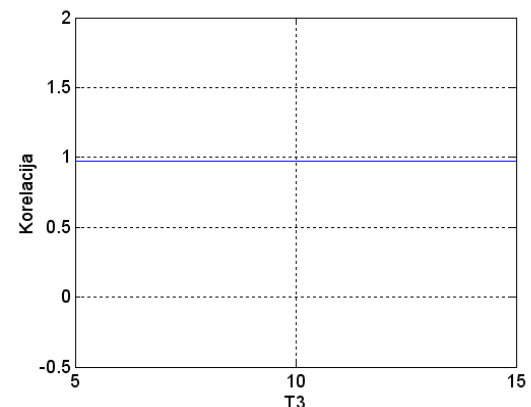


SI.7 Promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti od T_2 .

Rezultati za PSNR i r u funkciji T_3 za T_1 opt., T_2 opt. prikazani su na slici 8 (promena PSNR-a u zavisnosti od T_3) i slika 9 (promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti T_3).



SI.8 Promena PSNR-a u zavisnosti od T_3 .



SI.9 Promena korelacionog koeficijenta r u zavisnosti od T_3 .

3.3 Analiza rezultata

Na osnovu rezultata primene algoritma SODA na sliku *Lena* sa superponiranim impulsnim smetnjama $p=30\%$ odabrane su optimalne vrednosti parametara i to za $T_1=12$ (slike 4 i 5), $T_2=3$ (slike 6 i 7) i $T_3=10$ (slike 8 i 9).

3.4 Komparativna analiza

U cilju komparativne analize efikasnosti SODA algoritma sa predloženim parametrima, izvršena je komparativna analiza rezultata algoritma sa parametrima predloženim u radu [6]. Filtrirane su neke test slike na slici br.10 (*Lena, Elaine, Couple, Boat, Map, Trucks*) kojima su superponirani impulsni šumovi sa $p=10\%$ i $p=30\%$.

Rezultati filtriranja (PSNR, r) prikazani su u tabeli 1 ($p=10\%$) i tabeli 2 ($p=30\%$).

Tabela 1. PSNR i korelacioni koeficijent r za neke test slike kojima je superponiran šum od 10%.

Slika	Parametri [6] $T_1=15, T_2=5, T_3=10$		Predloženi param. $T_1=12, T_2=3, T_3=10$	
	PSNR [dB]	r	PSNR [dB]	r
<i>Lena</i>	38.1084	0.9978	38.2897	0.9979
<i>Couple</i>	28.6348	0.9722	28.5536	0.9717
<i>Elaine</i>	38.3304	0.9978	38.5598	0.9979
<i>Boat</i>	32.7846	0.9922	32.9213	0.9924
<i>Map</i>	28.9138	0.9730	28.9353	0.9731
<i>Trucks</i>	35.7763	0.9930	35.6553	0.9928

Tabela 2. PSNR i korelacioni koeficijent r za neke test slike kojima je superponiran šum od 30%.

Slika	Parametri [6] $T_1=15, T_2=5, T_3=10$		Predloženi param. $T_1=12, T_2=3, T_3=10$	
	PSNR [dB]	r	PSNR [dB]	r
<i>Lena</i>	26.7529	0.9706	26.7678	0.9707
<i>Couple</i>	23.9142	0.9199	23.8974	0.9196
<i>Elaine</i>	26.7022	0.9683	26.7570	0.9687
<i>Boat</i>	25.2021	0.9564	25.3423	0.9577
<i>Map</i>	23.1858	0.9020	23.3465	0.9049
<i>Trucks</i>	26.2046	0.9384	26.1945	0.9382

Na osnovu prikazanih rezultata zaključuje se da:

a) algoritam SODA sa predloženim parametrima pokazuje bolje rezultate u četiri od šest merenja i to za oba slučaja.

b) nema uticaja parametra T_3 na promenu PSNR-a i korelacionog koeficijenta r .



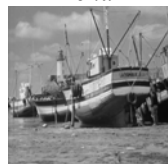
Lena



Elaine



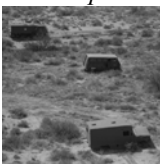
Couple



Boat



Map



Trucks

Sl. 10 Primeri slika za testiranje.

4. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza SODA algoritma za filtriranje impulsnih smetnji, i određeni optimalni parametri T_1, T_2 i T_3 za donošenje odluke o postojanju ili ne postojanju impulsne smetnje na specificiranoj lokaciji u slici. Izbor parametara obrađen je procesiranjem test slike *Lena* kojoj je superponiran impulsni šum $p=30\%$. Efikasnost SODA algoritma sa predloženim optimalnim parametrima testiranja je procesiranje nekih test slika (*Lena, Elaine, Couple, Boat, Map, Trucks*) i upoređen sa rezultatima SODA algoritma predloženim u radu [6]. Kao mera upoređivanja korišćen je PSNR i korelacioni koeficijent r . Nakon toga izvršena je komparativna analiza koja je pokazala blagu prednost kod implementiranja predloženih optimalnih parametara.

LITERATURA

- [1] N. Alajlan, M. Kamel and E. Jernigan, *Detail preserving impulsive noise removal*, Signal Processing: Image Communication 19 (2004) 993-1003.
- [2] H.G. Moreno, S.M. Bascon, M.U. Manso, P.M. Martin, *Elimination of impulsive noise in images by means of the use of support vector machines*, XVI National Symposium of URSI, 2001, pp.1-2.
- [3] S.J Ko, Y.H. Lee, *Center weight median filters and their applications to image enhancement*, IEEE Trans. Circuits Syst. 38 (9) (1991) 984-992.
- [4] H. Hwang, R.A. Haddad, *Adaptive median filters: new algorithms and results*, IEEE Trans. Signal Process. 4 (4) (1995) 499-502.
- [5] S. Yuan and Y. Tan, *Impulse noise removal by a global-local noise detector and adaptive median filter*, Signal Processing 86 (2006) 2123-2128
- [6] D. Dang and W. Luo, *Impulse noise removal utilizing second-order difference analysis*, Signal Processing 87 (2007) 2017-2025.
- [7] T. Chen, H.R. Wu, *Space variant median filters for the restoration of impulse noise corrupted images*, IEEE Trans. Circuits Syst. II 48 (8) (2001) 784-789.
- [8] R. Garnett, T. Huegerich, C. Chui, W. He, *A universal noise removal algorithm with an impulse detector*, IEEE Trans. Image Process. 14 (11) (2005) 1747-1754.
- [9] Z. Stevanović, Z. Milivojević, *The performances of SODA algorithm at watermarking picture applications*, Informacione tehnologije IT'09.
- [10] A. A. Mohammad, A. Alhaj, S. Shaltaf, *An improved SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership*, Signal Processing 88 (2008) 2158- 2180.

ANALIZA KONVEGENCIJE DINAMIČKIH PROTOKOLA RUTIRANJA CONVERGENCE ANALYSIS OF DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS

Ivana Todorović, Stevan Šćepanović, *Prirodno-matematički fakultet, Podgorica*

Sadržaj - U ovom radu, je predložena nova metoda za analizu i procjenu karakteristika protokola rutiranja. Metoda se zasniva na imitacionom modeliranju. Sam model vjerno odražava (simulira) procese koji se dešavaju u ruterima tokom postupka rutiranja paketa u situacijama kad je mreža konfigurisana pomoću RIP ili EIGRP protokola. Model predstavlja relativno jeftin i efikasan način analize vremena konvergencije i omogućava dobijanje neophodnih informacija o performansama rutiranja protokola.

Abstract - Here, we proposed new method of analysis and evaluation of routing protocol performances. This method is based on simulation modeling. Model faithfully reflects (simulates) processes which are happening inside routers during the process of packet routing when the network is configured using RIP or EIGRP. The model represents relatively cheap and efficient way to analyze a convergence time and allows obtaining the necessary information about the performance of routing protocols.

1. UVOD

Razvoj komunikacione tehnologije, kao i eksponencijalni rast broja korisnika uslovlili su uslozljavanje komunikacionih struktura (tj. povećanje broja uređaja i komunikacionih linkova koji se koriste u mrežama). Samim tim administracija i održavanje računarskih mreža postaje sve složenija. Dinamičko rutiranje znatno olakšava administraciju, naročito velikih računarskih mreža.

Dinamički protokoli rutiranja [6] [7] koji se najčešće koriste u savremenim računarskim mrežama su RIP, EIGRP i OSPF [3] [6] [7]. Proces konvergencije [4] u mrežama koje su konfigurisane pomoću RIP/EIGRP protokola biće opisan u nastavku rada.

U radu je predstavljen imitacioni model, koji simulira RIP i EIGRP protokol. Model je otvoren za dalju nadogradnju i proširenje (s obzirom da je napisan na jeziku C++) tako da može naći primjenu kod projektovanja novih protokola rutiranja, koji će imati bolju konvergenciju i manje kašnjenje paketa u ruterima.

2. IMITACIONI MODEL

Programski imitacioni model, koji je korišćen u ovom radu, omogućava unos mreže proizvoljne topologije, odabir jednog od protokola (RIP ili EIGRP) i prikaz ukupnog vremena konvergencije mreže. Međutim, da bi se aplikacija korektno izvršavala potrebno je za svaki ruter popuniti tabelu rutiranja, tabelu povezanosti i tabelu distribucije.

Početne tabelle rutiranja sadrže samo direktno povezane, statičke i difoltnne rute. Ukoliko je mreža konfigurisana pomoću RIP protokola, format tabelle rutiranja je isti kao i format tabelle rutiranja na realnim ruterima. Međutim, ukoliko je mreža konfigurisana pomoću EIGRP protokola, na kraju svakog reda potrebno je dodati širinu propusnog opsega i kašnjenje izlaznog interfejsa. Podrazumijeva se da je širina propusnog opsega izražena u Kbps, a da je kašnjenje izraženo u μs .

Tabela povezanosti ne postoji na realnim ruterima, ali podaci koji se u njoj čuvaju, na ruterima se čuvaju u RAM memoriji. Ovi podaci omogućavaju ruterima komunikaciju sa susjedima, ali koriste se i prilikom izračunavanja metrike. Tabela povezanosti, bez obzira da li se koristi RIP ili EIGRP protokol, u svakom redu čuva sljedeće podatke: broj rutera sa kojim je povezan, IP adresu izlaznog interfejsa, masku izlaznog interfejsa, naziv izlaznog interfejsa, naziv interfejsa koji se nalazi na drugoj strani medijuma, širinu propusnog opsega, kašnjenje izlaznog interfejsa, rastojanje između rutera, kao i brzinu prostiranja električnih signala vodom.

Tabela distribucije, takođe ne postoji na realnim ruterima, ali podaci koji se čuvaju u ovoj tabeli, na ruterima se čuvaju u RAM memoriji. Prilikom konfiguracije RIP i EIGRP protokola, na realnim ruterima, unosi se lista onih mreža koje se šalju ka susjednim ruterima. Međutim, u slučaju upotrebe simulacije, ta lista mreža unosi se u tabelu povezanosti.

U modelu se pretpostavlja da svi ruteri istovremeno startuju protokole rutiranja, tj. da "cold start" počinje na svim ruterima istovremeno.

3. RIP PROTOKOL

Naš imitacioni model dijeli proces konvergencije na cikluse. Broj ciklusa (n), koji je potrebno izvršiti da bi mreža postala konvergentna, za konkretnu topologiju i konkretne konfiguracije rutera, izračunava programski model.

U toku jednog ciklusa, svaki ruter šalje svoje tabelle rutiranja preko svih interfejsa koji su konfigurisani sa RIP protokolom i obrađuje rute koje je dobio od svojih susjeda. Prilikom obrade ruta, moguće su dvije situacije:

- Ukoliko je ruta nova, ruter je uključuje u svoju tabelu rutiranja.
- Ukoliko ruta već postoji, postojeća ruta se mijenja samo ako nova ruta sadrži manji broj čvorova.

Navedeni ciklus se ponavlja sve dok mreža ne dostigne stanje konvergencije, tj. dok se ne desi ciklus koji nije izazvao ni jednu promjenu u tabelama rutiranja.

4. EIGRP PROTOKOL

Kao i u kod RIP protokola, imitacioni model dijeli proces konvergencije na cikluse. Međutim, kod EIGRP rutera postoje dva tipa ciklusa.

Prvi tip ciklusa se dešava samo na početku modeliranja i identičan je ciklusu koji se izvršava u slučaju konfiguracije RIP protokola. Naravno, ukoliko se nije desila ni jedna promjena nakon prvog ciklusa, drugi ciklus se ne izvršava.

U toku drugog ciklusa, svaki ruter šalje samo nove/ažurirane rute samo onim susjedima na koje te promjene utiču i obrađuje rute koje je dobio od svojih susjeda.

Drugi tip ciklusa se ponavlja sve dok mreža ne dostigne stanje konvergencije, tj. dok se ne desi ciklus koji nije izazvao ni jednu promjenu u tabelama rutiranja.

Međutim, prije bilo kakve razmjene informacija o rutiranju, unutar EIGRP domena rutiranja, EIGRP pronalazi sve svoje susjede.

EIGRP za pronalaženje susjeda i uspostavljanje susjedstva koristi *Hello* pakete. U većini mreža EIGRP *Hello* paketi se šalju na svakih 5 sekundi. Međutim, u mrežama čije su brzine 1.544 Mbps ili manje, *Hello* paketi se šalju svakih 60 sekundi. Ruteri koji dobijaju *Hello* pakete u predviđenom vremenskom intervalu, smatraju da je njihova veza sa susjedima validna.

5. VRIJEME KONVERGENCIJE

Dakle, vrijeme konvergencije (t_u) se može izračunati kao suma izvršavanja n ciklusa, tj.

$$t_u = \sum_{i=1}^n t_{c_i} \quad (1)$$

gdje je t_{c_i} vrijeme izvršavanja i -tog ciklusa.

U toku svakog ciklusa, između susjednih rutera, razmijeni se izvjesna količina informacija. S obzirom da model podrazumijeva da procesi rutiranja na svim ruterima startuju istovremeno, kao i da se ažuriranja šalju istovremeno, u toku svakog ciklusa potrebno je izračunati najduže vrijeme prenosa informacija o ažuriranju između dva rutera i na to vrijeme je potrebno dodati vrijeme obrade dobijenih podataka (t_k), koje je u literaturi poznato i kao vrijeme komutacije [1] [2]. Tj.

$$t_c = \max(t_x) + t_k, \quad (2)$$

gdje je t_x vrijeme prenosa informacija o ažuriranju između dva rutera.

Vrijeme prenosa informacija između dva rutera (t_x) [1] [2] obuhvata: vrijeme kašnjenja interfejsa (t_z), vrijeme uspostavljanja veze između dva rutera (t_p), kao i vrijeme prenosa konkretnih informacija (t_r). Tj.

$$t_x = t_z + t_p + t_r. \quad (3)$$

Nakon isteka vremenskog intervala kašnjenja (d) [6], počinje proces slanja ruta. Kašnjenje zavisi od tipa interfejsa preko kojeg se poruka prenosi i izražava se u mikrosekundama. Podrazumijevana vrijednost kašnjenja zavisi od tipa interfejsa, ali može biti promijenjena od strane administratora. Dakle, vrijeme kašnjenja se izračunava na osnovu sledeće formule:

$$t_z = d * 10^{-6}. \quad (4)$$

Da bi bila uspostavljena veza između dva rutera potrebno je da prođe vrijeme propagacije (t_p). Vrijeme propagacije se izračunava po sledećoj formuli:

$$t_p = \frac{L}{C}, \quad (5)$$

gdje je L rastojanje između dva rutera, a C brzina prostiranja signala u električnom vodu.

Vrijeme prenosa podataka (t_r) računa se pomoću formule:

$$t_r = \frac{k}{b * 10^3}, \quad (6)$$

gdje je k količina prenesenih podataka, a $b * 10^3$ širina propusnog opsega (koja je izražena u Kbps).

Ukoliko se koristi RIP protokol, rute se pakuju u RIP format poruke [6], tj. za svaku rutu potrebno je 5 redova i za zaglavlje još jedan dodatni red. Veličina svakog reda je 32 bita. Međutim, na RIP poruku, potrebno je dodati: zaglavlje RIP poruke (32 bita), UDP zaglavlje (2*32 bita), IP zaglavlje (6*32) i data link zaglavlje (56 bita ako je link serijski, odnosno 27 bajta ako je link *Fast Ethernet*). Dakle,

$$k = brp * 5 * 32 + h, \quad (7)$$

pri čemu je:

- brp broj poslatih ruta (koje je izračunala aplikacija)
- $h = 10 * 32 + 24$ za serijske linkove
- $h = 9 * 32 + 27 * 8$ za *Fast Ethernet* linkove.

Ukoliko se koristi EIGRP protokol, rute se pakuju u EIGRP format poruke [6], tj. za svaku rutu potrebno je 7 redova. Veličina svakog reda je 32 bita. Na EIGRP poruku potrebno je dodati: zaglavlje EIGRP poruke (4*32 bita), IP zaglavlje (6*32) i data link zaglavlje (56 bita ako je link serijski, odnosno 27 bajta ako je data link *Fast Ethernet*). Dakle,

$$k = brp * 7 * 32 + h, \quad (8)$$

pri čemu je:

- brp broj poslatih ruta (koje je izračunala aplikacija)
- $h = 11 * 32 + 24$ za serijske linkove
- $h = 10 * 32 + 27 * 8$ za *Fast Ethernet* linkove.

Na osnovu prethodnog (1)-(8) zaključuje se da se ukupno vrijeme konvergencije (t_u) izračunava po sledećoj formuli:

$$t_u = \sum_{i=1}^n (\max(d_i * 10^{-6} + \frac{brp_i * p * 32 + h}{b_i * 10^3} + \frac{L_i}{C_i}) + t_{k_i}) + t_h \quad (9)$$

pri čemu je $t_h = 0$ za RIP protokol, dok u slučaju konfiguracije EIGRP protokola t_h je vrijeme slanja *Hello* paketa i u radu će biti obrađena dva slučaja. Najmanje

vrijeme slanja *Hello* paketa biće označeno sa t_{h_1} , dok će najveće biti označeno sa t_{h_2} .

Može se desiti da ni jedan ruter u mreži ne šalje istovremeno informacije o ažuriranju i *Hello* informacije. U tom slučaju vrijeme slanja *Hello* paketa jednako je najdužoj razmjeni *Hello* paketa prilikom "cold start"-a. Analogno sa formulom za t_u (9), zaključuje se da je najmanje vrijeme slanja *Hello* paketa:

$$t_{h_1} = \max(d * 10^{-6} + \frac{p * 32 + h}{b * 10^3} + \frac{L}{C}) * 2, \quad (10)$$

pri čemu $p=3$, jer *Hello* paket sadrži samo tri reda.

Međutim, može se desiti da se slanje *Hello* paketa nikad ne pokapa sa ažuriranjima RIP/EIGRP protokola. Tada, potrebno je naći broj *Hello* paketa koji se šalju.

Ako su širine propusnih opsega svih linkova manje od 1544Mbps, broj *Hello* paketa koji se šalju (r) je:

$$r = \left\lceil \frac{t_u + t_{h_1}}{60} \right\rceil + 1. \quad (11)$$

Međutim, ako postoji link čija je širina propusnog opsega veća od 1544Mbps, broj *Hello* paketa koji se šalju (r) je:

$$r = \left\lceil \frac{t_u + t_{h_1}}{5} \right\rceil + 1. \quad (12)$$

U tom slučaju zaključuje se, na osnovu (10)-(12), da je najveće vrijeme slanja *Hello* paketa:

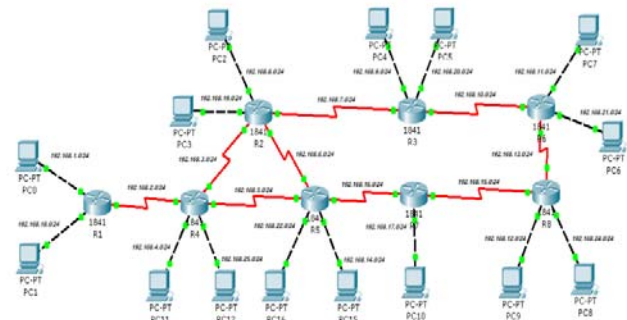
$$t_{h_2} = \sum_i^r \max(d_i * 10^{-6} + \frac{p_i * 32 + h_i}{b_i * 10^3} + \frac{L_i}{C_i}) + t_{h_1}. \quad (13)$$

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Zbog ograničenja RIP protokola, posmatrane su samo mreže koje imaju manje od 15 rutera.

Imitacioni model je pokazao da EIGRP ima manje vrijeme konvergencije samo ako se mreža sastoji od velikog broja rutera čije su brzine propusnih opsega male (u takvim situacijama EIGRP šalje manje informacija ka susjedima). U svim ostalim slučajevima RIP ima manje vrijeme konvergencije.

Vrijeme konvergencije RIP protokola je značajno manje od vremena konvergencije EIGRP protokola ukoliko se posmatraju slučajevi kada se *Hello* paketi ne šalju paralelno sa informacijama o ažuriranju a mreža je povezana brzim linkovima, kao i u situacijama kada je mreža kreirana od malog broja rutera koji su spojeni sporim linkovima.



Slika 1 Primjer laboratorijske mreže

Na Slici 1 prikazan je primjer laboratorijske mreže, a na Slici 2 rezultati dobijeni pomoću imitacionog modela. Prilikom testiranja važno je sledeće: rastojanje između rutera 2km, brzina prenosa signala vodom $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ i vrijeme komutacije $t_k = 100 \mu s$.



Slika 2 Rezultati testiranja

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu uz pomoć metode imitacionog modeliranja, vršena je uporedna analiza vremena konvergencije dva popularna dinamička protokola rutiranja (RIP i EIGRP) u situacijama kada ruteri istovremeno startuju protokole rutiranja. Rezultati koji su prikazani u ovom istraživanju, dobijeni su pomoću imitacionog modela, koji je dizajniran da simulira RIP i EIGRP.

Istraživanje je pokazalo da EIGRP ima manje vrijeme konvergencije u mrežama koje imaju veliki broj rutera i male širine propusnih opsega. U svim ostalim slučajevima RIP ima manje vrijeme konvergencije.

Za razliku od EIGRP protokola, koji je licenciran i zahtijeva viši nivo obuke administratora, RIP je jednostavniji i predstavlja industrijski standard koji se može naći na ruterima većine proizvođača. Ako se uzmu u obzir i rezultati našeg istraživanja, u pogledu vremena konvergencije, zaključuje se da je upotreba RIP protokola pogodnija od upotrebe EIGRP protokola, u mrežama koje imaju manje od 15 rutera i kod kojih razlike u propusnom opsegu komunikacionih linkova nisu velike.

LITERATURA

- [1] Berhouz A, Forouzan: *Data Communications and Networking*, McGraw-Hill International Edition, 2007
- [2] Andrew S. Tandenbaum: *Computer Networks*, Prentice-Hall International, Inc. 1996
- [3] Esuendale Shewandagn Lemma, Syed Athar Hussain, Wendwossen Worku Anjelo: *Performance Comparison of EIGRP/IS-IS and OSPF/IS-IS*, Blekinge Institute of Technology 2009
- [4] Goetz Lichtwald i Uwe Walter, Martina Zitterbart: *Improving Convergence Time of Routing Protocols*, Institute of Telematics i University of Karlsruhe, Germany
- [5] Mansford E. Drumond Jr.: *Evaluation and mesurement techniques for digital computer systems*, Prentice-Hall, Inc. New Jersey 1973
- [6] <http://www.netacad.ac.me>
- [7] Jeff Doyle: *Dynamic Routing Protocols*, Cisco Press 2001

PRINCIP ODREĐIVANJA NAJBOLJEG DEKOMPOZICIONOG NIVOVA WAVELET TRANSFORMACIJE ZA DETEKCIJU QRS TALASA

PRINCIPLE OF DETERMINATION THE BEST DECOMPOSITION LEVEL OF WAVELET TRANSFORM FOR QRS WAVE DETECTION

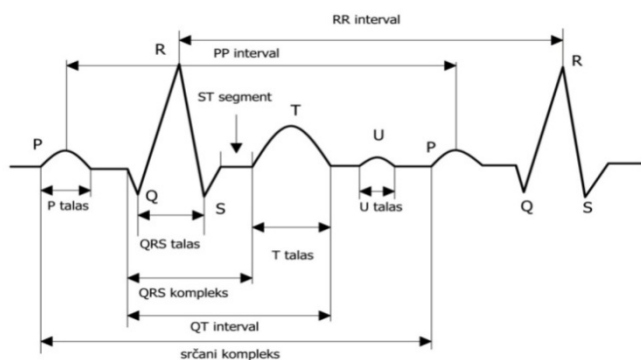
Marija Mirković, Radovan Strojanović, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica*

Sadržaj – Metoda koja se pokazala jako efikasnom u procesiranju elektrokardigrafskog (EKG) signala, naročito u detekciji QRS kompleksa, otklanjanju šuma i kompresiji, jeste Wavelet transformacija. U ovom radu biće prikazano kako se vrši procjena najboljeg nivoa dekompozicije Wavelet transformacije za obradu EKG signala i na koji način izabrani modifikovani Haar-ov wavelet u okviru Wavelet transformacije utiče na kvalitet detekcije QRS kompleksa. Posmatran je realni signal sa šumom, pri tome odabran na različitim frekvencijama. Izvršena je dekompozicija EKG signala do 5-tog nivoa, a zatim metodom zero-crossing detekcija QRS talasa.

Abstract – One technique that has proved efficient in electrocardiogram (EKG) signal processing, especially in the detection of QRS complexes, reduction of noise and compression is Wavelet Transform. In this paper it is shown how to estimate the best level of decomposition of Wavelet transforms for ECG signal processing and how the selected modified Haar's wavelet in the Wavelet transformation affects the quality of detection of QRS complexes. We consider a real signal from noise, when it is selected at different frequencies. Made the decomposition of ECG signal to 5-th level, and then detection of QRS wave using zero-crossing.

1. UVOD

Elektrokardiogram (EKG) predstavlja grafički prikaz električne aktivnosti srca. Od velike je važnosti da detekcija ovog signala bude izvršena sa maksimalnom tačnošću. EKG signal se sastoji iz nekoliko karakterističnih talasnih oblika koji se periodično ponavljaju [1]. To su: **P talas**, **QRS kompleks** i **T talas**. Ovim talasima predstavljaju se određene faze srčanog ciklusa, Slika 1.



Slika 1. Prikaz jednog srčanog ciklusa sa karakterističnim talasima i intervalima

QRS kompleks je dominantni dio EKG signala. Na osnovu vremena u kojem se javlja i oblika QRS kompleksa, dobijaju se značajne informacije o stanju srca. Stoga je detekcija QRS kompleksa potrebna u svim slučajevima, počev od prostog računanja srčanog pulsa do uspostavljanja neke kompleksne dijagnoze. Ostali talasi EKG signala, P talas i T talas su uglavnom premali da bi se detektovali ili često imaju karakteristike koje su slične šumu. Zbog svog karakterističnog oblika QRS kompleks se koristi: kao polazna

tačka u algoritmima za kompresiju EKG podataka, za određivanje frekvencije srčanog ritma, za određivanje varijabilnosti srčanog ritma (HRV – Heart Rate Variability), za proučavanje aritmija i njihovu klasifikaciju, određivanje porijekla promjene normalnog ritma (tahikardija, bradikardija, preskoci fibrilacija komora, fibrilacija pretkomora...), za dijagnozu ishemijske i srčanog infarkta, za određivanje upala srca, karditis (miokarditis, perikarditis), za određivanje dejstva lijekova, itd [2].

Dio električnih impulsa, koji se prostiru srcem, prostire se i na okolno tkivo. Mali dio tih impulsa dolazi do kože. Elektrodama, koje se nalaze na koži pacijenta, moguće je detektovati ove električne impulse. Signali koji se detektuju elektrodama nazivaju se *odvodi* ili preciznije rečeno signal detektovan parom elektroda čini jedan odvod. Standardni EKG se sastoji od 12 odvoda. On se sastoji od 6 perifernih i 6 prekordijalnih odvoda. Na standardnom EKG izvještaju nalazi se svih 12 odvoda. Za potrebe telemedicine, kućne njege, „portable“ uređaja i uređaja sportske i rehabilitacione medicine upotrebljavaju se uprošćene konfiguracije odvoda. Naime, u tim slučajevima je potrebno pratiti samo „vitalne znake“ kao što su: puls, njegovu varijabilnost, aritmije itd. za šta nije potreban detaljan EKG signal. Tada poziciju elektroda u većoj mjeri diktira jednostavnost priključivanja uređaja kao i broj i dužina provodnika. Poželjan je što manji broj elektroda i njihovo jednostavno montiranje.

Prilikom istraživanja prezentiranih u ovom radu korišćen je modifikovani Lead I sistem sa 3 elektrode, i sistem u kojem se EKG signal uzima jednostavno sa vrhova prstiju ili dlanova ruku. To su takozvani EKG sistemi bez mase („ground free“), koji zahtijevaju specijalne i visokokvalitetne diferencijalne pojačavače, jer je uticaj šuma izražen.

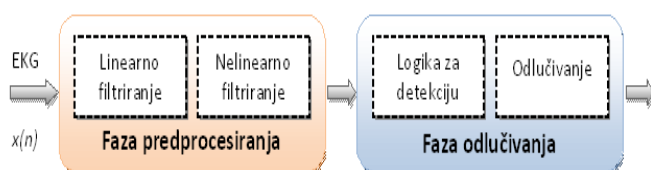
2. WAVELET TRANSFORMACIJA U DETEKCIJI QRS KOMPLEKSA

Prije nego što se počne sa analizom EKG signala, veoma je bitno znati u kom frekvencijskom opsegu se nalaze

komponente značajne za njegovu analizu. Rekli smo da se EKG signal sastoji od QRS kompleksa, P talasa, T talasa, smetnji prouzrokovanih naponom napajanja, smetnjama koje unose mišići prilikom prolaska električnih impulsa kroz njih i smetnjama prouzrokovanim lošim kontaktom između elektroda i kože.

Pošto su frekventne komponente QRS kompleksa u opsegu od 10Hz do 25Hz, za filtriranje nam treba propusnik opsega koji se obično realizuje kaskadnom vezom filtra nisko-propusnika i filtra visoko-propusnika opsega. Na nižim frekvencijama imamo smetnje koje prouzrokuju P i T talasi, a na višim frekvencijama smetnje prouzrokovane napajanjem i smetnje prouzrokovane mišićima.

Na samom početku razvoja softvera za detekciju QRS kompleksa predložena je struktura koju i danas koriste mnogi algoritmi. Ta struktura prikazana je na Slici 2.



Slika 2. Faze u analizi EKG signala

Zadnjih nekoliko godina za analizu EKG signala sve češće se koristi Wavelet transformacija koja se pokazala kao veoma efikasna metoda za obradu medicinskih signala.

Fourier-ova transformacija daje samo amplitudno-frekvencijska svojstva datog signala, dok je informacija o vremenu izgubljena, zato je ona neprimjenjiva u situacijama kada istovremeno postoji zahtjev za vremenskim i frekvencijskim informacijama, kao što je to slučaj kod detekcije QRS talasa. Pokušalo se i sa analizom EKG signala pomoću STFT (Short Time Fourier Transform). Međutim, osnovno ograničenje STFT transformacije je konstantna širina propusnog opsega filtra koja nije primjerena analizi QRS kompleksa, čije se frekvencijske komponente mijenjaju. Takođe, konstantna širina prozora ne odgovara promjenama trajanja QRS kompleksa. Zato je osnovna prednost Wavelet transformacije vremensko-frekvencijska lokalizacija, što znači da je većina energije waveleta ograničena na konačni vremenski interval. Osim toga, Wavelet transformacija daje dobru vremensku rezoluciju na visokim frekvencijama, a pošto su kod EKG signala najbitnije komponente na visokim frekvencijama i kratkog trajanja, wavelet-i predstavljaju idealan alat za analizu EKG signala [4].

Kao što je sinusoida osnovna funkcija Fourier-ove transformacije, *wavelet* (talasić) je osnovna funkcija Wavelet transformacije. Skaliranja i translacije osnovnog wavelet-a (*mother wavelet-a*) $\psi(t)$, definišu wavelete:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a > 0 \quad (1)$$

Mother wavelet se još naziva i osnovna ili bazična funkcija. Kao i sinusoida, wavelet je oscilatorna funkcija (ima srednju vrijednost nula), ali je za razliku od sinusoide, različita od nule samo na konačnom intervalu. Zbog oscilatorne prirode nazvana je talasom, a zbog ograničenog trajanja malim talasom ili talasićem (wavelet). Kao i sinusoida, promjenom parametra a - može se skupljati ili

širiti (*dilatacija*), a promjenom parametra b - pomjerati duž vremenske ose (*translacija*).

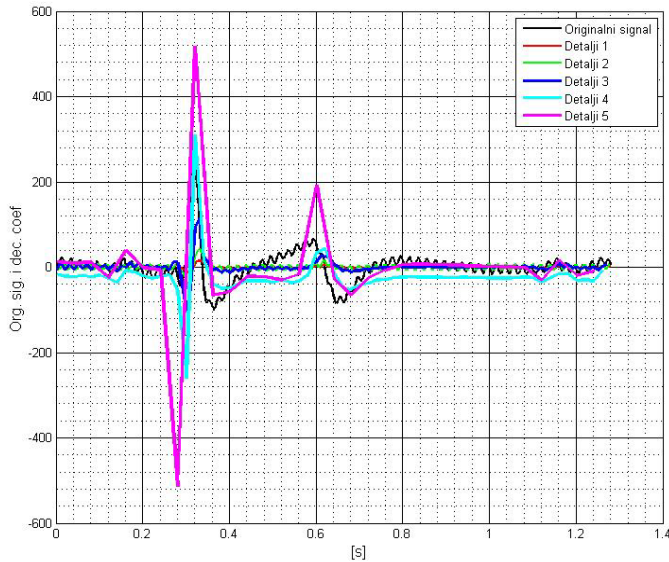
Primjenom WT na EKG signal vršimo dekompoziciju signala na različite skale, dobijajući aproksimacije i detalje. Aproksimacije signala su te koje definišu identitet, dok detalji predstavljaju nijanse signala, a kod EKG signala to su QRS kompleksi. Proces primjene WT se može ponavljati više puta, ali samo zadnji aproksimacijski nivo je taj koji se koristi za rekonstrukciju signala.

Jedna od primjena Diskretne Wavelet transformacije (DWT) odnosi se na uklanjanje šuma iz signala. Kod EKG signala taj proces se sastoji iz tri uzastopne procedure: dekompozicije EKG signala, postavljanje praga DWT koeficijenata (*thresholding*) i rekonstrukcije. Prvo vršimo dekompoziciju EKG signala do N nivoa. Zatim, primjenjujemo *thresholding* na koeficijente detalja. Uklanjanje šuma metodom praga temelji se na činjenici da WT kompresuje energiju signala u relativno mali broj koeficijenata visokih vrijednosti. Preostali koeficijenti, malih vrijednosti, sadrže zanemarljivu informaciju i mogu se izostaviti iz razmatranja bez gubitka informacije o signalu.

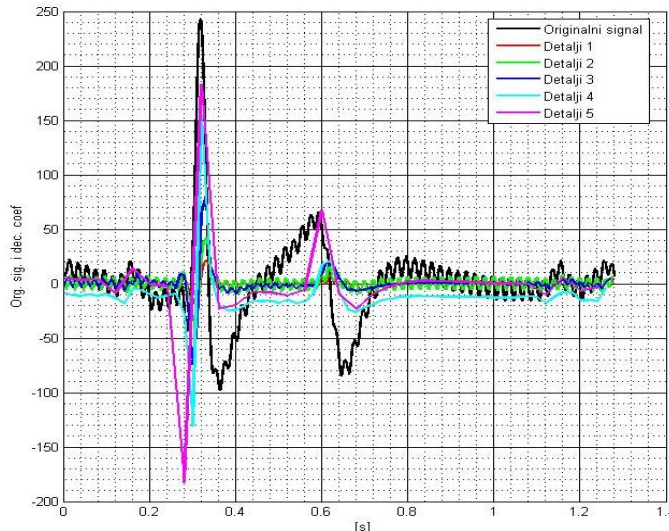
Većina algoritama za detekciju QRS kompleksa se bazira na Mallat-ovom i Hwang-ovom pristupu za detekciju singulariteta signala i njihovu klasifikaciju pomoću lokalnih maksimuma wavelet funkcije signala [5]. Oni su proučavali vezu između singulariteta signala $x(t)$ i lokalnih maksimuma njegove Wavelet transformacije $Wx(t)$. Zaključili su da ako signal $x(t)$, na koji se primenjuje transformacija ili neki njegov izvod, ima diskontinuitet, onda $Wx(t)$ ima lokalne maksimume na nekoliko susjednih skala u trenutku pojave diskontinuiteta. Tako da se početak i kraj QRS kompleksa se određuju detekcijom para modula maksimuma pojedinih skala Wavelet transformacije, a prolazak kroz nulu (*zero-crossing*) Wavelet transformacije omogućuje lociranje oštih promjena u signalu.

3. REZULTATI ANALIZE

Za testiranje je korišćen realni EKG signal sa šumom, pri tome odabran na različitim frekvencijama. QRS kompleks je izolovan i izvršena je njegova dekompozicija do 5-tog nivoa pomoću integer Haar waveleta. Maksimalan broj dekompozicijskih nivoa značajno zavisi od ukupnog broja odbiraka signala koji posmatramo, tj. od frekvencije odabiranja, kao i od tipa smetnji. Frekvencija odabiranja direktno utiče na kvalitetet dekompozicije, a samim tim i na detektovanja QRS kompleksa. Jednostavno, signal odabran sa većom frekvencijom daće bolje mogućnosti u detekciji QRS kompleksa. Takođe, pre-filtriranje signala ima uticaja na to dokle ići u dekompoziciji. Na Slikama 3. i 4. prikazan je RR interval EKG signala zajedno sa detaljima do 5-tog dekompozicionih nivoa, za različite frekvencije odabiranja, 400Hz i 800Hz. Vidi se da su koeficijenti 3-ćeg, 4-tog i 5-tog nivoa dekompozicije značajno izraženi i korendiraju sa QRS pikom. To znači da maksimum, minimum ili zero-crossing ovih koeficijenata može poslužiti kao polazna tačka u detekciji pozicije QRS pika. Pri tom se dodatno vidi da je šum prilično filtriran poslije 3-ćeg dekompozicionog nivoa.



Slika 3. RR interval originalnog EKG signala zajedno sa detaljima dobijenim dekompozicijom signala na 4 nivoa Haar transformacijom, pri frekvenciji odabiranja 400Hz



Slika 4. RR interval originalnog EKG signala zajedno sa detaljima dobijenim dekompozicijom signala na 5 nivoa Integer Haar transformacijom, pri frekvenciji odabiranja 800Hz

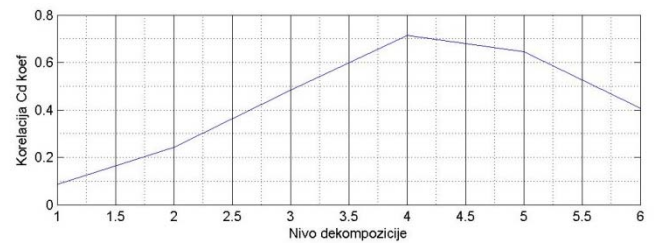
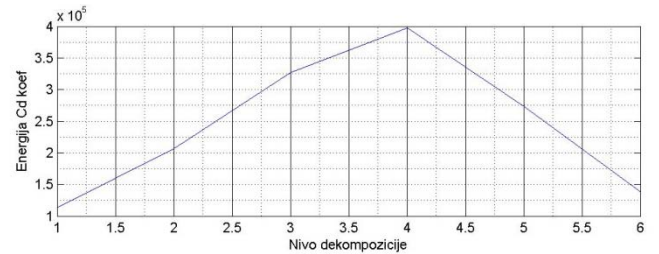
Postavlja se pitanje: *Da li postoji određeni kvantitativni pokazatelj koji od dekompozicionih nivoa može najbolje poslužiti za detekciju QRS kompleksa?* Prema određenim autorima u [3], mogu korisno poslužiti energija koeficijenata detalja i njihova kros-korelacija sa originalnim EKG signalom, jednačine (2), (3). Tada treba uzeti u obzir prefiltriranje i frekvenciju odabiranja. Energija koeficijenata detalja računata je relacijom:

$$E_j = \sum_{k=1}^N (D_j[k])^2 \quad (2)$$

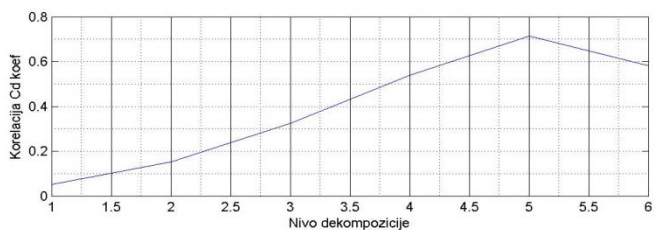
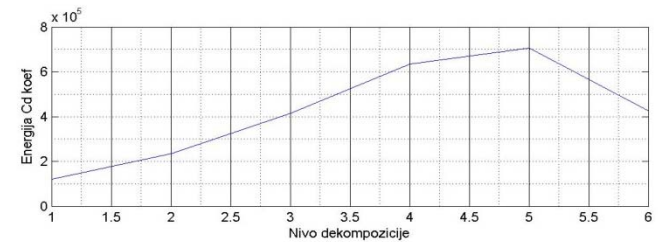
gdje N ukupan broj koeficijenata detalja dekompozicionog nivoa, a j određena skala za koju se računa energija, k cijeli broj. A kros-korelaciona analiza koeficijenata detalja $D[k]$ određene skale i originalnog signala:

$$CORR[n] = \sum_{k=0}^{N-1} D_j[k] \cdot X[k+n] \quad (3)$$

Na Slikama 5. i 6. je pokazano kako maksimum energije koeficijenata i njihove korelacije u zavisnosti od frekvencije odabiranja, može dati informaciju koji od dekompozicionih nivoa može najbolje poslužiti za detekciju QRS kompleksa. U slučaju 400Hz dalo bi se zaključiti da je to 4-ti dekompozicioni nivo, a u slučaju 800Hz, 5-ti.



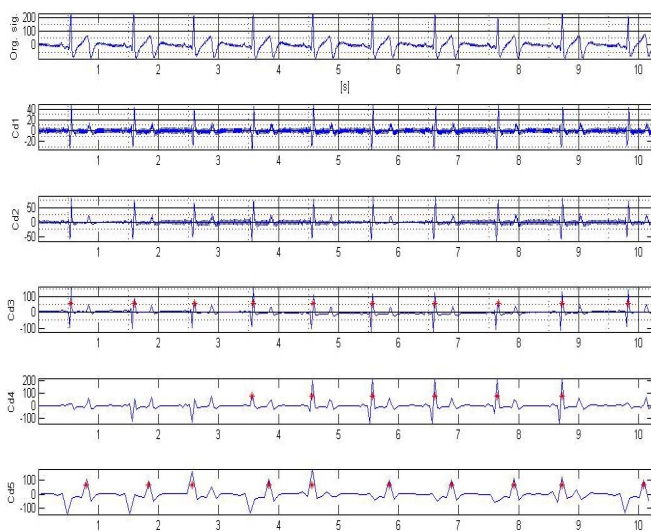
Slika 5. Najbolji dekompozicioni nivo za QRS detekciju pri frekvenciju odabiranja 400Hz



Slika 6. Najbolji dekompozicioni nivo za QRS detekciju pri frekvenciju odabiranja 800Hz

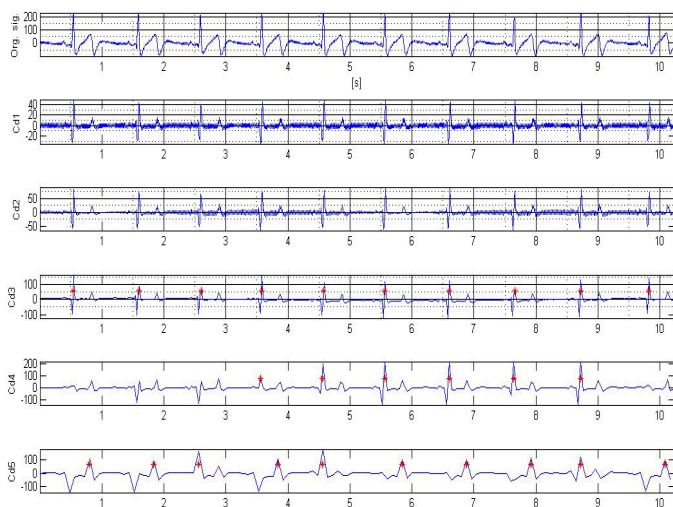
Međutim, tokom naših istraživanja došli smo do zaključka da se gornja konstatacija u vezi energije i kros-korelacije mora uzeti sa rezervom u slučaju realnih EKG signala. Da bismo verifikovali ovakvu tvrdnju napravili smo posebne MATLAB programe, koji pomoću Integer WT vrše dekompoziciju do određenog nivoa, a zatim metodom zero-crossing pronalaze poziciju R pika.

Na Slikama 7. i 8. prikazani su slučajevi kod kojih se najbolja detekcija vrši na trećem nivou dekompozicije, iako energetski i kros-korelacioni pristup tvrde da su za to bolji 4-ti i 5-ti nivo.



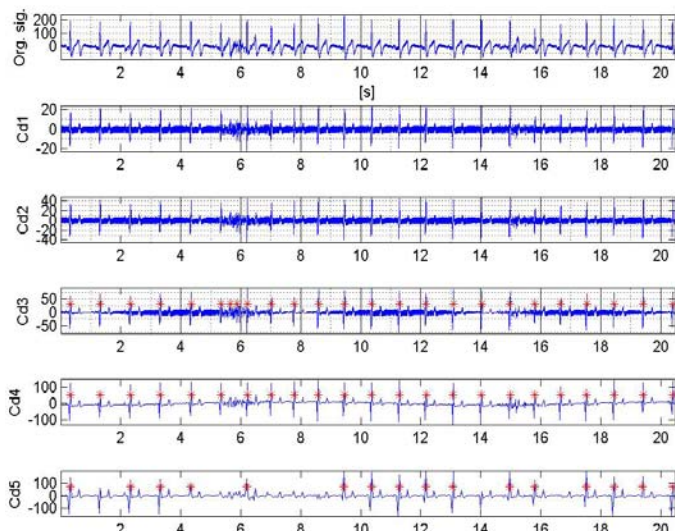
Slika 7. Prikaz originalnog EKG signala i detalja za 5 nivoa dekompozicije dobijenih Haar transformacijom sa detektovanim QRS kompleksima, pri frekvenciji odabiranja 400Hz.

Može se primijetiti da su smetnje (kao što su interferencija mrežnog napajanja, šum usljed kontrakcije mišića) uglavnom na skalama d1 i d2. Tako da je sva energija QRS kompleksa uglavnom na skalama d3, d4 i d5, pa se one mogu koristiti za detekciju QRS kompleksa, ali treba primijeniti kombinovani pristup u određivanju tačnog nivoa.



Slika 8. Prikaz originalnog EKG signala i detalja za 5 nivoa dekompozicije dobijenih Integer Haar transformacijom, sa detektovanim QRS kompleksima, pri frekvenciji odabiranja 400Hz

Slika 9. prikazuje slučaj signala odabranog pri 800Hz koji posjeduje i artefakt. Ovdje nijesmo dobili najbolje rezultate na trećem dekompozicionom nivou nego na četvrtom. Sve to ukazuje da problem određivanja nivoa dekompozicije realnog EKG signala nije prost i da se moraju uzeti u obzir mnogi faktori: frekvencija odabiranja, pre-filtriranje signala, energija, kros-korelacija, šum signala.



Slika 9. Prikaz originalnog EKG signala sa smetnjama i detalja za 5 nivoa dekompozicije dobijenih Integer Haar transformacijom, sa detektovanim QRS kompleksima, pri frekvenciji odabiranja 800 Hz.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je kako se vrši procjena najboljeg nivoa dekompozicije Wavelet transformacije za obradu EKG signala. Wavelet transformacija je primijenjena na realni EKG signal sa šumom, pri tome odabran različitim frekvencijama. Rezultati su pokazali da koeficijenti 3-ćeg, 4-tog i 5-tog nivoa dekompozicije značajno izraženi i korenspondiraju sa QRS pikom. To znači da maksimum, minimum ili zero-crossing ovih koeficijenata može poslužiti kao polazna tačka u detekciji pozicije QRS pika. Takođe, pokazano je da se prilikom određivanje najboljeg dekompozicionog nivoa WT moraju uzeti u obzir: frekvencija odabiranja, pre-filtriranje signala, energija, kros-korelacija, šum signala.

ZAHVALNOST: Dio istraživanja u ovom radu je realizovan uz pomoć projekta „Novi koncept u razvoju WHC sistema“, finansiranom od strane Ministarstva prosvjete i nauke Crne Gore.

LITERATURA

- [1] Andrew T. Reisner, Gari D. Clifford, Roger G. Mark, “*Advanced methods and tools for ECG data analysis*”, Artech House Publishers, 2006.
- [2] Swagatika Priyadarshini, “*ECG Signal Analysis Enhancement and R-peak Detection*”, Department of Electronics and Communication Engineering National Institute of Technology, Rourkela, India, 2010.
- [3] Awadhesh Pachauri, and Manabendra Bhuyan, “*Robust Detection of R-Wave Using Wavelet Technique*”, World Academy of Science, Engineering and Technology 56 2009
- [4] Paul S Addison, “*Wavelet transforms and the ECG*”, Physiological Measurement, Vol.26, R155-R199, 2005.
- [5] S. Mallat and W.L. Hwang, “*Singularity detection and processing with wavelets*,” IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 38, pp. 617-643, 1992.

UPOREDNA ANALIZA TIPOVA VPN ENKRIPCIJE I IZBOR VPN ENKRIPCIJE ZA VPN SERVIS AKADEMSKE MREŽE UNIVERZITETA CRNE GORE COMPARATIVE ANALYSIS OF TYPES VPN ENCRYPTION AND SELECTION FOR VPN SERVICE OF ACADEMIC NETWORK UNIVERSITY OF MONTENEGRO

Matija Tomčić, *Elektrotehnički fakultet*

Vladimir Gazivoda, *Centar Informacionog Sistema Univerziteta Crne Gore*

Sadržaj - *Virtualne privatne mreže su jedan od najpopularnijih rešenja koji se koriste za povezivanje dvije ili više udaljenih lokacija u jedinstvenu lokalnu računarsku mrežu preko javne infrastrukture (Interneta). Za bezbjedan prenos podataka kroz ovu mrežu koristi se enkripcija podataka, čime je omogućena sigurna razmjena podataka između korisnika unutar VPN sistema. Ovaj rad opisuje, pored uvodnih definicija, vrste enkripcija koji se koriste u VPN tehnologiji. U radu su definisani algoritmi koji se najčešće koriste u VPN enkripciji (dat je predlog konfigurisanja enkripcije kod Cisco ASA 5540), kao i uporedna analiza dvije enkripcije koje se koriste kod VPN.*

Abstract - *Virtual private networks are one of the most popular solutions that are used to connect two or more distant locations in unique local area network over a public infrastructure (internet). For the safe data transfer through this network is used data encryption, enabling the secure exchange of data between users within the VPN system. This work describes, besides introductory definitions, the types of encryptions which is used in VPN technology. The work defines the algorithms that are commonly used in VPN encryption (a suggestion configuring encryption for Cisci ASA 5540), as well as the comparative analysis of two encryptions used by VPN.*

1. UVOD

U doba kada je obavljanje poslovnih zadataka putem Interneta postalo dio svakodnevnice, problemi udaljenog pristupa još su naglašeniji. Jedno od najpopularnijih rešenja koje se danas koristi u ovu svrhu su virtualne privatne računarske mreže (*engl. Virtual Private Networking*), tehnologija koja je razvijena isključivo kako bi korisnicima omogućila udaljeni i siguran pristup internim resursima.

Akadska mreža Univerziteta Crne Gore (AMUCG) sastoji se od svih članica Univerziteta Crne Gore i određenog broja naučno-istraživačkih ustanova. Sve članice AMUCG su povezane sopstvenom optikom ili iznajmljenom optikom preko MIPNET-a T-COM mreže. Opravdanost izbora iznajmljenih linija je u velikom broju korisnika jedinice i neophodnosti takvog izbora. Međutim, za manje članice je izbor iznajmljene linije preko optike neopravdan, i osnovano se biraju tehnologije manjeg kapaciteta (ADSL i sl.). Centar Informacionog Sistema korisnicima AMUCG nudi nemali broj servisa, dok su neki od njih sa veoma povjerljivim podacima. Pristup ovim podacima u okviru AMUCG je zaštićen i kontrolisan, ali nastaje problem ukoliko tim podacima treba da se pristupi iz spoljne mreže, odnosno interneta. Stoga se nametnulo rješenje pružanja servisa za pristup povjerljivim podacima iz javne mreže. VPN tehnologija je u okviru Akadske mreže izabrana kao najbolje i najprihvatljivije rešenje za siguran pristup povjerljivim servisima koje nudi svojim podružnim jedinicama.

U Centru Informacionog Sistema UCG je implementirana Cisco ASA 5540, i nakon poređenja sa Microsoft Windows 2008R2 VPN serverom, izabrana kao server za VPN servis.

Radi što bolje performansi veze između korisnika računara i VPN servera u ovom slučaju Cisco ASA 5540, izabrano se rešenje sa split tunnelingom, kako bi se stvorio jedinstven tunel samo za pristup servisima koje nudi Akadska mreža, ne i ka ostalom dijelu internet.

VPN omogućava dvije tehnike zaštite podataka: *tunelovanje i enkripciju.*

Tunelovnje je metod pakovanja paketa informacija unutar IP paketa tako da može biti sigurno poslat preko Interneta ili privatne IP mreže..

Enkripcija je proces uzimanja svih podataka koje jedan kompjuter šalje drugome i kodiranja tih podataka u oblik koji će moći dekodirati samo kompjuter kojem su ti podaci namijenjeni.

VPN enkripciju generalno možemo podijeliti u 2 grupe:

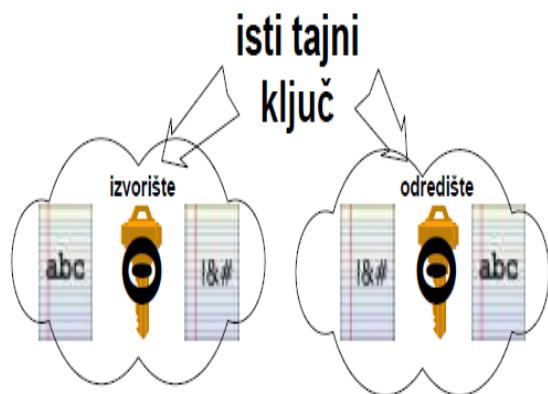
- ✓ Simetričnu
- ✓ Asimetričnu.

U radu će biti detaljnije opisani tipovi VPN enkripcije unutar Akadske mreže kao i njihova uporedna analiza.

2. SIMETRIČNA VPN ENKRIPCIJA

Kod simetrične VPN enkripcije koristi se isti ključ i za šifrovanje i za dešifrovanje. Bitan faktor je brzina – simetrična VPN enkripcija je veoma brza, što je dobro sa stanovišta performansi VPN *gateway-a*. Pored svih mogućnosti koje ima na polju sigurnosti i brzine algoritma, postoji i jedan veliki nedostatak. Kako prenijeti tajni ključ?

Problem je u tome, što ako se tajni ključ presretne, poruka se može pročitati.



Slika 1. Simetrična VPN enkripcija.

Na slici 1. je prikazana simetrična enkripcija. Sigurnost ovakvih algoritama temelji se na tajnosti ključa, a zbog činjenice da se isti ključ koristi za kriptovanje i dekriptovanje, algoritmi se nazivaju *simetričnima*. Postoji čitav niz algoritama koji se koriste za simetričnu VPN enkripciju, a među najčešće korištenima su:

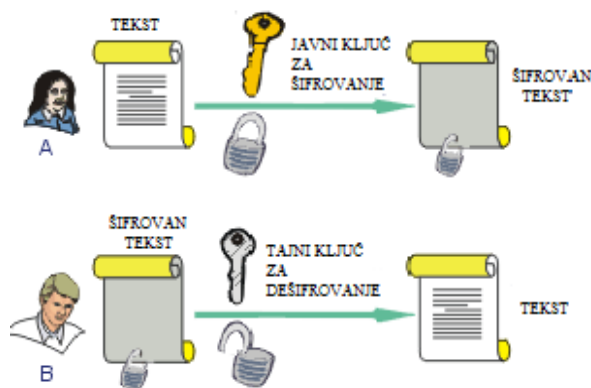
- ❖ *DES (Data Encryption Standard)* algoritam je jedan od najpoznatijih i najrasprostranjenih simetričnih algoritama. DES je razvijen tokom 70-ih godine u IBM-u, 1977. god., prihvaćen je od Američke vlade kao standard za zaštitu podataka. Glavna mana mu je, što se DES ne smatra više sigurnim, pošto se 56-bitni ključ u današnje vrijeme, i s raspoloživim računarskim resursima, može se otkriti i primjenom čiste sile (eng. brute force). Mnogi prihvaćeni sigurnosni protokoli temelje svoj rad na DES algoritmu (SSL-TLS, IPSes).
- ❖ *AES (Advanced Encryption Standard)* je jedan od kriptografskih algoritama za zaštitu digitalnih podataka. AES standard temelji se na simetričnim Rijndael algoritmu, a kao standard razvijen je da bi zamjenio DES. Standard obuhvata tri blok šifre, AES-128, AES-192 i AES-256. Svaka od ovih šifri je veličine 128-bitnog bloka, s ključnim veličinama od 128, 192 i 256 bita.
- ❖ *3DES (Triple DES)* je takođe podržana enkripcija protokola koji se koristi u IPSec na Cisco proizvodima. 3DES algoritam je varijanta 56-bitnog DES. 3DES djeluje slično kao DES u kojoj su podaci podjeljeni na 64-bitne blokove. 3DES zatim procesuiru svaki blok tri puta, svaki put sa nezavisnim 56-bitnim ključem. 3DES enkripcija efikasno udvostručuje snagu nad 56-bitnim DES.
- ❖ *Blowfish* je najbolji simetrični algoritam koji se koristi za šifrovanje i čuvanje podataka. Ima promjenjivu dužinu ključeva od 32-bita do 448-bita, što je idealno za sigurnost podataka. Blowfish je besplatan i dostupan za sve namjene.

- ❖ *ARC4 (Arcfour)* je jedan od najkorištenih algoritama u kriptografiji i koriste ga popularni protokoli kao što je SSL (radi zaštite saobraćaja na internetu) i WEP (radi bezbjednosti bežične veze). Izuzetno je jednostavan i brz. Raspolaze sa 40, 56, 64 i 128 bit-nim ključevima.

Ovakav način enkripcije može se smatrati dovoljno sigurnim od tzv. „brute force“ napada dok je tajni ključ poznat samo ovlaštenim stranama. Pritom je preporučljivo odabrati što duži tajni ključ jer se tako smanjuje vjerovatnoća da će ga napadač pogoditi. Osim toga, simetrična enkripcija je zbog svoje brzine pogodna za zaštitu većih količina podataka. [2]

3. ASIMETRIČNA VPN ENKRIPCIJA

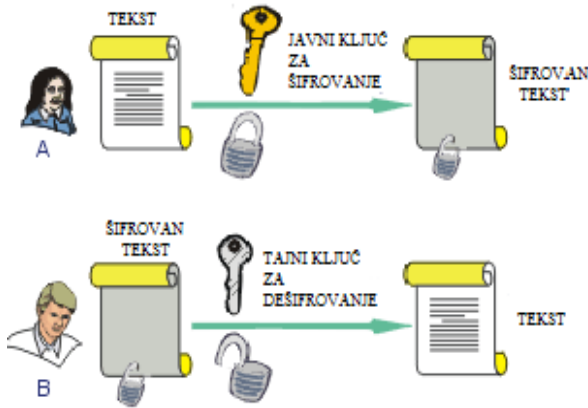
Za razliku od simetrične enkripcije, asimetrični algoritmi enkripcije koriste dva ključa, jedan je javni i poznat je svim korisnicima, a drugi je privatni i poznat je samo ovlaštenim korisnicima. Bilo kakav sadržaj kriptovan javnim ključem moguće je dekriptovati jedino tajnim ključem, a sadržaj kriptovan tajnim ključem moguće je dekriptovati jedino odgovarajućim javnim ključem. Za razliku od simetrične enkripcije, asimetrična je složenija i traje duže pa nije preporučeno koristiti za kriptovanje većih količina podataka. Simetrični tajni ključevi imaju dužine od sto do dvjesto bitova, dok asimetrični imaju preko hiljadu i dvije hiljade bitova, što utiče i na složenost kriptovanja.



Slika 2. Asimetrična VPN enkripcija.

Kriptovanje vrijednosti tajnog ključa javnim ključem korisnika osigurava da niko osim ciljanog korisnika neće biti u stanju otkriti vrijednost tog ključa (jer mu je za to potreban odgovarajući privatni ključ). Sa druge strane javni ključ korisnika može doznati bilo ko što znači da korisnik koji je primio kriptovane podatke u ovom slučaju ne može znati od koga ih je primio. Autentičnost servera i klijenta može se osigurati korištenjem funkcija za sažimanje (eng. hash) i digitalnim potpisima. Korištenjem asimetrične enkripcije prikazano je slanje i primanje teksta slika 2. [1]

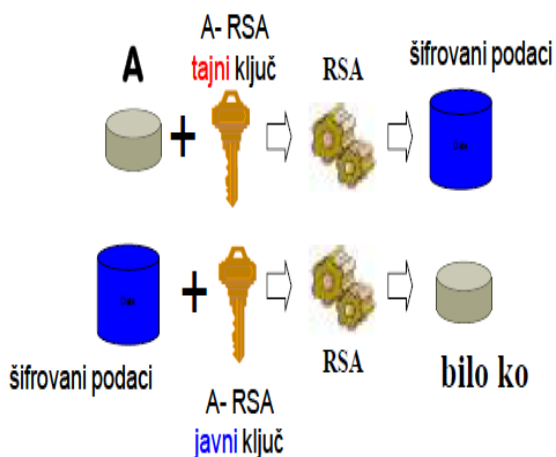
4. IMPLEMENTACIJA VPN SERVISI U AKADEMSKOJ MREŽI UNIVERZITETA CRNE GORE NA CISCO ASA 5540 I UPOREDNA ANALIZA VPN ENKRIPCIJE



Slika 2. Asimetrična VPN enkripcija.

Najčešće korišteni asimetrični algoritmi su:

- ❖ *DSA* (eng. *Digital Signature Algorithm*) je algoritam koji je u SAD-u 1994. usvojen kao standard (DSS - Digital Signature Standard). Međutim, 2000. godine, NIST (National Institute of Standards and Technology) je objavio da se u okviru DSS standarda mogu koristiti tri algoritma: DSA, RSA digitalni potpis i ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) – digitalni potpis koji kao osnovu koristi eliptičke krivulje. Koristi se samo za osiguravanje autentičnosti. Nedostaje mu mogućnost razmjene ključeva, DSA je algoritam koji još uvijek nije dovoljno iskopišćen u praksi.
- ❖ *RSA* (*Rivest, Shamir i Adleman*) algoritam je jedan od najkorištenijih asimetričnih algoritama danas.



Slika 3. VPN – RSA algoritam

RSA je skraćena koja je nastala od prezimena njegovih tvoraca: Rona Rivesta, Adi Shamira i Leonarda Adlemana. Svjetlost dana ugledao je davne 1977. godine. Ono što je pohvalno za ovaj algoritam je njegova jednostavnost, ali i sigurnost. Za enkripciju fajlova koriste se ključevi veličine 1024, 2048 ili 4096 bita. Na slici 3. prikazani su šifrovani podaci RSA algoritmom.

Pristup povjerljivim servisima Akademske mreže Univerziteta Crne Gore je ograničen samo za korisnike iz same akademske mreže. Međutim, potrebom za otvaranjem podružnih jedinica fakulteta Univerziteta Crne Gore, i činjenicom da je iznajmljivanje linije za pristup Akademske mreže često skupo i neisplativo rješenje za iste, pojavio se problem pristupa povjerljivim podacima iz ovih jedinica. Kreiranjem VPN tunela, ove jedinice su dobile mogućnost da putem istih preko javne Internet mreže, na siguran način pristupe povjerljivim servisima. Radi performansi veze i samih krajnjih uređaja, tj. računara korisnika i Cisco ASA 5540 kao VPN servera, izabrano se rješenje sa split tunnelingom, kako bi kroz VPN tunel prolazio samo saobraćaj prema servisima Akademske mreže, ne i ka ostalom dijelu interneta.

Saobraćaj prema povjerljivim servisima karakteriše nevelik protok podataka, što je omogućilo izbor naprednijih algoritama enkripcije, što ne bi značajnije uticalo na performanse krajnjih uređaja, a doprinijelo što boljoj sigurnosti VPN tunela.

Asimetrična VPN enkripcija kod Cisco ASA 5540 nudi korisniku mogućnost da odabere RSA enkripcioni algoritam. RSA je najjednostavniji i najsigurniji asimetričnih algoritama koji se koriste u enkripciji raspolaže sa 2 ključa (javni, tajni). Najveća dužina ključa koji koristi enkripcioni algoritam RSA je 4096-bitni ključ (tabela 1.).[4]

Enkripcioni VPN algoritmi	Dužina ključa
<i>DSA</i> (eng. <i>Digital Signature Algorithm</i>)	512-1024 bita
<i>RSA</i> (<i>Rivest, Shamir i Adleman</i>)	1024, 2048 i 4096 bita

Tabela 1. Algoritmi asimetrične enkripcije kod Cisco ASA 5540.

Prednost asimetrične enkripcije je prije svega zato što nudi veći stepen sigurnosti. Raspolaže sa dva ključa (javni, privatni) svako objavljuje javni ključ dok se privatni drži u tajnosti. Sledeća prednost ove enkripcije je autentifikacija korisnika. Javni ključ za šifrovanje daje mogućnost digitalnog potpisa koji omogućava primaocu poruke da provjeri da li je poruka zaista došla od određenog pošiljaoca. Neovlašćeno korišćenje digitalnog potpisa u javnom ključu za šifrovanje omogućava primaocu da otkrije da li je poruka izmjenjena tokom prenosa. Gubljenje Privatnog ključa znači da se sve primljene poruke ne mogu dešifrovati, dok javni ključ mora biti ovjeren od strane svakog korisnika jer drugačije niko ne može biti siguran da je javni ključ od određene osobe. Samim tim što koristi dva ključa složenija je enkripcija, vrši veće opterećenje računarskih resursa i sporija je čak oko 1000 puta od simetrične enkripcije. Upravo su mane asimetrične enkripcije koje utiču na brzinu

komunikacije i performanse krajnjih uređaja glavni razlog zašto nije odabran ovaj vid enkripcije.

Akademski mreža Univerziteta Crne Gore se za potrebe VPN servisa odlučila za simetričnu enkripciju. Ova vrsta VPN enkripcije je veoma jednostavna za rad, zato što se jedan (tajni) ključ koristi i za šifrovanje i za dešifrovanje paketa. Pored svoje jednostavnosti, simetrična enkripcija je mnogo brža od asimetrične. Koristi mnogo manje računarskih resursa, jer jedan ključ za šifrovanje i dešifrovanje ne zahtjeva mnogo opterećenje računarskih resursa. Koriste se različiti ključevi za komunikaciju na različitim računarima, a ako je ključ ugrožen, ugrožena je komunikacija samo sa tim računarom dok je komunikacija sa drugim računarima i dalje sigurna. Međutim, pored svih ovih prednosti simetrična enkripcija ima i mana. Jedna od mana simetrične enkripcije je prenošenje tajnog ključa. Problem je u tome što se isti ključ koristi i za šifrovanje i za dešifrovanje. Ukoliko se tajni ključ prilikom prenosa presretne, poruka se može pročitati. Sledeća mana ove enkripcije je u tome što raspolaže velikim brojem ključeva, novi ključevi moraju biti generisani kod svakog računara koji učestvuje u komunikaciji što može dovesti u pitanje sigurnost ostalih ključeva. Autentičnost i porijeklo poruke nije zagarantovano pošto su i pošiljaoc i primaoc koristili isti ključ, zato se ne može potvrditi da je poruka došla od određenog korisnika.

Kao enkripcioni algoritam izabran je AES sa 256-bitnim ključem, prije svega zbog njegove prednosti u odnosu na ostale enkripcione algoritme za simetričnu enkripciju (DES, i 3DES) (tabela 2). Nažalost, Cisco ASA5540 ne podržava blowfish, koji je po analizama daleko bolji od ostalih algoritama, bilo po pitanju sigurnosti ili performansi. [5] [6]

Enkripcioni algoritmi	Dužina ključa
<i>DES (Data Encryption Standard)</i>	56-bit
<i>3DES (Triple DES)</i>	68-bit
<i>AES (Advanced Encryption Standard)</i>	128,192 i 256-bit

Tabela 2. Algoritmi simetrične enkripcije kod Cisco ASA 5540.

Kao autentifikacioni algoritam je izabran SHA, jer je daleko bolji za sigurnost i provjerljivost integriteta podataka u odnosu na MD5 koji je poznat po svojim propustima. SHA sadrži 160-bitnu i 256-bitnu hash vrijednost u odnosu na 128 bitnu hash vrijednost koji sadrži MD5.

Kod podešavanja Diffie Hellman group izabran je DH group 5 koji funkcioniše isto kao DH group 1 i DH group 2, ali obezbjeđuje veći nivo bezbjednosti.

5. ZAKLJUČAK

Protok povjerljivih informacija preko nesigurne javne infrastrukture se adekvatno rešava uspostavljanjem VPN tunela. U zavisnosti od vrste saobraćaja, sigurnosti, brzine kao i preformansi uređaja korisnik može da se odluči za simetričnu ili asimetričnu VPN enkripciju.

Ako se korisnik odluči za simetričnu VPN enkripciju, odabrao je: bržu enkripciju podataka, manje opterećenje računarskih resursa i jednostavnije upravljanje kao i manje sigurnu enkripciju. Ukoliko se korisnik odluči za asimetričnu VPN enkripciju odabrao je prije svega sigurniji prenos podataka, zato što se i za šifrovanje i za dešifrovanje koriste dva različita ključa (javni, tajni), pruža autentifikaciju korisnika i omogućava detekciju ukoliko je došlo do izmjene poruke prilikom transporta.

Zbog nevelikog protoka podataka prema povjerljivim podacima, omogućen je izbor naprednijih algoritama enkripcije za potrebe VPN servisa na AMUCG. Međutim zbog jednostavnosti korištenja servisa i nepoznavanja karakteristika korisničkih računara, odabrana je simetrična VPN enkripcija sa 256-bitnim enkripcionim algoritmom, SHA autentifikacionim algoritmom i DH grupe 5.

Birenjem ovih karakteristika simetrične VPN enkripcije, odabrano je najoptimalnije rješenje po pitanju zaštite podataka, jednostavnosti korištenja servisa i performansi protoka podataka i krajnjih uređaja koji učestvuju u uspostavljanju servisa.

LITERATURA

- [1] <http://www.internet-computer-security.com/VPN-Guide/Encryption.html>
- [2] Jazib Frahim, Omar Santos, "Cisco ASA all One Firewall, IPS Anti X, and VPN Adaptive Security Appliance, 2nd Edition Pamela S Stevens, Encryption Algorithms
- [3] Jazib Frahim, Omar Santos, "Cisco ASA all One Firewall, IPS Anti X, and VPN Adaptive Security Appliance, 2nd Edition"
- [4] <http://infosec-blogger.blogspot.com/2010/11/vpn.html>
- [5] Priya Dhawan., "Performance Comparison: Security Design Choices," Microsoft Developer Network October 2002. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms978415.aspx>
- [6] Abdel-Karim Al Tamimi, "Performance Analysis of Data Encryption Algorithms"

SAVREMENE RAČUNARSKE ARHITEKTURE KAO PODRŠKA POSLOVANJU SPORTSKIH CENTARA

MODERN INFORMATION ARCHITECTURES AS THE SUPPORT TO THE OPERATIONS OF SPORT CENTERS

Miodrag Nikolić, *Visoka škola strukovnih studija za poslovno industrijski menadžment, Kruševac*
Bratislav Ignjatović, Dragan Bogojević, Dejan Radojević, *Sportski centar „Čair“, Niš*
Borislav Cicović, *Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, Univerzitet Istočno Sarajevo*

Sadržaj - U radu je prikazana složena organizacija Informacionog sistema Sportskog centra "Čair" tipa Ekstranet. Objasnjena je kompleksnost poslovnih procesa čiji je krajnji zadatak obezbeđenje kontinuiteta rada objekata i neprekidnog trenažnog procesa. Dat je koncept kontinuiranog praćenja rezultata sportista i njihovog zdravstvenog stanja "elektronskim sportskim kartonom", kao sastavnim delom jedinstvene baze podataka Informacionog sistema sportskog centra. Posebna pažnja posvećena je organizaciji Informacionog sistema sportskog centra na principima klijent/server arhitekture, analizirane su prednosti predložene organizacije sa aspekta potreba dislociranih sportskih objekata, podrške specifičnim poslovnim procesima i daljinskog pristupa jedinstvenoj bazi podataka. Cilj rada je da, kroz pionirski poduhvat, pokaže potrebu primene savremenih koncepata organizacije informacionog sistema sportskih centara tipa ERP, onako kako se to godinama primenjuje u organizaciji poslovanja uspešnih proizvodnih sistema. Razmatraju se savremene tendencije ekonomičnije i efikasnije organizacije informacionih sistema primenom koncepta Hosting i Outsourcing.

Abstract – The paper presents the complex organization of the Extranet-type Information System within the Sports Centre Cair. It details the complexity of business processes that have the ultimate goal of providing the operating continuity of the facility as well as the training process. It specifies the concept of incessant results and health monitoring through an "athletic electronic chart" which is a comprising part of the unique database of the Sports Centre Cair Information System. Special attention has been paid to the organization of the Client/Server architecture principles of the Sports Centre Cair Information System, the advantages of the proposed organization, which have been analyzed from the aspect of dislocated athletic facilities' needs, the support of specific business processes and remote access to the unique database. The purpose of this paper is to demonstrate, through a pioneering enterprise, the necessity of applying modern organizational concepts, which have been applied to business organization of successful production systems for years, to the ERP type sports centers' information systems. The modern trends of more economic and effective organization of Information Systems applying the concepts like Hosting and Outsourcing are discussed in this paper.

1. UVOD

Primena savremenih informatičkih tehnologija u uspešnom poslovanju privrednih i društvenih subjekata je realnost i imperativ današnjice. Sva proizvodna preduzeća koja se bore za svoj deo profita na tržištu, primenjuju informacione sisteme kako bi opstali u nemilosrdnoj borbi sa konkurencijom. Primenom savremenih računarskih tehnologija organizuju, prate i nadgledaju proizvodne kao o sve ostale procese u preduzeću. Koriste web tehnologije za reklamu i predstavljanje svojih proizvoda, za pridobijanje novih i zadržavanje poverenja starih kupaca. Internet prodavnice postaju sinonim jeftine i promišljene kupovine i polako svode klasične prodavnice na raritet i nužnu kupovinu. Ovakvi informatički sistemi tipa ERP primenjuju se ne samo u proizvodnim sistemima, već i u uslužnim i saobraćajnim sistemima [1] kao i u organizacijama državne uprave. Uvođenjem savremenog integrisanog informacionog sistema preduzeća dostižu viši nivo stabilnosti i sigurnosti u poslovanjau. Dobijaju potpun uvid i kontrolu troškova, podižu nivo usluga i unapređuju upravljanje ljudskim resursima. Krajnji efekat ovakvih promena je veća

rentabilnosti, kvalitetniji proizvod ili usluga i efikasnije poslovanje [2].

U radu je pokazano da primena informatički podržane organizacije poslovanja nije više privilegija visoko profitabilnih proizvodnih preduzeća, banaka ili osiguravajućih društava već i drugih poslovnih subjekata čije je finansiranje uglavnom budžetskog tipa ili sa malom akumulacijom. Jedna od takvih organizacija je i Sportski centar „Čair“ u Nišu, čije rukovodstvo uspešno poslovanje vidi, između ostalog, u pravovremenoj, tačnoj i uvek dostupnoj informaciji. Brz i siguran protok informacija između zaposlenih, organizacija podataka u centralizovanu bazu i integracija dislociranih izvorišta informacija u jedinstvenu celinu jesu osnovni zahtevi modernog menadžmenta, postavljeni pred projektante informacionog sistema. Razudnost sportskih objekata i njihova relativna udaljenost zahtevaju organizaciju izvora i korisnika informacija u mrežu lokalnog tipa za svaki objekat [3]. Kako su u poslovnom smislu svi sportski objekti delovi jedne veće celine, to i informacioni sistemi objekata moraju da budu povezani u jedinstveni Ekstranet sportskog centra korišćenjem javnih računarskih mreža. Slične procedure

izvršavanja poslovnih procesa istog tipa na svakom pojedinačnom objektu zahtevaju organizaciju programske podrške tipa klijent/server gde se klijenski zahtevi postavljaju na računarima sportskih objekata a serverski proces odvija na centralnom računaru Intraneta Upravnog objekta. Informatička podrška rešavanju ovakvih specifičnih poslovnih procesa zahteva primenu savremenih tehnologija tipa Intranet, Ekstranet, Web tehnologija, Klijent/Server arhitekture kao i zaštićenih komunikacija [4].

2. PRIMENA SAVREMENIH INFORMATIČKIH TEHNOLOGIJA KAO PODRŠKE ORGANIZACIJI SPECIFIČNIH POSLOVNIH PROCESA

Vrtoglavi razvoj tehnologije učinio je da tehnički uređaji bazirani na procesorskom i programskom upravljanju budu dostupni za sve vrste profesionalne kao i komercijalne primene. Jeftini a moćni računarski uređaji zamenjuju skupe zatvorene arhitekture [5] otvarajući prostor za brži razvoj novih koncepta informaciono-komunikacionih sistema. Nove tehnologije u hardveru uslovile su i nove pristupe u organizaciji obrade podataka. Sa odlaskom *mainframe* sistema gasi se pristup u kome se celokupna obrada podataka obavlja na *mainframe* strani. U takvoj organizaciji terminali se koriste samo za prikaz podataka na ekranu. Širenje upotrebe mini i mikroracunara dovelo je do nastanka tehnologije obrade podataka po modelu klijent-server.

Klijent/server model baziran je na distribuciji funkcija između dva tipa nezavisnih i autonomnih procesa: servera i klijenta. Klijent je bilo koji proces koji zahteva specifične usluge od server procesa. Server je proces koji obezbeđuje usluge za klijenta. Klijent i server mogu biti smešteni u istom računaru ili u različitim računarima povezanim preko mreže.

U slučaju da su klijent i server procesi smešteni u dva ili više nezavisnih i umreženih računara, server proces može da obezbedi usluge za više od jednog klijenta. Pored toga, klijent može zahtevati usluge i od više servera iz okruženja bez obzira na njihove lokacije ili fizičke karakteristike računara na kojima se nalaze server procesi. Mreža služi da poveže servere i klijente zajedno, obezbeđujući medijum kroz koji klijenti i serveri komuniciraju.

Uobičajen scenario po kome radi klijent/server arhitektura je sledeći:

- Server proces se startuje na nekom računaru (na kome je smešten), inicijalizuje se, a zatim prelazi u *sleep* mod i čeka da ga neki klijent proces kontaktira i zatraži neki servis od njega;
- Klijent proces se startuje na istom ili nekom drugom računaru koji je preko mreže povezan sa računarom na kome se nalazi server. Klijent procesi se često inicijalizuju od strane interaktivnih korisnika koji zahtevaju izvršenje određenih komandi. Klijent proces šalje zahtev putem mreže do servera tražeći određenu uslugu od njega;
- Kada server proces završi posao (servis) koji je od njega zahtevan od strane klijenta, prelazi ponovo u *sleep* mod i čeka sledeći zahtev za nekom uslugom.

Baza podataka u klijent/server okruženju smeštena je na računaru servera. U ovoj organizaciji, klijent proces zahteva podatke od servera baze podataka. Obrada zahteva (selekcija zapisa) se obavlja na server mašini. Proces na serveru selektuje zapise koji odgovaraju kriterijumu selekcije i šalje ih preko mreže klijent procesu. Selektovane podatke dalje koristi klijent koji ih može pregledavati, brisati, ažurirati... To znači da server ne obavlja celu obradu podataka iz baze, a klijent dobija samo potrebne zapise za obradu.

Razdvajanje programa (zadataka koji obrađuju podatke) na klijenta i servera je jedna od ključnih razlika između klijent/server okruženja i *mainframe* sistema. Klijent/server sistem obezbeđuje jasno odvajanje server i klijent procesa i njihovu autonomiju. Jedan server može obezbediti usluge mnogim klijentima a, sa druge strane, jedan klijent može koristiti usluge više servera.

Primena klijent/server koncepta omogućava lakši razvoj pojedinih delova sistema. U takvim okolnostima, razvojem aplikacije za klijenta programer se bavi samo načinom analize i predstavljanja podataka, dok je upravljanje podacima prepušteno serveru bez potrebe redizajna tog dela aplikacije [6].

3. INFORMATIČKO KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI USPEŠNOG POSLOVANJA SPORTSKOG CENTRA "ČAIR"

Rukovodstvo Sportskog centra "Čair" pristupilo je uvođenju savremeno koncipiranog integrisanog informacionog sistema sa ciljem da pokrije sve procese u organizaciji rada. Zadatak softverskog paketa je da obezbedi integraciju toka raznorodnih informacija kroz razučeni sportski kompleks, kombinujući različite izvore informacija u jednu softversku aplikaciju i jedinstvenu bazu podataka. Osim standardnih izvora informacija čiju obradu objedinjuju različiti podsistemi ERP softverskih rešenja, u slučaju poslovne integracije sportskog centra poseban akcent se stavlja na podatke i parametre koji se tiču tehničkog sektora kompleksa. Proizvođači ERP softverskih paketa u svojim ponudama predviđaju podsisteme održavanja sa sledećim modulima: hardver (tehnički uređaji), održavanje, servis [7].

Sa aspekta poslovanja sportskog kompleksa "Bazen Čair" veoma je važan modul "Održavanje" kojim se automatizuje proces korektivnog i preventivnog održavanja. Zadatak ovog modula je efikasnija kontrola ukupnih troškova održavanja praćenjem ugrađenih rezervnih delova i materijala, rada radnika održavanja, angažovanih sopstvenih i tuđih resursa i angažovanja dobavljača. Primenom modula održavanja izbegavaju se nabavke rezervnih delova i materijala koje nisu neophodne, omogućava se efikasno izvođenje radova sa neophodnim minimumom zaliha. Međutim, zahtevi sportskog centra prevazilaze okvir računarske obrade radnog naloga za održavanje, koji se nude na tržištu[5]. Implementirani podsistem održavanja treba da ima mogućnost dinamičkog nadgledanja svake merne tačke teničkog sistema tipa SCADA: merača pritisaka u cevima i sudovima, termometara, davača stanja ventila i drugih. Informacije o nadgledanim tačkama moraju u svakom trenutku, posredstvom integrisanog informacionog sistema, biti vidljive na monitoru menadžmenta tehničkog sektora. Time

se na efikasan način sprečavaju moguće havarije i kvarovi a samim tim se izbegavaju mogući zastoji u upotrebi sportskog objekta. Sportistima se, na taj način, obezbeđuje potpuni kontinuitet u trenažnom procesu [3].

Podsystem Integrisanog informacionog sistema vezan za finansijsko poslovanje treba da ispuni, pored standardnih, i neke posebne zahteve. Ti zahtevi se odnose na specifičnost poslovanja sportskih objekata koje je vezano za organizovanje sportskih, zabavnih i poslovnih priredbi. Informacionim sistemom se uvedi potpuni nadzor nad prodajom karata. Svaka izdata karta, bilo prodata ili kao propusnica, nosi kod prodajnog mesta i prodavca i evidentira se u informacionom sistemu. Veza automata na svim ulaznim mestima sa informacionim sistemom obezbeđuje efikasnu kontrolu upotrebljenih karata čime se sprečava eventualna zloupotreba.

Rukovodstvo Sportskog centra postavlja još jedan specifičan zahtev pred projektante informacionog sistema. To je briga o svakom sportisti, korisniku nekog od sportskih objekata. Briga se ostvaruje, između ostalog, uvođenjem "sportskog elektronskog kartona". On se realizuje kako za sportiste pojedince tako i za sportske organizacije i timove. Namena "elektronske sportske knjižice" je praćenje kompletnog razvoja dečaka i devojčica od njihovih prvih koraka vezanih za fizičko vaspitanje i aktivnost. Njihov razvoj kroz dugi niz godina, sportski pa i drugi rezultati, učešća na takmičenjima, pohvale i medalje, prate se na sistematski način korišćenjem integrisanog informacionog sistema i elektronskim zapisom. Koncept integrisanog informacionog sistema podrazumeva unos informacija na mestu njihovog nastajanja. U tu svrhu, upotrebljava se PDA (*Personal Data Aquisition*) računarski uređaj za daljinski pristup informacionom sistemu. Njima se trenažni i takmičarski rezultati unose neposredno pored sportskog terena, dobijaju izveštaji i softicirane analize postignutih rezultata.

Poseban zadatak i specifičnost Integrisanog informacionog sistema sportskog kompleksa "Čair" je povezivanje njegove baze podataka sa bazom podataka Zdravstvenog informacionog sistema. To je preduslov da se rezultati sistematskih pregleda sportista u sportskim ambulanzama slivaju u "elektronski karton pacijenata" u jedinstveni ZIS države, isto kao i rezultati specijalističkih pregleda. Time će sve informacije o zdravstvenom stanju sportiste biti uvek dostupne klubskom lekaru i treneru bilo da se nalaze na nekom od objekata Sportskog centra, bilo na planini na visinskim pripremama ili nekom drugom trenažnom kampu [3].

Shvatajući značaj komunikacionih tehnologija u implementaciji integrisanog informacionog sistema rukovodstvo je naložilo instalaciju zaštićenih računarskih komunikacija. Dva su dominantna razloga uvođenja sigurnih veza: dislocirani sportski objekti koji su u sastavu sportskog kompleksa „Čair“ i obaveza zaštite integriteta poslovnih podataka i ličnih podataka sportista. Razmeštaj sportskih objekata Sportskog centra „Čair“, slika 1, kao i potreba za ekonomičnim pristupom u nabavci hardverske i softverske podrške, uslovlili su organizaciju informacionog sistema prema izloženim principima klijent/server arhitekture.

Jedinstvena baza podataka dislociranih resursa, zaposlenih i njihovog obavljanja radnih zadataka i evidencije prisustva na različitim objektima, tačna i pravovremena informacija o sportskim i drugim dešavanjima koja se u isto vreme održavaju na različitim lokacijama su prednosti koje su ostvarene primenom pomenutog koncepta. U takvoj organizaciji, klijent aplikacija na blagajni nekog od sportskih objekata obraća se aplikaciji prodaje karata na server strani računskog centra Intranet-a Upravne zgrade, smeštenog na Bazenu Čair (slika 1). Informacija o prodatoj karti evidentira se u centralnoj bazi podataka a novčani efekti prodaje slivaju se u modul finansijskog poslovanja serverske aplikacije.



Slika 1. Klijent/server arhitektura informacionog sistema Sportskog centra "Čair"

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

Proces uvođenja novih informacionih sistema, kao i zamena starih, praćena je različitim vrstama problema. Rukovodstvo Sportskog centra izvršilo je analizu mogućih problema i plan njihovog prevazilaženja. Pokazalo se da su dominantna dva problema: obezbeđivanje potrebnih finansijskih sredstava i izrada posebnih podsystema Integrisanog informacionog sistema za pokrivanje specifičnih procesa u Centru, objašnjenih u ovom radu.

Preraspodela malih budžetskih finansijskih sredstava usporava dalji razvoj informacionog sistema. Plan hitne rekonstrukcije, pre svega krova, a onda i čitave Hale Čair [8] uslovio je reviziju projekta implementacije integrisanog informacionog sistema. Nadostatak sredstava navodi na primenu novih pristupa u implementaciji informacionih sistema koji se pokazuju kao efikasniji i znatno jeftiniji. To su usluge hosting-a i outsourcing-a.

Web hosting usluga je vrsta Internet hosting servisa koji omogućava pojedincima i organizacijama da učine svoj web sajt dostupnim putem World Wide Web-a. Web domaćini su kompanije koje pružaju prostor na serveru koji oni poseduju ili iznajmljuju za korišćenje od strane njihovih klijenata, kao i pružanje Internet povezanosti. U praksi se, pod Web serverom, misli na grupu snažnih kompjutera (*rack-mounted*) koji u nizu mogu da obrazuju "farmu" kompjutera (*web farm*) [9]. Web hosting takođe može da pruži prostor u centru podataka (*Data Center*) kao i povezivanje sa Internetom.

Obim hosting usluga varira. Najosnovniji je web stranica i hosting fajlova malog obima, gde se fajlovi učitavaju preko File Transfer Protocol-a (*FTP*) ili Web interfejsa. Datoteke se

obično isporučuju na Web "kao što jesu" ili sa malo obrade. Mnogi Internet provajderi (ISP) nude ovu uslugu besplatno svojim pretplatnicima. Lični Web hosting sajta je obično besplatan, sponzorisan reklamama ili je veoma jeftin, dok je poslovni web sajt hosting praćen većim troškovima [10].

Hosting umnogome može unaprediti poslovanje preduzeća ostvarivanjem velike uštede i to na:

- Kupovini skupocenog hardvera koji je potreban za postojanje i održavanje računarske mreže u preduzeću;
- Kupovini specijalnih softvera namenjenih za funkcionisanje mreža;
- Angažovanju dodatne radne snage (IT stručnjaka koji bi se bavili održavanjem mreže) i slično.

Hosting raspoloživost (*Hosting Uptime*) se odnosi na procenat vremena dostupnosti domaćina putem Interneta. Mnogi provajderi tvrde da obezbeđuju najmanje 99,9% raspoloživosti (otprilike do 45 minuta pauze na mesec dana, ili manje). Pri tome se, često, poistovećuje raspoloživost i dostupnost u specifičnim poslovnim ugovorima kojima se definiše nivo usluge (*SLA – Service Level Agreement*). SLA ponekad uključuju povraćaj novca ili smanjenje troškova ukoliko se performansi ciljevi ne ispune.

Precizne definicije outsourcing-a još uvek nema. U opštem smislu odnosi se na dve organizacije koje ugovaraju sporazum koji uključuje razmenu usluga i plaćanja. Od nedavno postoji novi način na koji preduzeće obavlja outsource poslove sa dobavljačima van zemlje, često nazvan offshoring ili off-shore outsourcing. Pored toga, nekoliko srodnih termina se pojavilo kojima se pokušavaju objasniti različiti aspekti složenih odnosa između privrednih organizacija i mreža, kao što su nearshoring, multisourcing i strateški outsourcing.

Organizacije koje primenjuju outsource (prepuštanje posla) žele time da ostvare korist ili odgovore na neka od sledećih pitanja: uštede u troškovima, usredsređivanje na osnovni biznis, prelazak sa fiksnih na varijabilne troškove, poboljšanje kvaliteta, pristup tuđoj intelektualnoj svojini i proširivanje sopstvenog iskustva i znanja, katalizator za promene, upravljanje rizikom pa sve do poreskih olakšica [11].

Stešnjeni stalnim smanjenjem investicija od strane lokalne zajednice i pritiskom za racionalizacijom poslovanja smanjenjem broja zaposlenih, rukovodstvo Sportskog centra Čair je prepoznalo boljitak za svoju organizaciju u svakoj od navedenih stavki koje se odnose na prepuštanje poslova. U nemogućnosti da formira sopstvenu službu za implementaciju i održavanje informacionog sistema, rukovodstvo vidi izlaz u primeni ovog savremenog koncepta i izmeštanju većine informatičkih poslova angažovanjem specijalizovanih organizacija koje u ovom poslu nalaze i krče sebi mesto na tržištu. Potreba povezivanja na regionalnom nivou neminovno će dovesti do masovne primene novih tendencija u organizaciji informacionih sistema, datim u ovom radu. Na taj način će organizacije sa sličnim poslovnim procesima, kao što su, između ostalih, sportski centri, objediniti neke delove svoga poslovanja i time celokupno poslovanje učiniti efikasnijim i jeftinijim.

5. ZAKLJUČAK

U radu je pokazana neophodnost primene informaciono komunikacionih tehnologija u savremenom poslovanju svih društvenih subjekata. Posebno je istaknuta potreba primene ovih tehnologija u efikasnom poslovanju sportskih objekata sa ciljem obezbeđenja kontinuiranog i kvalitetnog trenaznog procesa sportista. Objasnjena je potreba upravljanja svim poslovnim procesima u sportskim centrima, ali i vođenju brige o sportistima kroz „elektronski sportski karton“. Prikazani su dosadašnji rezultati Sportskog centra „Čair“ u implementaciji integrisanog informacionog sistema baziranog na klijent/server arhitekturi. Razmatrana je neminovnost primene najnovijih tendencija tipa hosting i outsourcing u cilju jeftinije i efikasnije organizacije informacionih sistema. Predviđa se da će regionalno povezivanje organizacija sličnih predmeta poslovanja pospešiti primenu izloženih koncepta.

LITERATURA

- [1] <http://www.saga-infotech.net/viewPage.do?ID=23>
- [2] Nikolić, M., Nikolić, Z., Ignjatović, B. Bogojević, D., Radojević, D., "Bezbedne računarske komunikacije kao preduslov uspešnog poslovanja Sportskog centra "Čair"", Infotech, Jahorina, Vol. 9, Ref. E-VI-5, str. 836-840, mart 2010.
- [3] Ignjatović, B., Bogojević, D. Radojević, D., Nikolić, Z., Nikolić, M., "Application of Informatics and Communication Technologies as a Precondition for Optimal Preparation of Athletic Adolescents", "Fizička kultura" (Skopje), International Journal, Review for Scientific and Professional Issues of Physical Culture, UDK 796, ISSN 0350-3836, Year 37, No. 2, pp. 57-60, Skopje, 2009.
- [4] Secure Connections for the Distributed Enterprise, <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns340/ns394/ns171/ns142/index.html>
- [5] Kajan, E., *Otvoreni sistemi Koncepti, Komponente i Aplikacije za budućnost*, Prosveta, Niš, 1994.
- [6] Pavičević, V., "Klijent server arhitektura i baze podataka u klijent/server okruženju", IV Poštansko savetovanje - Tehnološka budućnost pošte, Zlatibor, jun 1998.
- [7] Sistem Avizo, *Modul Održavanje*, <http://www.saga-infotech.net/viewPage.do?ID=419>
- [8] <http://www.sccair.rs/>
- [9] *Benefiting From Focus and Flexibility*, Economist Intelligence Unit, http://www.sap.com/services/pdf/07_10_EIU_IT_Outsourcing.pdf
- [10] <http://www.websajtovi.net/tag/sta-je-web-hosting/>
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Outsourcing>

PRENOS MULTIMEDIJALNIH PODATAKA U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA TRANSFER MULTIMEDIA DATA IN WIRELESS SENSOR NETWORK

Mirko Kosanović, *Visoka Tehnička škola strukovnih studija u Nišu*

Sadržaj – *Bežične Senzorske Mreže (BSM) postale su zadnjih godina veoma efikasno sredstvo za rešavanje mnogih problema koji muče čovečanstvo. Sve veći razvoj mikro elektro-mehaničkih sistema kao i veliki prodor bežičnih komunikacija, koje zbog svoje cene i jednostavnosti primene preuzimaju primat na polju komunikacija, omogućile su da se sa BSM rešavaju mnogi složeni problemi. Sa druge strane dostupnost jeftinih hardverskih uređaja, kao što su CMOS kamere i mikrofoni, doprinele su razvoju bežičnih multimedijalnih senzorskih mreža (BMSM). Međutim, potreba da prenesemo veliku količinu podataka od senzorskih čvorova do osnovne bazne stanice, zbog ograničenog propusnog opsega kao i limitirane potrošnje električne energije u višeskokovitoj bežičnoj komunikaciji, predstavlja osnovni problem koji treba rešiti. U ovom radu dajemo obuhvatan opis problema, principa i standarda koji su važni kod prenosa multimedijalnih informacija kod aplikacija kao što su: real-time prenos multimedijalnih podataka, video konferencija, nadzor objekata, prisluškivanje i td.*

Abstract – *Wireless sensor networks (WSN) has become in recent years, the most efficient tool for solving many humanity problems. The increasing development of Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) and a large penetration of wireless communication, which because of its price and ease of use take the lead in the field of communications, have enabled to solve the BSM many complex problems. On the other hand the availability of inexpensive hardware devices such as CMOS cameras and microphones, have contributed to the development of Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSN). However, the need to transfer large amounts of data from sensor nodes to the primary base station, due to limited bandwidth and limited power consumption in multi hop wireless communication, is a major problem to be solved. In this paper, we give a comprehensive description of the problem, principles and standards that are important for transmission of multimedia information in applications such as real-time multimedia streaming, video conferencing, and CCTV, surveillance, and so on.*

1. UVOD

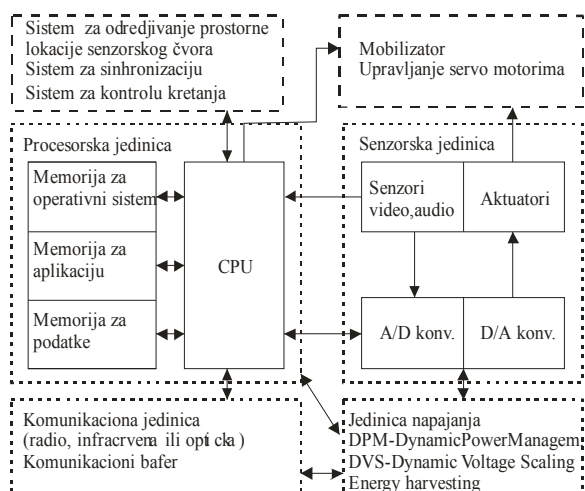
Zadnjih godina svedoci smo jako intezivnog razvoja bežičnih senzorskih mreža (BSM), koje predstavljaju jedan neiscrpan izvor različitih informacija koje je potrebno prikupiti, obraditi i međusobno razmeniti. U početku, zbog velikih ograničenja, pre svega u veličini i računarskim resursima, izvori tih informacija, senzorski čvorovi (SČ), bili su veoma jednostavni u svojoj konstrukciji, pa samim tim i skromni u svojim mogućnostima. Zato su i sve prikupljene informacije bile tipa on/off ili pak informacije koje nisu zahtevale neku veliku računarsku obradu kao i prenos velike količine podataka. Međutim, zbog svoje velike primenljivosti na nepristupačnim terenima kao i zbog male cene, one su našle veliku primenu u mnogim aplikacijama [1]. Dalji razvoj hardvera, tj. senzorske tehnologije, doprineo je da SČ postaju sve složeniji, sa znatno većom računarskom snagom, a samim tim i znatno većim mogućnostima. Sa druge strane, neposredni izvori podataka, sami senzori, postajali su sve sposobniji da detektuju i prenesu realne događaje iz prirode sa mnogo većom prirodnom rezolucijom skeniranja. Više se njima ne detektuju samo jednostavni podaci koje senzori očitavaju: temperatura, vlažnost, pritisak, prisustvo i td., već i mnogi multimedijalni podaci kao slika, zvuk i video. Sve su ovo bili osnovni preduslovi da zadnjih godina dođe do intezivnog razvoja BMSM koje su znatno proširile mogućnost primene ove tehnike i čine je jako primenljivom za rešavanje mnogih problema [2]. U nastavku rada, u poglavlju 2 prikazani su osnovni parametri po kojima se ove mreže znatno razlikuju od klasičnih BSM. Sledeće poglavlje ukazuje neke od glavnih karakteristika koje utiču

na prenos multimedijalnih podataka, sa posebnim osvrtom na one osobine koje bi jedan mrežni protokol trebalo da zadovolji. Četvrto poglavlje zaključuje ovaj rad.

2. OSOBINE BMSM

BMSM se po svojim karakteristikama ne razlikuju mnogo od standardnih BSM. Međutim, postoje neke razlike na koje treba ukazati jer one otežavaju primenu mrežnih protokola koji su razvijeni specijalno za BSM. Tu pre svega mislimo na neke dodatne uslove koje bi trebalo ispuniti kako bi prenos multimedijalnih podataka bio uspešan. Svi ti uslovi proizilaze iz prirode podataka koji se šalju a koji prvenstveno zahtevaju: složenije, tkz. pametne senzore za prikupljanje podataka, znatno veći propusni opseg komunikacionog kanala zbog količine podataka koji se šalju, znatno strože specifične QoS zahteve koji zavise od aplikacije, kao i znatno veću energiju za prenos tih podataka. Posmatrajući gore navedene uslove vidimo da su oni i kod klasičnih BSM bili kritični. Kako su sada ti uslovi ovde još stroži i zahtevniji, jasno je da projektovanje jedne aplikacije za BMSM predstavlja znatno veći izazov. Kako je SČ najmanja jedinica u BSM, od koje sve polazi, potrebno je prvo u njoj obezbediti potrebne resurse, kako bi ona imala uslove da gore pomenute zahteve ostvari. U stvari, multimedijalni senzorski čvor (MSČ), ne razlikuje se mnogo od standardnog SČ. On se sastoji od nekoliko osnovnih jedinica (slika 1.): senzorske, procesorske, komunikacione, memorijske, jedinice za napajanje, jedinice za koordinaciju i mobilne jedinice. Shodno ovoj podeli moguće je i potrebne resurse za prenos multimedijalnih

podataka podeliti na četiri velike grupe i to: hardverski, komunikacioni, softverski i energetske resursi.



Slika 1. Multimedijalni senzorski čvor (MSČ)

1. Hardverski resursi – zbog povećanog obima podataka koji se ovde prikupljaju, očigledno je da je potrebno povećati gotovo sve računarske resurse u MSČ. To se pre svega odnosi na senzorsku i procesorsku jedinicu. Senzorska jedinica kod MSČ se sastoji od dva podsistema: složenog senzora (CCD kamera, mikrofon ili skalarni senzor) i analognog/digitalnog pretvarača (ADC). Uloga ADC je da analogne signale koji predstavljaju realan odraz posmatrane pojave, pretvori u odgovarajuće digitalne signale i iste prenese procesorskoj jedinici. Procesorska jedinica predstavlja srce svakog MSČ-a jer upravlja svim ostalim delovima i koordinira njihov rad. Pred njom je sada veoma ozbiljan zadatak, da od velike količine podataka koji dolaze do nje, izvrši njihovo preračunavanje, sažimanje i pripremu za slanje. Zato se u BSM ugrađuju snažniji mikroprocesori, obično 32-bitne arhitekture sa klockom procesiranja, kod nekih CPU-a, većim i od 100MHz, kako bi uspešno i na vreme izvršili navedene poslove. Loša strana ovakvih procesora je povećana potrošnja energije, pa se kod izbora odgovarajućeg procesora mora povesti računa i ovoj komponenti. Među poznatijim procesorima koji se ugrađuju u MSČ spadaju: MSP430, Intel Strong ARM RISC, Xscale PXA-255 ili SAMSUNG S3C44B0X RISC procesori [3].

Količina podataka koje MSČ prihvataju i prosleđuju u BSM je znatno veća. Dok su kod klasičnih BSM ti podaci bili u rangu od nekoliko *byte-a*, ovde je to od nekoliko desetina kB, pa i više, i to za samo jedan okvir (*frame*). Samo po sebi nameće se zadatak da se ta velika količina, koja poseduje veliki broj redundantnih podataka, svede na najmanju moguću meru, kako bi se broj paketa koji se prenosi bio minimalan. Da bi to uradili, potrebno je da se oni prethodno upamte u memoriji MSČ, kako bi mogli da budu analizirani, i doneta odluka da li da se odbace ili komprimuju i šalju dalje. Sa druge strane kako svaki čvor ima ulogu usmerivača/rutera paketa, potrebno je da se u njemu odvoji odgovarajući memorijski prostor za tabele i bafere u kojima će se pamtit route kao i paketi koji su primljeni i preusmereni. Jasno je da se ovde javlja potreba za znatno većim baferima u odnosu na SČ, jer je i količina informacije veća. Samim tim potreba za znatno većim memorijskim prostorom kod MSČ je očigledna.

Česti su zahtevi da MSČ poseduju i koordinacionu jedinicu čija je osnovna namena da uskladi rad različitih mrežnih uređaja tj. da sinhroniše rad mreže kao i da u

svakom trenutku locira tačan položaj MSČ. Suprotno od standardnih BSM kod kojih nam identifikacija i lokacija SČ nije bila toliko važna, kod BSM to je jako važno. Za većinu algoritama za procesiranje video/audio informacije jako je važno da se zna tačna lokacija kao i orijentacija video/audio senzora. Ova informacija koristi se u procesu kalibracije kamera, što nam omogućuje i ubrza kvaliteto prepoznavanja objekta, jer tada ne moramo da koristimo složene transformacione procese za to [4]. Pored toga ova informacija je jako važna sa gledišta usmeravanja podataka i uštede energije jer omogućava programiranu/kontrolisanu snagu RF modula kod slanja podataka.

2. Softverski resursi - Multimedijalni senzori generišu veliki broj podataka u jedinici vremena. Na primer: ukoliko koristimo frekvenciju smplovanja od 8,192 KHz i 8 bitova po uzorku, a želimo da prenesemo samo 5 sekundi audio informacije, biće nam potrebno oko 40 KB podataka. Imajući u vidu da je veličina standardne (*payload*) poruke kod TinyOS operativnog sistema 29 byte, to znači da preko 1400 poruka moramo da pošaljemo za samo 5 sekundi audio informacije. Kako većina MSČ nije u stanju da sve te podatke pošalje istom brzinom kojom oni dolaze, potrebno je te podatke negde sačuvati. Sa druge strane, nije potrebno sve primljene podatke i proslediti ka nadređenom MSČ. Sa gledišta komunikacije i potrošnje el.energije znatno je efikasnije da se dobijeni podaci prvo analiziraju i komprimuju, pa tek onda proslede. Na taj način znatno možemo da smanjimo količinu podataka koji se prosleđuju, jer sprečavamo slanje redundantnih ili nepotrebnih podataka. Tradicionalna tehnika kod emitovanja video signala, da se informacija jednom kodira i više puta dekodira, primenjuje se i ovde. Tako se najviše koriste standardne ISO MPEG šeme kodiranja kao H.263 i H.264 (poznate kao MPEG-4) [2]. Da bi smanjio količinu podataka koje šalje, MSČ može da izvrši i njihovo rangiranje po važnosti. Na primer, ukoliko imamo neku aplikaciju koja prati kretanje nekog objekta, potpuno je nepotrebno da se pošalju podaci koji u pozadini nepotrebno opterećuju sliku koja se šalje. Oni se mogu jako komprimovati sa velikim gubicima ili pak i potpuno odbaciti. Ovde treba uzeti u obzir i neophodni memorijski prostor koji je potreban za obavljanje dodatne funkcije koju imaju SČ u multi-hop bežičnoj topologiji, a to je usmeravanje podataka. Kako ove tehnike pored procesorske snage zahtevaju i veću upotrebu memorijske jedinice, neophodan je znatno složeniji sistemski softver tj. odgovarajući operativni sistem, koji će uspešno rešiti sve te složene zadatke. Više operativnih sistema razvijeni su za BSM kao TinyOS, Contiki, Mantis, SOS i td., ali ni jedan od njih ne zadovoljava u potpunosti složene zahteve jedne BSM.

3. Komunikacioni resursi – Jedinica za komunikaciju predstavlja glavni interfejs MSČ sa realnim svetom i sastoji se od RF modula i složenog komunikacionog softvera. Kako se ovde sada prenose znatno veće količine podataka, kao i potrebe da komuniciraju sa različitim subjektima, ovaj deo postaje ključni faktor u određivanju kvaliteta i pouzdanosti. Verovatno će u budućnosti ovaj deo pretrpeti i najveći razvoj u pogledu: sistemskog softvera, komunikacionih protokola i razvoja srednjeg sloja koji će omogućiti standardnu klijent-server komunikaciju između subjekata u mreži.

Još jedna bitna osobina ovih mreža koja mora da bude zadovoljena su *real-time* performanse. Većina aplikacija u BSM zahtevaju da detektuju i prenesu *real-time* podatke od

izvornog SČ pa do krajnje destinacije-korisnika. To znači da postoje stroge granice dozvoljenog maksimalnog kašnjenja primljenih podataka. Sa gledišta velikih ograničenja BMSM u pogledu komunikacionih uslova[5],kao što su višeskakovita topologija, uski propusni opseg, asimetrične veze i jako osetljiva komunikacija koja je podložna mnogim greškama, veoma je teško zadovoljiti ovu karakteristiku. Na primer, nakon detekcije nekog događaja, MSČ počinje da ubacuje veliki broj paketa u BMSM, koji prouzrokuju jako intezivan saobraćaj, koji može da dovede do povećanog broja pogrešno primljenih podataka. Ponovno slanje tih istih podataka tj. retransmisija, dovodi do velikih pauza u prihvatanju i rekonstrukciji poslatih podataka. Da bi se smanjile ove greške mogu se koristiti standardne šeme detekcije i korekcije grešaka kao što su ARQ (*Automated Repeat request*) ili FEC (*Forward-Error Corection*). Međutim oba ova metoda nisu baš pogodna, jer imaju svoje nedostatke, povećano kašnjenje podataka (ARQ) i povećanu veličinu paketa (FEC). Poseban problem predstavlja višeskakovita topologija BMSM kod koje se podaci usmeravaju od jednog do drugog MSČ. Sa gledišta potrošnje energije to je dobro, ali se zato ovde javlja još jedno dodatno kašnjenje, jer svaki čvor u putanji treba da primi i ponovo pošalje isti podatak. Što je broj SČ u putanji veći to je i kašnjenje veće.

Prenos velike količine multimedijalnih podataka zahteva znatno veći propusni opseg od onoga koji je korišćen kod BSM. Dva standarda koja su na ovom polju preovladala su IEEE 802.15.4 (250 kbit/s) i IEEE 802.11b (11Mbit/s). Osnovna razlika između njih ogleda se u pogledu broja kanala za prenos, propusnog opsega tih kanala, tipu modulacije kao i energetske potrošnji. Jasno je da je potrošnja kod IEEE 802.11b znatno veća tako da je prosečna potrošnja najzastupljenijeg primopredajnika TI CC2420 (standard IEEE 802.15.4) od 17,4 do 19,7 mA, dok je kod IEEE 802.11b ta potrošnja za red veličine veća i ide od 170 do 300 mA. Sigurno je da bi sa gledišta MBSM najbolja kombinacija bila ona u kojoj imamo veliki propusni opseg a minimalnu potrošnju. Sa tog stanovništva, obećavajuća je UWB (*Ultra Wide Band*) tehnika koja predstavlja idealan izbor za MBSM, jer na kratkom rastojanjima od 10m,upravo ima ove osobine [1].

4. Energetski resursi (*Energy Efficiency*): MSČ u MBSM su jako mnogo ograničeni u pogledu potrošnje električne energije. Ako se uzme u obzir da oni imaju dvostruku ulogu, aktivnost većine MSČ je jako velika (veća od 100 mW u aktivnom režimu rada). To se naročito odnosi na one MSČ koji se nalaze u neposrednoj blizini glavnog MSČ, *sink*-a. Što su MSČ bliži *sink*-u, to je i njihova aktivnost veća, jer veća količina podataka mora da prođe kroz njih. U takvim uslovima, nefunkcionalnost nekog od MSČ može da dovede do ozbiljnih problema u MBSM, pa čak i do njihovog prestanka rada. I kod standardnih BSM jedinica napajanja je predstavljala najvažniji deo a tu ulogu je zadržala, pa i povećala ovde. Zbog znatno povećane količine podataka koji se šalju, potrošnja energije ovde još više dolazi do izražaja, pa je često potrebno da MSČ imaju posebne, dodatne jedinice za prikupljanje energije iz prirodnih uslova (*energy scavenging unit*), kao što su solarne ćelije, koje omogućuju BSC dodatnu energiju, a samim tim i duži rad.

3. OSOBINE PRENOSA PODATAKA U BMSM

Kao što se standardni SČ razlikuju od MSČ tako se i prenos podataka u MBSM dosta razlikuje od prenosa podataka u standardnim BSM. Upravo zbog toga, veliki broj razvijenih mrežnih protokola za klasične BSM ovde nije upotrebljiv ili zahteva određene izmene. Osnovna razlika ogleda se u tome da su većina protokola razvijenih za BSM fokusirani na smanjenu energetske potrošnju (*low-power*) svih SČ u mreži, jer je protok podataka u ovakvim mrežama jako mali. Za razliku od njih, protokoli u MBSM, pored ovog uslova (*energy-efficient*), suočavaju se sa još dva nova dodatna problema koje treba da reše: znatno uvećan intezitet saobraćaja i potreba za većim kvalitetom komunikacije (*QoS*). Ako se pri tome zna, da je bežična sredina poznata kao sredina sa velikim procentom grešaka u prenosu (do 70%), jasno je da pouzdan i efikasan prenos ovakvih podataka predstavlja jako složen problem [6]. Navešćemo nekoliko karakterističnih parametara po kojima se prenos podataka u MBSM razlikuje od klasičnih BSM.

Povećani broj paketa – pored znatno povećane količine podataka koje ove mreže treba da prenesu, javlja se problem i u brzini kojom se ti podaci šalju. Tako, dok je kod BSM ta brzina slanja reda 40Kb/s, ovde nam je za slanje audio signala potrebno min. 64 Kb/s, a za slanje video signala min. 500 Kb/s [2]. Imajući u vidu da su paketi koji se šalju sa tim podacima ograničeni na 30-tak bajtova, jasno je da je broj paketa jako veliki. Sa druge strane tu količinu paketa dodatno opterećuju mnogi redundantni paketi koji stižu od ostalih BSC. Taj intezitet saobraćaja raste sa približavanjem *sink*-u, jer se tu sakupljaju svi podaci koji dolaze od perifernih SČ. Poseban problem rešavanju ovog problema predstavlja različiti intezitet saobraćaja koji se može klasifikovati na periodičan ili događajem izazvan (*event driven*). Ovde se radi o saobraćaju koji postaje jako intezivan samo kada se dogodi neka promena u nadgledanom regionu. Sve ostalo vreme intezitet je jako mali tj. gotovo da ga i nema. Zbog prirode BMSM-a, u trenutku detekcije promene javlja se veliki broj redundantnih podataka. To proizilazi iz činjenice da veliki broj MSČ mogu da detektuju isti događaj. Za uspešno rešavanje ovog problema potrebno je razviti više algoritama koji će doprineti: efektivnoj selekciji posmatranog događaja i eliminaciji redundantnih podataka, detekciji i otklanjanju zagušenja u saobraćaju, izbegavanju zagušenja kao i kontroli gustine saobraćaja u MBSM-u. Većina od ovih algoritama zasniavaju svoja rešenja na kontroli iskorišćenosti bafera u BSC, kao i na kontroli frekvencije/brzine slanja podataka (*ACC-Active Congestion Control*) [6].

Stepen pouzdanog prenosa paketa – u većini slučajeva kod BSM-a, stepen pouzdanog (*reability*) prenosa podataka nije bio veliki. To je proizašlo iz činjenice da neke aplikacije kod BSM nisu zahtevale da se svaki paket primi. Bilo je dovoljno da se primi samo jedan ispravan paket od jednog SČ iz nekog regiona, a ne od svih, jer većinom su oni davali istu ili sličnu informaciju. To nam je davalo veću slobodu u razvoju mrežnih protokola za BSM. Međutim kod MBSM to nije slučaj, jer zbog prirode informacija koje ove mreže prenose, mora da se obezbediti potpuno pouzdan prenos, što ih po ovoj karakteristici jako približava standardnim žičanim mrežama. Sa druge strane međutim, svi multimedijalni podaci, slike, video ili audio informacije, sastoje se od podataka koji imaju različite standarde za siguran prenos

podataka. Da bi se postigla brzina prenosa multimedijalnih informacija koja je ranije opisana, ne šalju se svi podaci od kojih se ta informacija sastoji. Šalju se samo pojedini okviri koji sadrže neke delove te informacije, dok se ostatak informacije dobija preko različitih metoda interpolacije u samom odredištu tj. *sink*-u. Tako na primer jako je opasno da se u prenosu izgube ROI (*Region Of Interest*) podaci kod JPEG2000 ili *I-frame* kod MPEG kompresije [2]. Ukoliko se to desi nepovratno smo izgubili i informaciju koja se prenosi jer nam tada ni jedna interpolaciona metoda ne može pomoći. Kod standardnih BSM-a korišćena su dva metoda za rešavanje ovog problema: HtH (*Hop-to-Hop*) i EtE (*End-to-End*). HtH metod je ovde pokazao bolje rezultate u odnosu na tradicionalni EtE mehanizam, jer se na taj način smanjuje gustina saobraćaja a samim tim i ušteda potrošnje je veća. Međutim, zbog velikog broja paketa od kojih se sastoji informacija kod BSM bolje rezultate pokazale su kombinacije oba ova metoda [7]. Naime, ako se koristi samo HtH metod može doći do nepotrebnog uvećanja inteziteta saobraćaja a da se informacija nikada ne prenese do odredišta tj *sink*-a.

Višestruki putevi – Jedna od mogućnosti koju imamo na raspolaganju za povećanje brzine slanja, je da se paketi šalju različitim rutama. Navešćemo samo nekoliko razloga koja preporučuju ovakav način slanja podataka i to: a.) podela velikih a neophodnih podataka (*I-frame* ili *ROI* podatak) na manje delove koji će moći da stanu u limitirane resurse-bafere prolaznih MŠC. b.) veći broj različitih kanala po kojima se podaci šalju. Ako bi se podaci slali samo po jednom putu, mi ne bi smo mogli da dobijemo u realnom vremenu dovoljno podataka da bi imali kontinualnu informaciju o posmatranom događaju. c.) veliki broj različitih puteva doprinosi i sigurnijem i pouzdanijem prenosu. Kako su ove mreže jako podložne greškama, kao i promenama, često se dešava da pojedini putevi kojima idu podaci otkazu ili su otežani. U takvim uslovima, zbog prirode multimedijalnih podataka, od bitnog značaja je da se pojedini paketi usmere drugim putevima, kako bi informacija u *real-time* režimu stigla do *sink*-a. d.) ravnomernije opterećenje rada svih BŠC u mreži. U slučaju konstantnog opterećenja jednog puta, zbog limitiranih energetskih kapaciteta MŠC, veoma brzo će neki od njih otkazati rad. Ravnomernije balansiranje može znatno da doprinese dužem i pouzdanijem radu mreže [8]. Višeskokovita topologija MBSM omogućuje nam da od izvornog do odredišnog MŠC imamo više različitih puteva po kojima možemo da šaljemo podatke. Međutim ovakav način prenosa u BSM teško je ostvarljiv pre svega zbog povećane potrošnje energije kao i zbog zahtevanja EtE mehanizma potvrde prijema informacije.

Veličina paketa – u većini aplikacija, komunikacija u MBSM-u se sastoji od velikog broja paketa koje je potrebno poslati za samo jednu informaciju - *frame*. Veličina tih paketa ograničena je kako primenjenim operativnim sistemom tako i veličinom bafera primo/predajnika. Tako kod TinyOS, koji je postao gotovo standard kod primene u BSM, za komunikaciju između SČ-ova koristi se struktura *message_t*. Kod nje je standardna veličina korisnih podataka 28 byte a veličina zaglavlja 11 byte. Sa druge strane kod komunikacionog čipa CC2420, standard IEEE 802.15.4 max.veličina paketa je 128 byte. U oba slučaja ove veličine mogu se programski menjati [9]. Imajući u vidu da standardni paket koji se šalje zauzima od 28-110 byte korisnih (*payload*) podataka, (*message_t* kod

TinyOS), ispada da je broj paketa koje treba poslati za samo jednu sliku jako veliki i prelazi cifru od preko hiljadu paketa. Kako se u tim paketima najčešće nalazi veoma mali broj korisnih podataka u odnosu na podatke koji se odnose na *header* i *metadata* (28/18), od velikog je značaja da se ti "nekorisni" podaci smanje na najmanju moguću meru. Osnovnu ulogu u tome treba da odigra razvoj novih transportnih protokola namenjenih multimedijalnom prenosu informacija, koji bi trebalo da smanje količinu podataka koji se šalju za *header* i *metadata* [10].

4. ZAKLJUČAK

Prenos multimedijalnih podataka u sredinama koje su podložne velikom broju grešaka predstavlja jako složeni problem. Kada se tome doda jako siromašni resursi MŠC problem se još više komplikuje. Jako složena priroda, kao i nepredvidljivi uslovi u kojima rade MBSM, još više otežavaju i komplikuju razvoj i primenu ovakvog prenosa. Baš zbog toga, ova tema je jako zainteresovala mnoge istraživače i trenutno predstavlja jedno od najistraživanijih područja u BSM. Ovim radom pokušano je da se grupišu svi problemi i parametri o kojima treba voditi računa kod ovog prenosa, kako bi se pomoglo u daljem razvoju jednog efikasnog protokola za prenos multimedijalnih podataka.

LITERATURA

- [1] I.F.Akyildiz, M.C.Vuran, O.B.Akan, W.Su, "Wireless Sensor Networks: A Survey Revisited", Computer Networks Journal (Elsevier Science), Vol.38,Mart 2004.
- [2] I.F.Akyildiz, T.Melodia, K.R.Chowdhury, "Wireless Multimedia Sensor Networks: Applications and Testbeds", Proceeding of the IEEE, Vol.96, No.10, 2008
- [3] S.Misra,M.Reisslein,G.Xue, "A Survey of Multimedia Streaming in WSN", http://www.public.asu.edu/~ssatvaja/papers/ieee_survey.pdf, posećen 20.10.2010
- [4] S.Soro, W.Heinzelman, "A survey on Visual Sensor Networks", Advances in Multimedia, Volume 2009
- [5] J.Jones, M.Atiquzzaman, "Transport Protocols for WSN: State-of-the-Art and Future Directions", International Journal of Distribut.Senzor Networks, 2007
- [6] M.Kosanović, "Karakteristike transportnih protokola u multimedijalnim bežičnim senzorskim mrežama", YU INFO 2010, Kopaonik 03-06.03.2010
- [7] E.Gurses, O.B.Akan, "Multimedia Communication in WSN", <http://metalab.uniten.edu.my/~norazizah/RESEARCH PAPER WIRELESS SENSOR NETWORK/multimedia comm in wsn.pdf>, posećen 20.12.2010
- [8] Z.Li, S.Mao, S.Panwar, "The Case for Multipath Multimedia Transport over Wireless Ad Hoc Networks", <http://catt.poly.edu/~panwar/publications/The case for multipath multimedia transport in wireless ad hoc networks.pdf>, posećen 20.12.2010
- [9] P.Levis, TEP 111, message_t, <http://www.tinyos.net/tinyos-2.x/doc/html/tep111.html>, posećen 20.12.2010
- [10] M.Kosanović, M.Stojčev, "Reliable Transport Protocol with multi address sensor nodes", INFOTEH 2010, Jahorina 17-19.03.2010

REGISTARSKI SISTEM ZA UTVRĐIVANJE PERFORMANSI CQ ETHERNET KOMUTATORA IMPLEMENTIRANOG NA NETFPGA RAZVOJNOJ PLATFORMI

REGISTER SYSTEM FOR PERFORMANCE ANALYSIS OF CQ ETHERNET SWITCH IMPLEMENTED ON THE NETFPGA PLATFORM

Nikola Ljumović, Danilo Mišović, Milutin Radonjić, Igor Radusinović, *Elektrotehnički fakultet Podgorica*

Sadržaj – U ovom radu je prikazan način realizacije registarskog sistema CQ Ethernet komutatora na NetFPGA razvojnoj platformi. Registarski sistem omogućava analizu performansi komutatora kroz komunikaciju softverskog dijela dizajna i hardverske implementacije na NetFPGA platformi. Opisan je opšti princip funkcionisanja registarskog sistema u referentnom dizajnu kao i novorazvijeni modul koji ima zadatak, da kroz statistike prikupljenje u realnom okruženju, prikaže performanse komutacione matrice CQ Ethernet komutatora.

Abstract – In this paper register system of CQ Ethernet switch implemented on the NetFPGA platform is presented. Register system implements communication of software with hardware design on the NetFPGA platform allowing Ethernet switch performance analysis. General principles of reference design register system implementation are described as well as new module developed in order to determine Ethernet switch performance in the real network environment.

1. UVOD

Usled nedostatka adekvatne hardverske platforme za razvoj mrežnih uređaja, grupa istraživača sa Stanford Univerziteta u SAD kreirala je 2001. godine NetFPGA razvojnu platformu [1]. NetFPGA je jedna od prvih hardverskih platformi za realizaciju mrežnih uređaja, sa ogromnim potencijalom za primjenu u istraživačke svrhe. Danas ova razvojna platforma okuplja značajan broj istraživača i prisutna je u velikom broju akademskih i razvojjih institucija širom svijeta. NetFPGA posjeduje reprogramabilni FPGA čip koji omogućava korisnicima efikasno kreiranje naprednih, korisnički definisanih, mrežnih uređaja, korišćenjem jezika za opisivanje hardvera (Verilog) [2]. Odsustvom ovakvog rješenja, istraživanja u ovoj oblasti bi bila ograničena na velike naučnoistraživačke laboratorije, ili bi bila svedena na rad sa zatvorenim mrežnim sistemima, čiji bi funkcionalnost i dizajn bili u potpunosti određeni od strane proizvođača.

U cilju pojednostavljanja procesa realizacije novog mrežnog uređaja, istraživači sa Stanford-a su razvili tzv. referentnu hardversku arhitekturu [3]. Ona podrazumijeva već razvijene i testirane mrežne sisteme, definisane u Verilog kodu, i ima za cilj da omogući jednostavne izmjene i nadogradnju prilikom kreiranja različitih mrežnih uređaja. Ova arhitektura se sastoji od hardvera direktno povezanog na primopredajne portove, hardvera za komunikaciju sa host računarom preko PCI interfejsa i hardverske cjeline u okviru koje se realizuje sam mrežni uređaj (cjelina za korisnički definisanu logiku – *User Data Path*). Autori referentne arhitekture su posebnu pažnju posvetili hardverskom dizajnu *User Data Path*-a u želji da naprave modularnu osnovu koja se odlikuje velikom skalabilnošću i mogućnošću lake modifikacije u cilju realizacije različitih mrežnih uređaja. Međutim, takav dizajn, iako jednostavan i skalabilan, po pitanju performansi ne predstavlja najbolje rješenje. Upravo zbog te činjenice i sa željom da se dizajnira mrežni uređaj visokih performansi, autori ovog rada su kreirali potpuno novi *User Data Path* u okviru kojeg je realizovana sopstvena arhitektura Ethernet komutatora sa paralelnom obradom frejmova sa ulaznih portova [4].

Komutator je realizovan upotrebom *crossbar* komutacione matrice sa baferima u ukrsnim tačkama (*Crosspoint Queued - CQ*) [5, 6], čime je dat doprinos istraživanju ovakvog dizajna mrežnog uređaja. Na polju analitičkih i simulacionih istraživanja performansi ove arhitekture u poslednje vrijeme je postignut značajan napredak [7–9]. Ipak, važnost hardverske realizacije jednog ovakvog mrežnog uređaja se ogleda upravo u činjenici da će njegovo korišćenje i nadogradnja dati konkretne (a ne samo simulacione) rezultate po pitanju efikasnosti pomenute arhitekture i performansi koje ona sa sobom donosi.

U cilju detaljne analize performansi realizovanog CQ Ethernet komutatora neophodno je implementirati efikasan registarski sistem za interakciju sa softverom. U okviru referentnog dizajna istraživači sa Stanforda su kreirali registarski sistem koji predstavlja funkcionalno odvojenu hardversku cjelinu čija se glavna uloga ogleda u omogućavanju softverskog pristupa hardverskim registrima. Za razliku od referentnog dizajna *User Data Path*-a, koji je potpuno promijenjen u cilju realizacije CQ Ethernet komutatora, referentni registarski sistem predstavlja dobru osnovu koja se vrlo efikasno može primijeniti i u slučaju novog komutatora. U ovom radu modifikacija referentnog registarskog sistema se ogleda u implementaciju potpuno novog registarskog modula. Time je omogućeno efikasno praćenje rada komutatora u realnom vremenu, kroz ažuriranje i prosleđivanje podataka iz hardvera, na osnovu kojih će biti moguće sprovesti detaljnu i preciznu softversku analizu performansi ovog uređaja u različitim uslovima rada.

U drugom poglavlju ovog rada dat je kratak opis realizovanog CQ Ethernet komutatora sa osvrtom na funkcionalnost njegovog 3 glavna hardverska modula. U trećem poglavlju je opisan registarski sistem referentnog dizajna. Njegova modifikacija, koja se ogleda u implementaciji novog registarskog modula za potrebe CQ Ethernet komutatora, opisana je u četvrtom poglavlju. Na kraju su, u petom poglavlju, date završne konstatacije i zapažanja uz pregled mogućnosti daljeg rada i istraživanja na ovom polju.

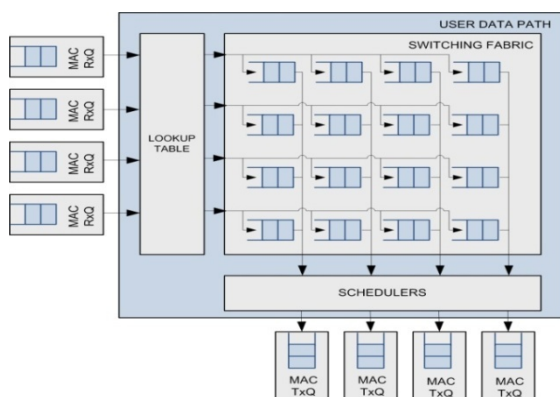
2. HARDVERSKI DIZAJN CQ ETHERNET KOMUTATORA

Hardverski dizajn realizovanog Ethernet komutatora čine 3 modula: *Lookup table*, *Switching fabric* i *Schedulers* (slika 1). U cilju razumijevanja toka obrade podataka važno je pomenuti i *MAC RxQ* i *MAC TxQ* module iako nijesu dio *User Data Path-a*. *MAC RxQ* modul vrši ulazno baferovanje, obavlja segmentaciju Ethernet frejma na 64-bitne pakete, dodaje kontrolne bitove i 64-bitno zaglavlje svakom frejmu. Osnovna uloga *Lookup table* modula se ogleda u kreiranju i ažuriranju tabele prosleđivanja na osnovu koje se donosi odluka na koji port frejm treba prosljediti. Modulom *Switching fabric* realizuje se komutaciona matrica koju karakterišu četiri ulaza, četiri izlaza i 16 bafera u ukrsnim tačkama. Ovaj modul ne vrši nikakvu obradu paketa. Njegov zadatak je da prihvati paket, smjesti ga u odgovarajući bafer i očita iz istog u trenutku kada se steknu uslovi za to. Modul *Schedulers* je zadužen za definisanje algoritma posluživanja bafera komutacione matrice. Za algoritam posluživanja je odabran *round robin*. Takođe, zadatak ovog modula je da obavi desegmentaciju Ethernet frejma i provjeru njegove ispravnosti. Frejm je validan ukoliko nijedan od 64-bitnih paketa na koje je prethodno segmentiran nije odbačen. U suprotnom kompletan frejm se odbacuje. Na kraju, *MAC TxQ* modul prihvata ispravni frejm, uklanja dodato zaglavlje i šalje ga na izlazni port.

3. REGISTRARSKI SISTEM ZA UTVRĐIVNJE PERFORMANSI U REFERENTNOM DIZAJNU

Projektovanje jednog efikasnog mrežnog uređaja se ne završava hardverskom realizacijom njegovih osnovnih funkcionalnosti, već je, uz to, važno kreirati i optimalni sistem za softverski monitoring i interakciju sa uređajem. Upravo u tom cilju, u okviru referentnog dizajna, implementiran je funkcionalno odvojen registarski sistem. Osnovni razlog formiranja registarskog sistema je omogućavanje softverske interakcije sa uređajem u cilju implementacije naprednih funkcionalnosti, praćenja ispravnosti rada uređaja i kreiranja statistike na osnovu koje je moguće dobiti detaljan uvid u njegove performanse.

Svaki modul realizovanog mrežnog uređaja, sa kojim se želi omogućiti softverska interakcija, u sebi mora imati definisan podmodul registarskog sistema. Funkcija ovog podmodula je da u svojim registrima ažurira i čuva podatke od interesa, prosleđuje ih ili mijenja u zavisnosti od zahtjeva

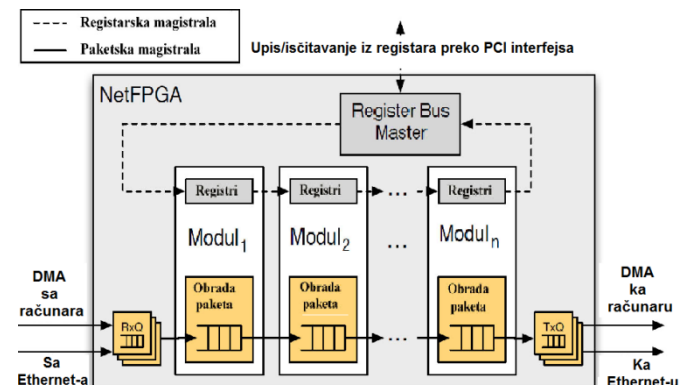


Slika 1. Hardverski dizajn Ethernet komutatora

softvera. Svi registarski moduli (podmoduli glavnih modula mrežnog uređaja) su povezani u odvojen registarski sistem oblika prstena (slika 2). Upravo ovakav način povezivanja registarskih modula referentnog registarskog sistema u velikoj mjeri olakšava istraživačima promjenu postojećeg dizajna. Naime, bilo da se radi o dodavanju potpuno novog registarskog modula u prstenu (što će ovdje biti slučaj) ili o modifikaciji jednog od postojećih modula referentnog dizajna, realizacija ostalih modula ostaje nepromijenjena.

Pristup softvera hardverskim registrima je omogućen njihovim memorijskim mapiranjem u adresni prostor Kernel-a. Svaki registar dobija adresu u memoriji preko koje mu softver može pristupiti. Pristupom memorijskoj lokaciji registra softver zapravo pristupa samom registru u hardveru, preko PCI interfejsa. Na ovaj način je pojednostavljeno kreiranje softvera, jer iz perspektive softverske realizacije registri predstavljaju lokacije u sistemskoj memoriji računara. U pozadini, nakon što softver pokuša da pristupi memorijskoj lokaciji koja odgovara određenom registru, vrši se prosleđivanje tog zahtjeva preko PCI interfejsa do REGISTER BUS MASTER-a (slika 2). REGISTER BUS MASTER je jedini od svih hardverskih modula u prstenu koji direktno komunicira sa računarom. Njegov zadatak je da, nakon pristizanja zahtjeva od strane softvera, inicira registarske zahtjeve za upis ili očitavanje ka ostalim modulima u prstenu. Registarski moduli prstena analiziraju zahtjev i odgovaraju, ili ga prosleđuju narednom modulu prstena. Na kraju, REGISTER BUS MASTER prima odgovor koji dostavlja softveru preko PCI interfejsa.

Da bi ovako definisan registarski sistem mogao da funkcioniše, prije sintetizacije projekta neophodno je izvršiti njegovu konfiguraciju. Konfiguracija registarskog sistema vrši se pomoću konfiguracionih XML fajlova. Glavni XML fajl projekta (mrežnog uređaja) specificira module kojima se realizuje funkcionalnost uređaja kao i one module u okviru kojih će biti realizovani registarski podmoduli. Takođe, svaki modul mrežnog uređaja čiji se rad želi pratiti, mora da posjeduje svoj konfiguracioni fajl koji, između ostalog, navodi broj i imena registara koji su u okviru njegovog registarskog podmodula implementirani. Registarski sistem na bazi tih konfiguracionih fajlova alocira memoriju za svaki modul i njemu pripadajuće registre. Takođe, na osnovu pomenute konfiguracije projekta vrši se i automatsko kreiranje Verilog fajla sa makroima adresa registara koje za njihovo pozivanje koristi REGISTER BUS MASTER. Pri



Slika 2. Modularni tok obrade: Paketska i registarska magistrala

tome, imena registara, a time i imena njihovih makroa, se daju tako da asociraju na sadržaj registra eliminišući potrebu za pamćenjem i korišćenjem kompleksnih adresa.

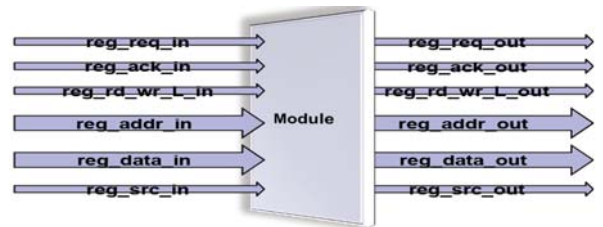
Komunikacija između dva registarska modula se obavlja posredstvom šest tipova signala i to *reg_req_**, *reg_ack_**, *reg_rd_wr_l_**, *reg_addr_**, *reg_data_** i *reg_src_**. Svaki modul za komunikaciju sa svojim susjedom koristi dolazne (*in*) i odlazne (*out*) registarske signale (slika 3). Signali *reg_req*, *reg_ack* i *reg_rd_wr_l* su jednobitni, *reg_src* je dvobitni, signal *reg_addr* sadrži 23 bita dok *reg_data* prenosi 32 bita. Zahtjevi i odgovori registara se signaliziraju postavljanjem signala *reg_req* na logičku jedinicu. Ovaj signal ima vrijednost logičke jedinice u toku samo jednog takta. *Reg_ack* je logička nula kada modul generiše zahtjev a logička jedinica kada modul odgovara na zahtjev. *Reg_data* signal prenosi podatke koji su smješteni u željenom registru.

Signal na osnovu kojeg registarski modul prstena zna da li je zahtjev namijenjen njemu je *reg_addr_in*. Logički, ovaj signal je podijeljen na dva dijela. Njegovu vrijednost formira *REGISTER BUS MASTER*, konkatencijom makroa koji predstavljaju identifikatore modula (*module tag*) i samog registra u okviru tog modula. Dakle, kada modul primi zahtjev on najprije provjerava *modul tag*. Ukoliko *modul tag* odgovara tom modulu, provjerava se sam identifikator registra. U slučaju da identifikator registra odgovara nekom registru tog modula, modul procesira zahtjev, dodjeljuje traženu vrijednost signalu *reg_data_out* a signal *reg_ack_out* postavlja na logičku jedinicu. U suprotnom, zahtjev se prosleđuje sljedećem modulu. S obzirom da svaki modul može generisati zahtjev, *reg_src_in* signal služi da identifikuje modul koji ga je generisao. Na osnovu ove informacije modul, koji sadrži željene informacije, zna kome ih treba proslijediti. Da bi ovaj mehanizam mogao da funkcioniše, svaki modul mora imati jedinstvenu vrijednost ovog signala.

4. REALIZACIJA NOVOG REGISTARSKOG PODMODULA U OKVIRU SWITCHING_FABRIC-A

Performanse CQ Ethernet komutatora su u najvećoj mjeri određene dizajnom komutacione matrice (*switching_fabric* modula) i primijenjenim algoritmom posluživanja bafera (*schedulers* modul). Od parametara poput veličine bafera u ukrsnim tačkama, inteziteta i vrste dolaznog saobraćaja kao i algoritma posluživanja zavisice i performanse komutacione matrice, a samim tim i performanse komutatora u cjelini. Ove performanse se opisuju sa više parametara od kojih su najznačajniji propusnost, vjerovatnoća gubitka i srednje kašnjenje paketa. U cilju njihovog preciznog određivanja, modifikacijom opisane referentne registarske arhitekture kreiran je registarski sistem CQ Ethernet komutatora. Logika i princip funkcionisanja registarskog sistema su zadržani, dok je u okviru *switching_fabric* modula implementiran potpuno novi registarski podmodul pod nazivom *sf_regs*.

Realizacija ovog podmodula obezbjeđuje praćenje rada komutacione matrice u realnom vremenu kroz ažuriranje i prosleđivanje podataka na osnovu kojih je moguće precizno izračunati pomenute parametre za ocjenu performansi komutatora. Pri tome, ovaj podmodul funkcioniše paralelno sa komutacionom matricom i ne utiče na njen rad.



Slika 3. Komunikacija između susjednih registarskih modula

Funkcionalnost *sf_regs* podmodula je realizovana pomoću 48 registara. Svakom od 16 bafera komutacione matrice odgovaraju 3 registra i to: *num_pkts_sent_to_buff* (broj pristiglih paketa), *num_pkts_stored_in_buff* (broj prihvaćenih paketa) i *time_pkts_spent_in_buff* (ukupan broj taktova koji su svi paketi proveli čekajući u baferu). Korišćenjem ova 3 podatka moguće je za svaki od bafera izračunati propusnost (ρ), vjerovatnoću gubitka (P_L) i srednje kašnjenje (T) kao:

$$\rho = \frac{\text{num_pkts_stored_in_buff}}{\text{num_pkts_sent_to_buff}} \quad (1)$$

$$P_L = \frac{\text{num_pkts_sent_to_buff} - \text{num_pkts_stored_in_buff}}{\text{num_pkts_sent_to_buff}} \quad (2)$$

$$T = \frac{\text{time_pkts_spent_in_a_buff}}{\text{num_pkts_stored_in_buff}} \quad (3)$$

Ovo računanje je realizovano u softveru i zasniva se na pozivanju ranije kreiranih funkcija za očitavanje vrijednosti registra. Pri tome, važno je napomenuti da registarski sistem koristi 32-bitne magistrale za prenos podataka što ograničava veličinu registra na 32 bita. Iako se u ovako definisanom registru može sačuvati velika maksimalna vrijednost ($2^{32}-1$) ona pri dužem praćenju saobraćaja visokog intenziteta neće biti dovoljna. U cilju prevazilaženja ovog ograničenja, *sf_regs* podmodul je hardverski realizovan tako da resetuje vrijednost registra odmah nakon njegovog očitavanja. Ovo je realizovano korišćenjem beskonačne *while* petlje u okviru koje se čita sadržaj svih 48 registara. Sabiranje vrijednosti registra dobijenih prolascima kroz petlju se vrši u softveru kod kojeg pomenuto ograničenje ne postoji.

4.1. Hardverska realizacija *sf_regs* podmodula

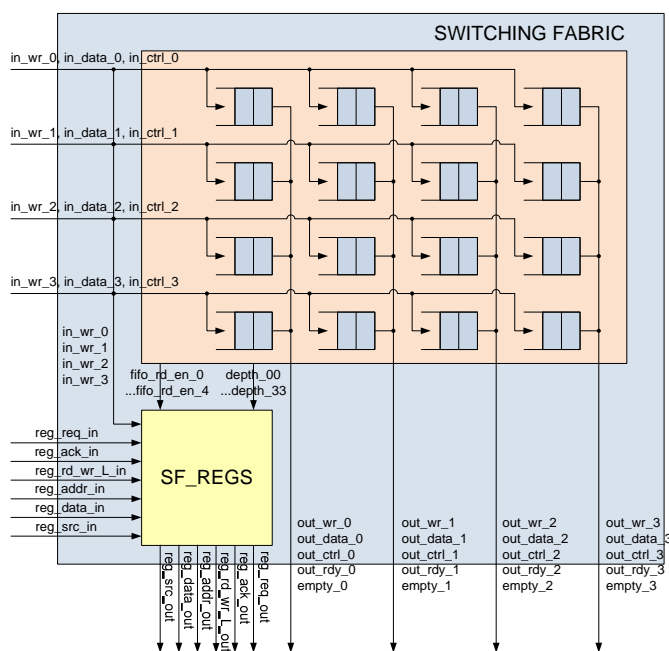
Šema implementacije *sf_regs* podmodula, u okviru *switching_fabric* modula, je prikazana na slici 4. *Sf_regs* podmodul posjeduje 6 standardnih ulaza i izlaza registarskog sistema, koji služe za procesuiranje zahtjeva za čitanjem vrijednosti registara. Osim njih, ulazi ovog modula su i 4 četvorobitna *in_wr* signala koji se dovode sa ulaza komutacione matrice, kao i 4 četvorobitna *fifo_rd_en* signala i 16 *depth* signala koji se ovom modulu prosleđuju iz same komutacione matrice.

In_wr signali odgovaraju vrstama komutacione matrice i signaliziraju dolazak paketa do bafera u ukrsnim tačkama. Svakom baferu u redu odgovara jedan bit *in_wr* signala pri čemu vrijednost 1 tog bita označava dolazak paketa na ulaz bafera. Na svakoj pozitivnoj ivici takta vrši se pojedinačna provjera svakog bita *in_wr* signala. Ukoliko je vrijednost bita logička jedinica, paket je stigao, pa se shodno tome vrši ažuriranje odgovarajućeg *num_pkts_sent_to_buff* registra. Za razliku od *in_wr* signala, *fifo_wr_en* signali su interni signali

komutacione matrice. Analogno *in_wr* signalima i ovdje postoje 4 četvorobitna signala za svaku vrstu matrice pri čemu po jedan bit odgovara svakom baferu te vrste. Ti bitovi označavaju upis paketa u bafer. Ukoliko je bafer pun odgovarajući bit *fifo_wr_en* signala neće biti podignut na logičku jedinicu i paket će biti odbačen. Kao i kod *in_wr* signala, na pozitivnoj ivici svakog takta vrši se provjera svakog bita *fifo_wr_en* signala. Ukoliko je vrijednost bita koji odgovara određenom baferu 1, paket je upisan, pa se vrši ažuriranje odgovarajućeg *num_pkts_stored_in_buff* registra. *Depth* signali su takođe interni signali komutacione matrice. Oni sadrže informaciju o trenutnoj zauzetosti svakog bafera i služe za izračunavanje ukupnog broja taktova koje su svi paketi proveli u tom baferu. Ovo izračunavanje je realizovano tako što se na svakoj pozitivnoj ivici takta u odgovarajući *time_pkts_spent_in_buff* registar dodaje vrijednost *depth* signala. Time se na jednostavan način dobija ukupan broj taktova koje su svi paketi proveli u baferu.

Procesuiranje zahtjeva za očitavanjem registara realizovano je pomoću prostog automata. Na početku se modul nalazi u stanju čekanja na zahtjev (*WAIT_REG_REQ* stanje). Po pristizanju zahtjeva (*reg_req_in* = 1), modul prelazi u stanje procesuiranja zahtjeva (*SERVE_REQUEST*). *Sf_regs* vrši analizu adrese registra (*reg_addr_in*). Ukoliko zahtjev nije namijenjen tekućem modulu, *sf_regs* ga prosleđuje ka narednom modulu registarskog prstena. Ukoliko zahtjev jeste namijenjen njemu i ukoliko je adresa registra validna, modul prosleđuje vrijednost traženog registra i vrši njegovo resetovanje. Nakon toga modul se vraća u stanje čekanja zahtjeva *WAIT_REG_REQ*.

Važno je, na kraju, napomenuti da performanse komutacione matrice neće u potpunosti definisati performanse switch-a u cjelini, mada će značajno uticati na njih. Naime, ovaj switch podrazumijeva obradu podataka i prije dolaska paketa do komutacione matrice (*Lookup_table*



Slika 4. Realizacija *sf_regs* podmodula u okviru *switching_fabric* modula

MAC RxQ) i nakon nje (*Schedulers*, *MAC TxQ*) pa će i pomenuta obrada podataka svakako usloviti određeno degradiranje performansi Ethernet komutatora.

5. ZAKLJUČAK

Registarski sistem, predstavljen u ovom radu, omogućava softversku interakciju sa uređajem i registrima u hardveru u cilju analize performansi CQ Ethernet komutatora. Način na koji je realizovan registarski sistem u referentnom dizajnu omogućava relativno jednostavno dodavanje novih registarskih modula. Stoga je u ovom radu, pored referentnog registarskog sistema, predstavljen i novorazvijeni *sf_regs* modul. Opisana je hardverska realizacija modula kao i način na koji se ažuriraju vrijednosti u svakom od registara u okviru modula. Rezultati dobijeni testiranjem dizajna u realnom okruženju treba da pokažu kako na performanse same komutacione matrice utiču parametri kao što su vrsta i intenzitet dolaznog saobraćaja, veličina bafera u ukrsnim tačkama, različiti algoritmi posluživanja paketa. Dalji rada će se bazirati na detaljnoj softverskoj analizi performansi komutatora kao i na kreiranju registarskih podmodula preostala dva modula komutatora. To će omogućiti analizu uticaja i ove dvije hardverske cjeline na performanse komutatora. Ove analize će predstavljati dobru osnovu za dalja unapređenja predloženog dizajna.

LITERATURA

- [1] Stanford University, NetFPGA homepage, Users Guide, <http://netfpga.stanford.edu>
- [2] S. Palnitkar "Verilog - A Guide To Digital Design And Synthesis", Prentice Hall, 2003.
- [3] User guide, <http://netfpga.org/>
- [4] N. Ljumović, D. Mišović, M. Radonjić, I. Radusinović, "Realizacija CQ Ethernet komutatora na NetFPGA razvojnoj platformi", Proc. of TELFOR 2010, Serbia, November 2010, pp. 282-285
- [5] J. Čvorović, I. Radusinović, M. Radonjić, "Buffering in Crosspoint-Queued Switch", Proc. of TELFOR 2009, Serbia, November 2009, pp. 198-201
- [6] Y. Kanizo, D. Hay, I. Keslassy, "The Crosspoint-Queued Switch", Proc of IEEE Infocom '09, Brazil 2009, pp. 729-737.
- [7] M. Radonjic, I. Radusinovic, "Impact of scheduling algorithms on performance of crosspoint-queued switch", Annals of telecommunications, to be published
- [8] M. Radonjic, I. Radusinovic, "Buffer Length Impact to 32x32 Crosspoint Queued Switch Performance", Proc. of ISCC 2010, Riccione, Italy, 2010, pp. 954-959.
- [9] M. Radonjic, I. Radusinovic, "Average Latency and Loss Probability Analysis of Crosspoint Queued Crossbar Switches", Proc of IEEE Elmar 2010, Zadar, 2010.
- [10] Register system, <http://netfpga.org/>

INORMACIONO-KOMUNIKACIONI ALATI U OBUCI POMORACA NA PRIMJERU NAVI-TRAINER NAUTIČKOG SIMULATORA

INFORMATION-COMMUNICATION TOOLS IN SEAMEN TRAINING AT THE EXAMPLAR OF NAVI-TRAINER SIMULATOR

Sanja Bauk, Tatijana Dlačić, Fakultet za pomorstvo, Univerzitet Crne Gore

Sadržaj - U radu je dat okvirni prikaz modularne structure i osnovnih funkcija navigacionog simulatora Navi-Trainer Professional 4000 (ver. 6.42), namijenjenog obuci pomoraca. Izlistani su zadaci instruktora, kao i mogućnosti simulatora koje mu stoje na raspolaganju pri postavljanju zadatka kandidatima. Opisani su modovi rada i alati simulatora pomoću kojih kandidati mogu uspješno da odgovore na zadatke koje im postavlja instruktor. Na kraju rada je ukazano na potrebu poboljšanja komunikacija između stručnjaka iz prakse (tj. aktivnih kapetana), istraživača u domenu teorijske navigacije, poznavalaca informaciono-komunikacionih tehnologija i budućih generacija pomoraca, u cilju kvalitetnije obuke pomoraca i posljedično bezbjednije navigacije.

Abstract – In the paper the brief description of modular structure and basic functions of nautical simulator Navi-Trainer Professional 4000 (ver. 6.42), devoted to the seamen training, has been given. The instructor's tasks have been listed, as well as the simulator facilities which are available to the instructor in the process of the tasks formulation and their presentation to the trainees. The working modes and simulator's tools have been described, as those by which the trainees might successfully answer to the tasks given by the instructor. At the end of the article the need for improving communications between the experts in practical navigation (i.e. active captains), researchers in the domain of theoretical navigation, experts in the field of ICT and new generations of seamen, with the aims of achieving greater quality level of seamen training, and ultimately much more safe navigation.

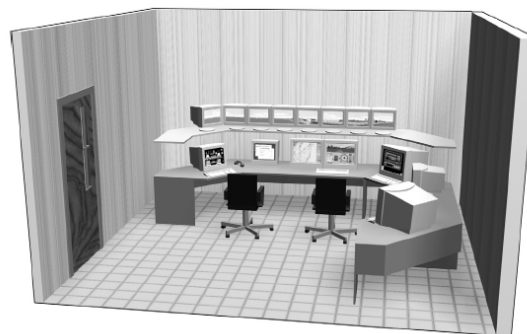
1. UVOD

Razvojem informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u domenu pomorske navigacije, računari i njihova prateća oprema, postali su sastavni dio radnog okruženja na brodu. Nove generacije pomoraca, uče se tome kako da se služe računarima, kako principijelno da razumiju njihov rad, upoznaju se sa mogućnostima primijene računara u administrativnim poslovima na brodu, a posebno u izvođenju što preciznije i bezbjednije navigacije. Svi IK¹ sistemi (alati) koji se danas koriste u vođenju broda (navigaciji) i određivanju njegove pozicije, blizu su savršenstvu. Međutim, bila bi ozbiljna greška uzeti tehnologiju za savršenu! Isto tako, nedopustivo je ignorisati ljudsku kariku u elektronskom navigacionom lancu akcija-reakcija. U krajnjem, kapetan broda snosi odgovornost za sigurnost broda i bezbjednost posade, odnosno ljudskih života. Dodatno, prvi oficir palube zadužen je da bezbjedno dovede brod do određene luke, tj. luke pristajanja. Pored ovoga, principi navigacije su već vijekovima nepromjenljivi, kao i parametri koji se vezuju za navigaciju, te se IK sistemi (alati) ovdje javljaju kao komponenta više, kao određeni kvalitativni ponder nauke o vođenju broda i navigacione vještine.

2. KRATAK OPIS NAVI-TRAINER SIMULATORA

Navi-Trainer 4000 Professional simulator (ver. 4.62), proizvođača Transas Marine, pojavio se na tržištu krajem 90-tih godina prošlog vijeka, uporedo sa komercijalizacijom Windows-a, odnosno, preciznije, Windows NT operativnog

sistema, a u skladu sa odgovarajućim preporukama STCW² Konvencije. Namijenjen je obuci kandidata (nautičara) u domenima kontrole vođenja broda i manevrisanja. Simulator je modularnog tipa, a u najjednostavnijoj varijanti čine ga dvije komponente. Jedna je instruktorska stanica (slika 1), sa računarom-serverom i multi-monitorskim, multi-prozorskim okruženjem u kome se postavljaju navigacioni zadaci kandidatima, u određenim zonama plovidbe, sa predefinisanim navigacionim parametrima sopstvenog broda i okruženja. Druga komponenta simulatora je stanica u kojoj se obrazuju, odnosno, obučavaju kandidati (slika 2), a koja se sastoji od više displeja, sa prikazom glavnog kontrolnog panela, radarske slike, ECDIS³-a, kao i od upravljačke konzole. Takođe, sastavni dio stanice u kojoj se obučavaju kandidati su veliki ekrani (paneli) i projektori za što vjerniju vizualizaciju neposrednog okruženja broda (koja uključuje sistem kamera i durbina postavljenih sa svih strana broda).



Sl. 1. Prikaz instruktorske radne stanice

¹ IK – skr. informaciono-komunikacioni (sistemi, alati)

² STCW - The Standards of Training, Certification & Watchkeeping, eng.

³ ECDIC – Electronic Chart Display and Information System, eng.



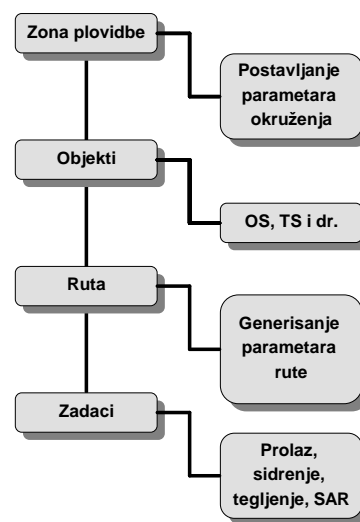
Sl. 2. Prikaz stanice namijenjene obuci kandidata

3. ZADACI KOJE INSTRUKTOR POSTAVLJA KANDIDATIMA

Instruktor osmišljava zadatke, odnosno, navigacione vježbe namijenjene edukaciji, ili preciznije, obuci kandidata. Postavlja ih na svojoj instruktorskoj stanici, a onda ih učitava u stanicu kojom upravljaju kandidati, te potom pokreće proces simulacije. U tom pravcu, instruktor prvo mora da se opredijeli za neko od područja plovibe koje je pohranjeno, obično, u vektorskoj formi u memoriji servera (Baltimore, Dardanelles, Dover Strait, Gibraltar Strait, Great Britan South Coast, Huston, Malakka Strait, Palma de Mallorca, itd.), ili se pak vježba postavlja na otvorenom moru. Nakon izbora zone plovibe, instruktor postavlja parametre vezane za spoljašnje faktore u odabranoj zoni: struje (brzina i pravac); vjetar (brzina, pravac, jačina – počev od bonace, preko povjetarca, do olujnog vjetra, jačine do 11 bofora, npr.); talase (visina, pravac); plimu (visina plimnog talasa); vidljivost (bistrina neba, oblačnost – 3D vizualizacija oblaka); maglu (intenzitet, vidljivost) i dr. Potom slijedi unošenje sopstvenog broda kao objekta (OS – own ship, eng.) i ucrtavanje rute na mapi. Parametri rute se automatski kreiraju. U ovom kontekstu treba napomenuti da se u pomorskoj navigaciji plovi loksodromski po ortodromi, tj. ortodroma se podijeli (simulacijama) na optimalan broj međutačaka između kojih se plovi u loksodromskom (stalnom) kursu. Kod ovakve navigacije kriterijum optimalnosti je obično minimizacija razlike ortodromske udaljenosti između krajnjih tačaka i sume loksodromskih udaljenosti između svih međutačaka (uključujući tu i krajnje tačke). Parametri rute, odnosno, optimalne putanje broda, koji se automatski generišu su: međutačke (WP- waypoints, eng.), longituda i latituda (λ , φ), brzina kojom se brod kreće (ovo važi za tzv. target mete, ali ne i za sopstveni brod kojim upravljaju kanidati u svojoj stanici i kome kandidati podešavaju brzinu), udaljenosti između pojedinih međutačaka, greške izračunavanja (XTE – cross track error, eng.), očekivano vrijeme dolaska u sljedeću tačku preključenja (ETA-estimated time of arrival, eng.), ugao zakretanja broda (tj. promjena kursa) u određenoj međutački i dr. Ovdje treba napomenuti i to da kandidati na ECDIS prikazu u svojoj stanici vide sve parametre rute, ukoliko odaberu tu opciju, kao jednu od onih koje će se prikazivati na ECDIS-u. Sa stanovišta kandidata je posebno interesantno da raspolazu informacijama o ETA i udaljenosti do sljedeće međutačke, kao i informacijom o odgovarajućoj promjeni kursa u datoj tački preključenja. Instruktor aktuelnu

saobraćajnu situaciju može da učini složenijom, umetanjem drugih brodova, tzv. meta (TS - target ships, eng.), npr. velikih preookeanskih brodova (balkovi, brodovi za generalni teret, kontejnerski brodovi, tankeri), brodova male obalne plovibe, ribarskih barkaca, brzih feribota, tegljača, barži i sl. Takođe, instruktor kompleksnosti saobraćajne situacije može da doprinese, da tako kažemo, unošenjem raznih plutajućih objekata (floating objects, eng.) tipa kontejnera, recimo, ili nekih terestričkih objekata (npr. VTS⁴ radarskih sistema).

Shematski prikaz zadataka koje treba da realizuje instruktor u pripremi vježbi za kandidate koji se obučavaju, dat je na slici 3. Shodno prikazu, instruktor, dakle, treba da odabere zonu plovibe, da definiše meteorološke uslove u okruženju, da definiše objekte, unese rutu sa odgovarajućim parametrima, i na poslijetku da specficira zadatke koje kandidati treba da riješe.



Legenda: OS – sopstveni brod (brod kojim upravljaju kandidati); TS – mete (drugi brodovi); SAR⁵ – akcije traganja i spasavanja

Sl. 3. Zadaci instruktora

Nakon definisanja objekata i drugih uslova okruženja u kojima se navigacija odvija, od strane instruktora, kandidati dobijaju konkretne zadatke vezane za optimalno vođenje broda u nekoj restriktivnoj zoni (izbjegavanje sudara i/ili nasukanja), tegljenje, vezivanje (sidrenje), realizaciju akcija traganja i spasavanja (tzv. SAR⁵ aktivnosti) i sl. Od kandidata se očekuje da brzo i ispravno reaguju, a da bi to mogli učiniti, moraju da posjeduju određena nautička znanja i vještine, da su osposobljeni za timski rad, te dodatno, da su familijarni sa radom u odgovarajućem IKT okruženju.

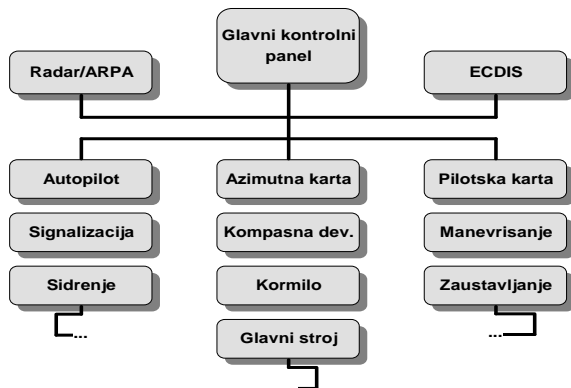
4. ZADACI KOJE IZVRŠAVAJU KANDIDATI

Kandidati koji se obučavaju na Navi-Trainer 4000 simulatoru imaju na raspolaganju radar/ARPA displej, glavni kontrolni panel sa nekoliko različitih *on-screen* prikaza posredstvom kojih imaju pregled aktuelne saobraćajne situacije u neposrednom okruženju broda, te mogu da

⁴ VTS – Vessel Traffic Service, eng.

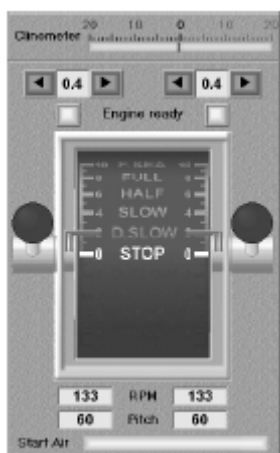
⁵ SAR – Search and Rescue Activities, eng.

manevrišu i upravljaju zvučnom i svjetlosnom signalizacijom. Pored radar/ARPA displeja i glavnog kontrolnog panela povezanog sa upravljačkom konzolom (točkom kormila i ručicom mašinskog telegrafa), kandidati raspolažu i ECDIS displejom na kome mogu da prate aktuelne parametre rute, sistemske parametre, AIS⁶ mete i informacije, kurs preko dna i kroz vodu, uporedne podatke sa magnetog i žiro-kompassa i dr. (slika 4).



Sl. 4. Pregled kontrolnih panela koji stoje na raspolaganju kandidatima

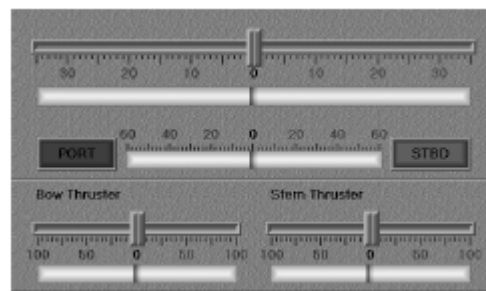
Neki segmenti kontrolnog panela koji stoje na raspolaganju kandidatima, prikazani su na slikama 5-8. Tako je na slici 5 prikazan prozor za kontrolu pogonskog stroja (motora), odnosno, vizualizovan mašinski telegraf. U ovom slučaju brod ima dva motora, tako da postoje dvije ručice mašinskog telegrafa, inače, izgled ovog upravljačkog panela zavisi od vrste broda kojim se upravlja na simulatoru.



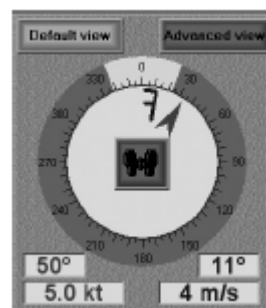
Sl. 5. Upravljanje glavnim strojem: ručice mašinskog telegrafa (slučaj broda sa dva pogonska motora)

Na slici 6 je prikazan prozor za upravljanje kormilom (određivanjem strane i ugla zakretanja lista kormila), te pramčanima i krmenim potiskivačima. Slično prethodnom slučaju, broj i raspored potiskivača zavise od tipa broda kojim se upravlja. Na slici 7, dat je prikaz osnovnog pravca posmatranja sa komandnog mosta (usmjeren naprijed), sa oznakom azimuta. U donjem lijevom uglu dati su pravac i brzina struje (u čvorovima - kt), a u donjem desnom uglu dati

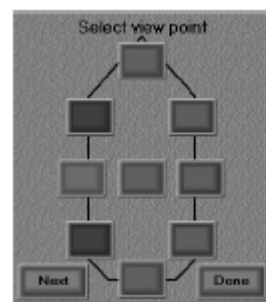
su podaci o pravcu i brzini vjetra (u m/s). Na slici 8, dat je shematski prikaz broda i devet mogućnosti izbora pravca osmatranja njegovog neposrednog okruženja (tj. mogućnosti usmjeravanja pogleda osmatranja u raznim pravcima).



Sl. 6. Upravljanje kormilom i potiskivačima



Sl. 7. Prikaz azimutne karte – osnovni pravac posmatranja (naprijed)



Sl. 8. Kontrola pravca osmatranja neposrednog okruženja broda

Kod osnovnog radarskog prikaza, tj. kada radarska antena normalno rotira i kada se emituju/primaju radarski signali, omogućuje se dobijanje i prikaz standardne radarske slike (tzv. transmit mode, eng.). Na ovakvom, najjednostavnijem radarskom prikazu (slika 9), sopstveni brod je u centru ekrana sa prikazom pramčanice po uglom 0° (tzv. head-up mode, eng.).

Pored podataka o poziciji sopstvenog broda, na ekranu se obično vide podaci o brzini i pravcu vjetra, dubini ispod kobilice, radarskim prstenovima na određenoj udaljenosti (radar rings, eng.) i sl. Prikazi radarske slike se, naravno, mogu mijenjati zavisno od realnih potreba. Detaljniji opisi modova rada radara mogu se naći u referenci [4]. ARPA⁷ je od posebnog značaja za auto-akviziciju meta (drugih brodova/plovnih objekata) i njima pripadnih zona,

⁶ AIS – Automatic Identification System, eng.

⁷ ARPA – Automatic Radar Plotting Aid, eng.

izračunavanje aktuelne udaljenosti sopstvenog broda od drugih brodova/plovnih objekata u blizini, kao i za izračunavanje minimalne daljine bezbjednog prolaza (tj. mimoilaženja) i sl. O ARPA sistemu se, kao i o radaru, više može naći u referenci [4].



Sl. 9. Osnovni radarski prikaz relativnog kretanja broda

Pored centralnog upravljačkog panela sa digitalnim displejem i upravljačke konzole sa kontrolnim/komandnim dugmetima, kormilarskim točkom i ručicom mašinskog telegrafa, kao i pored radar/ARPA uređaja, kandidatima na raspolaganju pri radu na Navi-Trainer 4000 simulatoru stoji i ECDIS.



Sl. 10. Dio ECDIS prikaza: elektronska karta

ECDIS pored dijela ekrana namijenjenog prikazu elektronske karte, može da daje informacije o ID oznakama (brojevima) ostalih raspoloživih karata u odnosnoj kolekciji, plan rute sa međutačkama i svim relevantnim informacijama vezanim za njih (brojevi, longitude, latitude, loksodromski kursevi, ETA, XTE i dr.), simbole sopstvenog broda i meta (OS, TS), primarnu i sekundarnu poziciju sopstvenog broda, vektore kretanja: kurs preko dna (dvije strelice) i kurs kroz vodu (jedna strelica), pozicije i vektore kretanja (sudarne vektore) meta automatski akviziranih od strane ARPA sistema, (buduće) rezultate manevrisanja, vektore morskih struja i slično. Više o modovima rada i funkcijama ECDIS-a, može se naći u referenci [6].

5. ZAKLJUČAK

Iz prethodnog, okvirnog prikaza strukture i performansi Navi-Trainer Professional 4000 nautičkog simulatora, jasno je da se radi o sofisticiranom IK alatu, namijenjenom obuci pomoraca u skladu sa aktuelnim SCTW preporukama. Kandidati mogu da provjere svoje nautičko znanje i testiraju svoje navigacione vještine, kao i one vještine vezane za korišćenje informatičkih alata u Windows NT okruženju, u kome simulator radi, dakle, u virtualnoj realnosti, prije nego što se oprobaju kao navigatori u realnim okolnostima. Simulator radi po principu integrisanog sistema navigacionih uređaja (IBS - integrated bridge system, eng.), obezbjeđujući pritom virtualnu redundantnost u slučaju otkaza pojedinih uređaja, korišćenje standardnog korisničkog IK interfejsa, signalizacije i alarma, akviziciju i monitoring svih relevantnih nautičkih parametara, itd. Ono što bi u domenu korišćenja ovog, ili sličnog simulatora, trebalo poboljšati u obuci pomoraca, jeste komunikacija između iskusnih nautičara (aktivnih kapetana), poznavalaca strukture i performansi IK alata, stručnjaka (istraživača) u domenu teorijske navigacije, instruktora na simulatoru i samih kandidata. Te komunikacije su trenutno najosjetljivija karika u lancu virtualno-stvarne edukacije i obuke budućih pomoraca. Prisustvo isključivosti jednih prema drugima stručnjaka koji bi trebalo da su uključeni u obuku novih generacija pomoraca je glavna kočnica intenzivnijeg korišćenja sofisticiranih simulatora na ovom polju, a time i kvalitetnije obuke. Za očekivati je da će ovaj problem u skorijoj budućnosti biti uspješno prevaziđen.

LITERATURA

- [1] A. Simović, *Terestrička navigacija*, 6. izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 2001.
- [2] D. Rapovac, *Englesko-srpski pomorski rječnik*, Fakultet za pomorstvo, Kotor, 2002.
- [3] E. Curl, *Standard Marine Navigational Vocabulary*, Školska knjiga, Zagreb, 1993.
- [4] L. Tetley, D. Calcutt, *Electronic Aids to Navigation*, 2nd Edition, Elsevier, Lightning Source UK, Ltd., 1988.
- [5] L. Tetley, D. Calcutt, *Electronic Navigation Systems*, 3rd Edition, Elsevier, Lightning Source UK, Ltd., 2004.
- [6] Transas, *Navi - Sailor (ver. 3.2)*, User Manual, 2nd Edition, Transas Marine GB, Ltd., 2000.
- [7] Transas, *Navi - Trainer 4000 (ver. 4.50)*, Navigational Bridge, Transas Marine GB, Ltd., 2004.
- [8] Transas, *Navi - Trainer 4000 (ver. 6.42)*, Instructor Manual, Transas Marine GB, Ltd., 2007.
- [9] Transas, *Navi - Trainer 4000 (ver. 6.42)*, Navigational Bridge, Transas Marine GB, Ltd., 2007.
- [10] Transas, *Navi - Trainer 4000 (ver. 6.42)*, Technical Description and Installation Manual, Transas Marine GB, Ltd., 2007.

UTICAJ ROTACIJE NA OTPORNOST DIGITALNOG VODENOG ŽIGA U SLICI ZASNOVANOG NA SVD TRANSFORMACIJI INFLUENCE OF ROTATION ON THE ROBUSTNESS OF SVD BASED WATERMARKING IN PICTURE

Saša Kitanović, „Telekom Srbija“ IJ Vranje,
Zoran Milivojević, Visoka tehnička škola Niš Srbija,
Zoran Stevanović, ETŠ Mija Stanimirović Niš Srbija

Sadržaj – U ovom radu testirana je otpornost dva algoritma za utiskivanje digitalnog vodenog žiga u monohromatsku sliku, zasnovanih na SVD transformaciji, u uslovima rotacije slike. Prvi algoritam je Liu i Tan, a drugi Mohammad. U prvom delu rada opisani su algoritmi za utiskivanje i izdvajanje digitalnog vodenog žiga. U drugom delu rada dati su rezultati testiranja u uslovima rotacije, i komparativna analiza za oba algoritma. Rezultati su analizirani na osnovu objektivnih i subjektivnih parametara. Kao objektivni parametri korišćeni su korelacioni koeficijent r_{cor} i PSNR (engl. peak signal-to-noise ratio), a kao subjektivni parametar vidljivosti izdvojenog žiga.

Ključne reči : Digitalni vodeni žig, SVD transformacija, rotacija.

Abstract - In this paper influence of rotation on the robustness of two SVD based watermarking algorithm for monochromatic picture is tested. The first one is Liu and Tan algorithm, and the second one is Mohammad algorithm. Algorithms for embedding and extracting of the watermark are described in the first part of this work. The testing results and comparative analysis of both algorithms, under rotation, are given in the second part of this paper. For evaluation of given results objective and subjective parameters are used. Objective parameters were correlation coefficient r_{cor} and PSNR (peak signal-to-noise ratio), and subjective parameter was visibility of extracted watermark.

Keywords : Watermark, Singular Value Decomposition, rotation.

1. UVOD

Savremeni način komunikacije preko lokalnih i globalnih računarskih mreža, jednostavan pristup i razmena podataka, omogućili su nelegalni pristup i reprodukciju digitalnih informacija. Posledice su masovno kršenje autorskih prava. Zato je danas aktuelni problem iznalaženje tehničkog rešenja radi zaštite autorskih prava. Jedno od najzastupljenijih rešenja sastoji se u uvođenju digitalnog vodenog žiga [1].

Osnovna ideja digitalnog vodenog žiga je utiskivanje signala žiga u originalni podatak (audio, slika ili video) radi zaštite autorskih prava, kontrole pristupa originalnoj informaciji itd.. U ovom radu biće razmatano utiskivanje žiga u monohromatsku sliku. Tehnike utiskivanja žiga u sliku mogu se podeliti u različite grupe: a) prema domenu u kome se vrši utiskivanje, b) prema vidljivosti žiga i c) prema otpornosti ili robusnosti [2].

Utiskivanje digitalnog vodenog žiga može se realizovati u: a) prostornom i u b) frekventnom domenu. U prostornom domenu utiskivanje se vrši direktnom modifikacijom vrednosti piksela originalne slike, dok se u transformacionom domenu vodeni žig utiskuje modulacijom koeficijenata transformacije. U tu svrhu se koriste složene transformacije poput Diskretne Kosinusne transformacije DCT [4,5], diskretne wavelet transformacije DWT i Singular Value Decomposition SVD transformacije, [1-3,6-10].

Prema kriterijumu vidljivosti žigovi se dele na: a) vidljive i b) nevidljive vodene žigove. Za zaštitu autorskih prava koriste se isključivo nevidljivi vodeni žigovi.

Mogućnost neovlašćene eliminacije žiga, u slučajevima ataka na sliku, deli digitalne vodene žigove na a) robusne i b) slabe (*fragile*). Da bi se postigla veća otpornost digitalnih

vodenih žigova na raznovrsne atake, primenjuju se složeni algoritmi za utiskivanje i izdvajanje vodenih žigova. Pod atakom se podrazumeva dejstvo na sliku u vidu kompresije, filtriranja, geometrijskih transformacija, superponiranja impulsnog šuma itd.. Robusni žigovi se po pravilu realizuju utiskivanjem u transformacionom domenu.

Jedna od najvažnijih karakteristika digitalnog vodenog žiga za slučaj kada se on koristi za zaštitu autorskih prava je njegova robusnost. Robusnost podrazumeva da žig u slici bude otporan na namerno ili nenamerno dejstvo na sliku. Žig ne sme da bude eliminisan iz slike bez značajne degradacije originalne slike. Jednostavnije rečeno, sve dok je slika, posle gore pomenutih ataka upotrebljiva, žig mora da bude sačuvan i da postoji mogućnost njegovog izdvajanja iz slike.

U ovom radu analiziran je uticaj rotacije na otpornost digitalnog vodenog žiga, utisnutog u monohromatsku sliku, prema LIU i TAN algoritmu i prema MOHAMMAD algoritmu. Testiranje je rađeno sledećom metodom: monohromatske slike kojima je utisnut žig, po oba algoritma, izlagane su rotaciji od 0° do 90°, sa korakom od 10°. Iz rotiranih slika izdvajani su utisnuti žigovi i analiziran je njihov kvalitet. Za ocenu kvaliteta izdvojenih žigova korišćeni su objektivni parametri: korelacioni koeficijent r_{cor} i PSNR (engl. peak signal-to-noise ratio), a kao subjektivni parametar vidljivost izdvojenog žiga.

Rad je organizovan na sledeći način. Sekcija 2. opisuje LIU i TAN i MOHAMMAD algoritam. U sekciji 3. opisan je algoritam testiranja, rezultati i komparativna analiza rezultata. Zaključak je dat u sekciji 4.

2. ALGORITMI UTISKIVANJA I IZDVAJANJA ŽIGA

U ovom radu su korišćeni sledeći algoritmi utiskivanja i izdvajanja digitalnog vodenog žiga: algoritam LIU i TAN, predložen u radu [10], i algoritam MOHAMMAD, koji je predložen u radu [3].

2.1 ALGORITAM LIU I TAN

Algoritam LIU i TAN prezentovan u radu [10], za utiskivanje žiga u sliku, zasnovan na SVD transformaciji, sastoji se u sledećem:

Korak 1: Vršiti se SVD transformacija nad originalnom slikom bez žiga A dimenzija $m \times n$:

$$A = U\Sigma V^T, \quad (1)$$

gde su $U_{m \times n}$, Σ i V matrice od kojih je Σ dijagonalna matrica čiji su elementi singularne vrednosti od A i poredani su u opadajućem nizu a U i V su unitarne matrice.

Korak 2: Matrici Σ dodaje se žig $W_{m \times n}$ i dobija nova matrica Σ_n :

$$\Sigma_n = \Sigma + \alpha W, \quad (2)$$

gde α predstavlja faktor utiskivanja žiga.

Korak 3: Nad matricom Σ_n se vrši SVD transformacija:

$$\Sigma_n = U_W \Sigma_W V_W^T, \quad (3)$$

Korak 4: Slika sa žigom se dobija kao:

$$A_W = U \Sigma_W V^T. \quad (4)$$

Algoritam izdvajanja žiga iz slike A_W^* vrši se na sledeći način:

Korak 1: Izvrši se SVD transformacija slike A_W^* :

$$A_W^* = U^* \Sigma_n^* V^{*T}, \quad (5)$$

Korak 2: Korišćenjem matrica U_W i V_W dobija se:

$$D^* = U_W \Sigma_n^* V_W^T, \quad (6)$$

Korak 3: Izdvojeni žig dobija se kao:

$$W^* = 1/\alpha(D^* - \Sigma), \quad (7)$$

Iz prezentovanog algoritma se vidi da je za izdvajanje žiga potrebno imati originalne matrice U_W , Σ i V_W .

2.2 ALGORITAM MOHAMMAD

Algoritam MOHAMMAD prezentovan u [3], sastoji se u sledećem:

Korak 1: Vršiti se SVD transformacija nad originalnom slikom bez žiga A dimenzija $m \times n$:

$$A = U\Sigma V^T, \quad (8)$$

Korak 2: Matrici Σ dodaje se žig $W_{m \times n}$ i dobija nova matrica Σ_n :

$$\Sigma_n = \Sigma + \alpha W, \quad (9)$$

gde α predstavlja faktor utiskivanja žiga.

Korak 3: Slika sa žigom se dobija kao:

$$A_W = U \Sigma_n V^T, \quad (10)$$

Algoritam izdvajanja žiga iz slike sa šumom A_W^* vrši se na sledeći način:

Korak 1: Izvrši se SVD transformacija slike A_W^* :

$$A_W^* = U^* \Sigma_n^* V^{*T}, \quad (11)$$

Korak 2: Izdvojeni žig dobija se kao:

$$W^* = (\Sigma_n^* - \Sigma) / \alpha. \quad (12)$$

Iz prezentovanog algoritma se vidi da je za izdvajanje žiga potrebno imati originalnu matricu Σ .

3. ALGORITAM TESTIRANJA

Algoritam testiranja sproveden je u sledećim koracima:

Korak 1: Primenom SVD algoritama u sliku A dodat je vodeni žig W , sa faktorom utiskivanja $\alpha=0.05$ za LIU i TAN-ov algoritam i $\alpha=0.01$ za MOHAMMAD-ov algoritam.

Korak 2: Slika se rotira, od 0° do 90° , sa korakom od 10° ,

Korak 3: Iz rotiranih slika se primenom SVD algoritama vrši izdvajanje vodenih žigova W^* ,

Korak 4: Analizara se kvalitet izdvojenih žigova primenom korelacionog koeficijenta r_{cor} i odnosom PSNR-a i

Korak 5: Na osnovu dobijenih rezultata donosi se zaključak o robusnosti korišćenih algoritama, u uslovima rotacije slike. [1-3].

3.1 REZULTATI TESTIRANJA

Za testiranje algoritama korišćena je slika *Lena* sa dimenzijama 512×512 (sl.1.), i žig W dimenzija 512×512 (sl.2.). Faktor utiskivanja vodenog žiga je konstantan sa vrednošću $\alpha=0.05$ za LIU i TAN-ov algoritam i $\alpha=0.01$ za MOHAMMAD-ov algoritam. Izabrane vrednosti faktora utiskivanja za oba algoritma daju odnos PSNR-a od 45 dB.



Sl.1. *Lena* (512×512).



Sl.2. Vodeni žig.

Na (sl.3), prikazana je slika *Lena* sa utisnutim vodenim žigom po LIU i TAN algoritmu, a na (sl.4.) slika *Lena* sa utisnutim vodenim žigom po MOHAMMAD algoritmu.



Sl.3. *Lena* sa vodenim žigom LIU i TAN ($\alpha=0.05$).

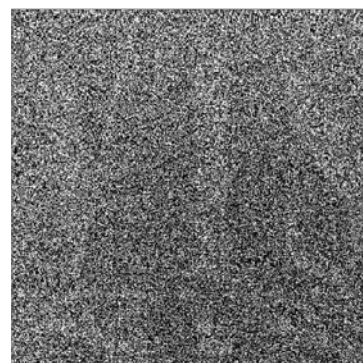


Sl.4. *Lena* sa vodenim žigom MOHAMMAD ($\alpha=0.01$).

Na sl.5. prikazan je izdvojeni žig (LIU i TAN) posle rotacije od 50° , a na sl.6 izdvojeni žig (MOHAMMAD) posle istog ataka na sliku.



Sl.5. Izdvojeni žig LIU i TAN nakon rotacija za 50° .

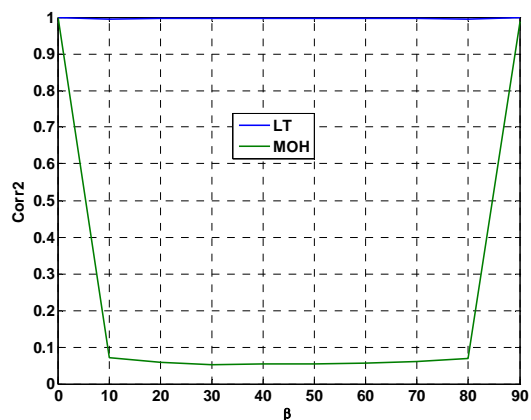


Sl.6. Izdvojeni žig MOHAMMAD nakon rotacija za 50°

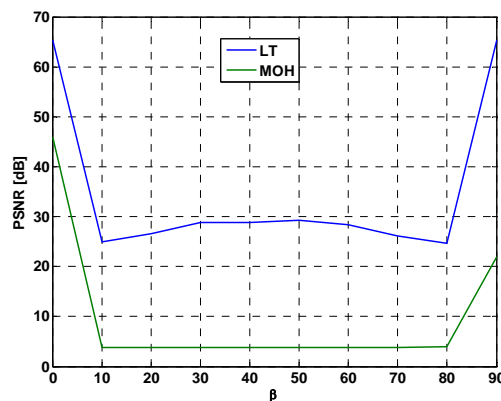
Rezultati celokupnog testiranja prikazani su u Tabeli 1. i na grafikonima 1. i 2. (sl.7 i sl.8.).

Tabela 1. Vrednost r_{cor} i PSNR za LT i MOH.

β	r_{cor}		PSNR [dB]	
	LT	MOH	LT	MOH
0°	1	1	65.30	45.91
10°	0.994	0.072	24.97	3.80
20°	0.996	0.060	26.61	3.85
30°	0.997	0.053	28.78	3.76
40°	0.997	0.055	28.75	3.78
50°	0.998	0.055	29.26	3.78
60°	0.997	0.057	28.39	3.78
70°	0.996	0.062	26.15	3.85
80°	0.994	0.070	24.58	3.94
90°	1	0.988	65.30	21.91



Sl.7 Grafikon 1. Koef.kor.- r_{cor} za LT i za MOH.



Sl.8 Grafikon 2. Odnos PSNR-a za LT i MOH.

3.2 KOMPARATIVNA ANALIZA

Na osnovu dobijenih rezultata, prikazanih u tabeli 1 i na grafikonima 1. i 2., sa sl. 7 i sl. 8, zaključuje se da:

1) LIU i TAN algoritam pokazuje izuzetnu robusnost na rotaciju slike ($r_{\text{cor}} > 0.99$, PSNR > 38 dB) i praktično je nazavistan od ugla rotacije.

2) MOHAMMAD algoritam nije otporan na rotaciju slike za sve uglove rotacija ($r_{\text{cor}} < 0.1$, PSNR < 5 dB).

U radu [8], autori su naveli da algoritam MOHAMMAD predstavlja kvalitativno poboljšanje LIU i TAN algoritma. Međutim, rezultati dobijeni u ovom radu ukazuju na to da algoritam MOHAMMAD, osim što je numerički prostiji od LIU i TAN algoritma, ne predstavlja nikakvo poboljšanje i nema nikakvu robusnost u odnosu na rotaciju, za razliku od LIU i TAN algoritma.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je komparativna analiza robusnosti dva SVD algoritma, za utiskivanje vodenog žiga u slici, na rotaciju slike. Analizirani su bazični SVD algoritam LIU i TAN i algoritam MOHAMMAD, koji po tvrdjenju autora predstavlja kvalitativno poboljšanje LIU i TAN algoritma. Testiranje je vršeno sa rotacijama od 0° do 90°, sa korakom od 10°. Kao mera za ocenu kvaliteta algoritama korišćeni su korelacioni koeficijent r_{cor} i PSNR.

Rezultati testiranja pokazuju da je LIU i TAN algoritam izuzetno robustan ($r_{\text{cor}} > 0.99$, PSNR > 38 dB) na rotaciju, dok MOHAMMAD algoritam nema nikakve elemente robusnosti ($r_{\text{cor}} < 0.1$, PSNR < 5 dB).

LITERATURA

- [1] Zoran Stevanović, Zoran Milivojević, Vidosav Stojanović : *Algoritam za utiskivanje binarnog vodenog žiga zasnovan na SVD transformaciji*. 17. TELFOR 2009. .
- [2] Z. Stevanović, Z. Milivojević : *Otpornost digitalnog vodenog žiga u slici izloženoj dejstvu impulsnog šuma*, Etran 2009. .
- [3] Ahmad A. Mohammad, Ali Alhaj, Sameer Shaltaf, *An improved SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership*, Signal Processing 88 (2008) 2158-2180.
- [4] J. Hernandez, M. Amado, F. Perez-Gonzalez, *DCT-domain watermarking techniques for still images: detector performance analysis and a new structure*, IEEE Trans. Image Process. 9 (1) (January 2000) 55-67.
- [5] W. Chu, *DCT-based image watermarking using subsampling*, IEEE Trans. Multimedia 5 (1) (March 2003) 34-38.
- [6] C. Chang, P. Tsai, C. Lin, *SVD-based digital image watermarking scheme*, Pattern Recognition Lett. 26 (2005) 1577-1586.
- [7] E. Ganic, N. Zubair, A. Eskicioglu, *An optimal watermarking scheme based on singular value decomposition*, in: Proceedings of the IASTED International Conference on Communication, Network, and Information Security, 2003, pp. 85-90.
- [8] D. Chandra, *Digital image watermarking using singular value decomposition*, in: Proceedings of the IEEE 45th Midwest Symposium on Circuits and Systems, vol. 3, August 2002, pp. 264-267.
- [9] J. Liu, X. Niu, W. Kong, *Image watermarking based on singular value decomposition*, in: Proceedings of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Pasadena, CA, USA, December 2006, pp. 457-460.
- [10] R. Liu, T. Tan, *A SVD-based watermarking scheme for protecting rightful ownership*, IEEE Trans. Multimedia 4 (1) (March 2002) 121-128.

UTICAJ KAPACITETA BAFERA NA STRUKTURU OPTIMALNE PREDAJNE POLITIKE U KANALU SA REJLIJEVIM FEDINGOM

EFFECT OF BUFFER CAPACITY ON STRUCTURE OF OPTIMAL TRANSMITTING POLICY IN CHANNEL WITH RAYLEIGH FADING

Zoran Veličković, *Visoka tehnička škola, Niš*
Milojko Jevtović, *Inženjerska akademija Srbije*

Sadržaj - U ovom radu je analiziran uticaj kapaciteta predajnog bafera mobilnog korisnika na strukturu optimalne transmisionne politike u kanalu sa Rejljevom fedingom. Postavljeni optimizacioni problem sa ograničenjem je transformisan u problem minimizacije dugoročne srednje vrednosti funkcije troška AC-MDP (Average Cost Markov Decision Problem). Varijacijom kapaciteta predajnog bafera mobilnog korisnika demonstriran je značajan uticaj kapaciteta predajnog bafera mobilnog korisnika na strukturu optimalne politike. Sa povećanjem kapaciteta predajnog bafera smanjuje se srednja vrednost broja odbačenih paketa čime se povećava mrežni protok. Adaptivna transmisionna politika se realizuje primenom M-QAM modulacije za svaki frejm ponaosob.

Abstract – This paper analyzes the effects of mobile users buffer capacity of transmitting on the structure of the optimal transmission policy in a channel with Rayleigh fading. Set a constrained optimization problem is transformed into a minimization problem of long-term mean value function of the cost AC-MDP (Average Cost Markov Decision Problem). By varying the buffer capacity of the mobile users a significant impact on the structure of the optimal policy is demonstrated. With the increased capacity of the transmit buffer can significantly affect the reduction in the number of dropped packets, increasing network traffic. Adaptive transmission policy is implemented using M-QAM modulation for each frame individually.

1. UVOD

Veoma atraktivne usluge bežičnih komunikacionih mreža kao što su video konferencije, živi radio i TV programi, VoIP (engl. Voice over Internet Protocol), telemedicina, daljinsko učenje i video striming snimljenog multimedijalnog sadržaja dobijaju sve više korisnika. Iako se ove usluge mogu veoma razlikovati po mrežnim zahtevima, njihova zajednička karakteristika je da zahtevaju veliki mrežni protok. Druga važna sličnost ovih usluga je obezbeđenje aplikativnog okruženja koje korisniku pruža odgovarajući kvalitet usluge QoS (engl. Quality of Service) [1]. Generalni problem kod bežičnih mrežnih arhitektura je optimizacija predajne snage uz obezbeđenje zahtevanog mrežnog protoka i QoS-a. Kod višekorisničkih bežičnih mrežnih arhitektura osnovni problem je raspoređivanje mrežnih resursa na sve korisnike, obezbeđivanje zahtevanog QoS-a i ravnopravnosti (engl. fairness). Istovremeno, korisnici mogu raspolagati heterogenom terminalnom opremom što sam proces optimizacije raspodele resursa čini znatno komplikovanijim. Primena statičkih modela raspodele bežičnih mrežnih resursa nije pogodna jer može doći do pada kvaliteta usluga pri promeni multimedijalnih sadržaja ili vremenski zavisnih karakteristika mreže.

Dinamička raspodela mrežnih resursa je pored ostalog neophodna u mrežama ovog tipa i iz razloga mobilnosti korisnika. U slučaju prelaska korisnika u oblast koju pokriva druga pristupna tačka AP (engl. Acces Point) (ili se pronade alternativni mrežni put kod ad hoc mreža), oslobođeni mrežni resurs treba što pre dodeliti preostalim korisnicima. Svi nabrojani problemi zahtevaju jedinstveni CL (engl. Cross Layer) optimizacioni algoritam koji mora uzeti u obzir trenutne vrednosti mrežnih parametara sa fizičkog sloja [2] i sloja voda podataka [3]. U ovom radu je

razmatran uticaj kapaciteta predajnog bafera na strukturu optimalne predajne politike koja ima za cilj maksimizaciju mrežnog protoka uz ograničenje predajne snage.

Adaptivni algoritmi koji maksimiziraju mrežni protok bežičnog komunikacionog kanala sa fedingom su razmatrani u [2]. Transmisionne politike realizovane na bazi ovih algoritama optimizovane su u odnosu na vremenski promenljive karakteristike komunikacionog kanala ne uzimajući u obzir kapacitet predajnog bafera mobilnih korisnika. Zajedničko razmatranje stanja predajnog bafera i kvaliteta komunikacionog kanala na optimalnu transmisionu politiku prikazano je u radu [3]. Međutim, u [3] nije razmatran uticaj kapaciteta predajnog bafera na strukturu optimalne transmisionne politike. Ovaj rad je nastavak istraživanja koja su predstavljena u [4] i [5]. Uticaj belog Gausovog šuma na strukturu optimalne transmisionne politike je prezentovan u [4], dok je CL algoritam koji obezbeđuje zadovoljavanje zadatog QoS-a multimedijalnih aplikacija razmatran u [5]. U ovom radu pokazano je da kapacitet predajnog bafera ima značajan uticaj na minimizaciju srednje vrednosti predajne snage mobilnog korisnika. Sa povećanjem kapaciteta predajnog bafera dolazi do promene strukture optimalne transmisionne politike i snižavanja srednje vrednosti predajne snage mobilnog korisnika.

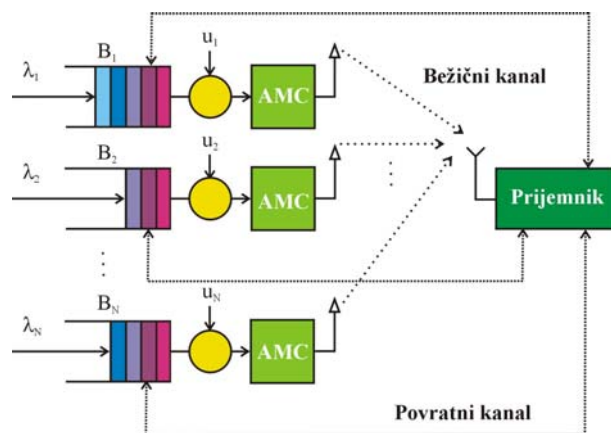
U sekciji 2 su prikazani standardizovani parametri QoS-a multimedijalnih aplikacija, dok je u sekciji 3 dat generalni model bežičnog komunikacionog sistema korišćenog u ovom radu. Mrežni optimizacioni problem je definisan u sekciji 4 i predloženo je njegovo rešenje. Numerički rezultati dobijeni simulacijom su prikazani u sekciji 5, do su završna razmatranja i određeni zaključci prikazani u sekciji 6.

2. STANDARDIZACIJA KVALITETA USLUGA MULTIMEDIJALNIH APLIKACIJA

Nezavisno od mreža u kojima se aplikuju, ITU-T je standardizovala ključne parametre koji utiču na QoS multimedijalnih aplikacija. Specifikacijom G.1010 ITU-T je normirala QoS parametre iz perspektive korisnika koji se odnose na *kašnjenje*, *varijaciju kašnjenja* i *gubitak informacija (paketa)* [1]. Ovi parametri su svrstani u osam kategorija prema tipu aplikacija, a obuhvataju prenos govora, videa, slike i teksta. Tako je za konverzacioni govor dozvoljeno kašnjenje do 150 ms, varijacija kašnjenja do 1 ms, a može se tolerisati maksimalno 3% izgubljenih paketa. Sa druge strane, prilikom preuzimanja sadržaja Web stranica sa Interneta, može se tolerisati kašnjenje i do 4s, dok varijacija kašnjenja nije ni specificirana uz obavezan zahtev da svi paketi pristignu na odredište. Kod bežičnih multimedijalnih aplikacija pored standardnog skupa QoS-a, veoma je važan zahtev za minimizacijom predajne snage mobilnog korisnika. Na ovaj način se obezbeđuje efiksano korišćenje baterijskog napajanja mobilnih korisnika, odnosno produženje operativnog rada mobilnog terminala. Većina poteškoća u obezbeđivanju QoS-a kod bežičnih komunikacionih sistema nastaje usled varijabilnih karakteristika prenosnog medijuma. Ovo je posledica koncepta standardnog sedmoslojnog ISO/OSI steka, kod koga su mrežni resursi raspoređeni u sve slojeve, a razmena podataka je obezbeđena samo između susednih slojeva. Sa druge strane, optimizacija mrežnih resursa u bežičnim komunikacionim sistemima zahteva združeno razmatranje više mrežnih ISO/OSI slojeva kako bi se zadovoljio QoS definisan aplikacijom.

3. GENERALNI MODEL BEŽIČNOG KOMUNIKACIONOG SISTEMA

Generalni model višekorisničkog bežičnog komunikacionog sistema koji je korišćen u ovom radu je prikazan na slici 1. Višekorisnički sistem se sastoji od N korisnika koji komuniciraju bežičnim kanalom sa prijemnikom. Mobilni korisnici imaju mogućnost adaptacije kodne i modulacione šeme realizovane u AMC (engl. Adaptive Modulation and Code) modulu. Prikazana šema se može prepoznati kod celularnih mreža gde mobilni terminalni uređaju šalju podatke baznoj stanici BS (engl. Base Station). Istovremeno, ovaj model bežičnih komunikacija odgovara bežičnoj računarskoj mreži kod koje više mobilnih terminala šalje podatke pristupnom čvoru AP (eng. Access Point). Takođe, prikazani model može predstavljati segment ad hoc bežičnih mreža. Kod bežičnih senzorski mreža, prikazani deo odgovara situaciji u kojoj senzorski čvorovi šalju svoje podatke *fuzionom centru* na obradu. Iz izloženog se može zaključiti da se prikazani model može primeniti u širokom spektru bežičnih komunikacija. Važno je napomenuti da model na slici 1 odgovara „uplink“ scenariju kod koga je problem optimizacije potrošnje mobilnih korisnika izuzetno značajan. Razlog ovome leži u činjenici da su pristupni čvorovi AP, odnosno, bazne stanice BS, uglavnom konektovani na distribuiranu energetska mrežu, tako da je optimizacija njihove potrošnje manje značajan problem od optimizacije potrošnje mobilnih korisnika. Kod „uplink“ scenarija kvalitet komunikacionog kanala za sve bežične kanale može odrediti bazna stanica, dok kod „downlink“



Slika 1. Generalni model višekorisničkog bežičnog komunikacionog sistema za „uplink“ scenario.

scenarija svaki mobilni korisnik izračunava kvalitet komunikacionog kanala za sebe, i u slučaju da se optimizacioni algoritam realizuje u baznoj stanici, šalje ga povratnim komunikacionim kanalom. Slični zaključci se mogu izvesti i po pitanju zauzetosti predajnih bafera. Kod „downlink“ scenarija predajni baferi su locirani u baznoj stanici, dok su kod „uplink“ scenarija predajni baferi locirani kod samih mobilnih korisnika. Bez obzira na kom kraju komunikacionog kanala se raspolaze informacijama od značaja za rad optimizacionog algoritma, one se mogu dostaviti povratnim komunikacionim kanalom do lokacije gde je realizovan algoritam. Zbog značajnih razlika između „uplinka“ i „downlinka“ scenarija, ciljevi optimizacije se takođe razlikuju. Optimizacija predajne snage je interesantnija kod „downlink“ scenarija, dok je optimizacija protoka karakteristična kod „uplink“ scenarija.

Model bežičnih predajnika podrazumeva da oni poseduju sposobnost adaptacije parametra u , kojim se definiše broj paketa za slanje u jednom frejmu. Adaptivne mogućnosti mrežnog čvora potiču od protokola fizičkog sloja koji obezbeđuju izbor kodne i modulacione šeme u transmissionom modulu predajnika. Generalno se pretpostavlja da bežični predajnici opslužuju različite vrste mrežnog saobraćaja ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) i poseduju različite kapacitete predajnih bafera (B_1, B_2, \dots, B_N). Za prikazani „uplink“ model kanala, optimalna transmisiona politika se određuje za svaki čvor ponaosob i realizuje se u transmisionim modulima predajnika. U ovom radu je razmatran osnovni optimizacioni problem vezan za minimizaciju dugoročne srednje vrednosti predajne snage predajnika uz zadovoljenje QoS zahteva multimedijalnih aplikacija. Određena je optimalna transmisiona politika za različite kapacitete bafera mobilnog korisnika. U „multi-user“ sistemima problem optimizacije potrošnje se odvija u dve faze. U prvoj fazi se rešava problem raspoređivanja (engl. scheduling) prava na predaju paketa, a u drugoj fazi problem optimizacije slanja paketa. Kada je broj korisnika $N=1$, optimizacija se može obaviti samo u jednoj fazi koja se odnosi na optimizaciju slanja paketa. Rešavanje problema slanja paketa u bežičnoj mreži sa jednim aktivnim korisnikom u kanalu sa fadingom je osnovni optimizacioni problem koji treba rešiti u cilju minimizacije srednje predajne snage. Algoritmi optimizacije kod mreža sa jednim aktivnim korisnikom su direktno primenjivi kod mreža koje svakom predajniku obezbeđuju poseban (ortogonalan) komunikacioni kanal. Međutim, kod deljenog medijuma, posle razrešavanja problema raspoređivanja pristupu medijumu, u

dodeljenom komunikacionom kanalu treba primeniti ista rešenja kao kod sistema sa jednim korisnikom. Naravno, sa porastom broja korisnika složenost optimizacionog problema se povećava, tako da u mrežama sa velikim brojem korisnika može doći do poteškoća oko aplikacije optimizacionog algoritma. Sub-optimalni optimizacioni CL algoritmi u ovim slučajevima mogu naći primenu.

4. OPTIMIZACIONI PROBLEM U SISTEMIMA SA JEDNIM AKTIVNIM KORISNIKOM

Prostor stanja komunikacionog sistema sa jednim aktivnim korisnikom ($N=1$) je određen stanjima svojih podsistema. Stanja komunikacionog sistema (S) su kompozitna, i definisana su prostorom stanja komunikacionog kanala (g) i prostorom stanja bafera u komunikacionom čvoru (B). Prostor stanja kompozitnog komunikacionog sistema se može odrediti na sledeći način:

$$S = g \times B \quad (1)$$

gde $\{\times\}$ predstavlja operator Dekartovog proizvoda. Na osnovu (1), prostor stanja Markovljenog niza komunikacionog sistema je definisan na sledeći način:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_Q\}, \quad (2)$$

gde je

$$Q = K \cdot (B+1). \quad (3)$$

Parametar K predstavlja broj stanja komunikacionog kanala, dok B predstavlja kapacitet bafera u mobilnom predajniku. Rad komunikacionog sistema se analizira u jednakim sukcesivnim vremenskim intervalima koje nazivamo frejm. Stanje komunikacionog sistema za frejm i , S_i , je određeno dvema komponentama: stanjem bafera (B_i) i stanjem komunikacionog kanala (G_i):

$$S_i = (B_i, G_i). \quad (4)$$

Adaptivnost koju zahtevaju CL algoritmi je obezbeđena brojem paketa U_i kojima se prazni bafer kada se komunikacioni sistem nalazi u stanju S_i . Za posmatrani komunikacioni sistem, skup mogućih akcija predstavlja broj paketa kojima se u jednom frejmu može prazniti bafer. Fiksiranjem brzine simbola i adaptacijom konstelacije signala kod MQAM modulacije, obezbeđuje se adaptivnost pražnjenja komunikacionog bafera [3]. Tranzicione verovatnoće za komunikacioni sistem P_S pri realizaciji akcije u se mogu odrediti na sledeći način:

$$P_S(s | s', u) = P_r \{S_{i+1} = s' | S_i = s, U_i = u\} \quad (5)$$

$$P_S(s | s', u) = P_G(g, g') \cdot P_B(b, b', u), \quad (6)$$

gde su $P_G(g, g')$ i $P_B(b, b', u)$ tranzicione verovatnoće komunikacionih podsistema koji ga određuju: podsistem komunikacionog kanala i podsistema komunikacionog bafera respektivno.

Maksimizacija mrežnog protoka pod ograničenjem raspoložive transmisionne snage bežičnog predajnika je najčešći optimizacioni problem kod bežičnih mreža. Dodatni optimizacioni kriterijum zahteva da se na prijemnoj strani obezbedi konstantni BER (engl. Bit Error Rate), što ima za posledicu angažovanje određenog nivoa

predajne snage. Pod pretpostavkom da je srednja vrednost broja paketa pristiglih u bafer za vreme trajanja frejma konstantna ($\lambda = \text{const}$) i da se BER (P_b) održava konstantnim, maksimizacija protoka se može ostvariti minimizacijom broja odbačenih paketa (L_o) nastalih prepunjavanjem bafera. Maksimum dugoročne srednje vrednosti broja odbačenih paketa se matematički može predstaviti na sledeći način:

$$\limsup_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E \left\{ \sum_{i=0}^{T-1} (L_o(B_i, U_i)) \right\}. \quad (7)$$

Pored maksimizacije mrežnog protoka, za mobilne korisnike je izuzetno značajno produžiti životni vek mrežnog čvora. Jedan od dodatnih QoS uslova koji treba da ispune optimizacioni CL algoritmi je da minimiziraju dugoročni nivo srednje predajne snage mobilnog korisnika \bar{P} . Uobičajeno je da se ovaj uslov predstavlja na sledeći način:

$$\limsup_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E \left\{ \sum_{i=0}^{T-1} (P(B_i, U_i, P_b)) \right\} \leq \bar{P} \quad (8)$$

$$U_i \in \{0, 1, 2, \dots, B_i\}, \quad \forall i = 0, 1, \dots, T-1. \quad (9)$$

U ovom radu je definisan optimizacioni problem kao AC-MDP (engl. Average Cost Markov Decision Problem) [6]. Optimalna transmisiona politika π^* se dobija minimizacijom sledeće težinske funkcije:

$$\pi^* = \arg \min_{\pi} \left\{ \limsup_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E \left[\sum_{i=0}^{T-1} C_I(S_i, U_i, B_i) \right] \right\}, \quad (10)$$

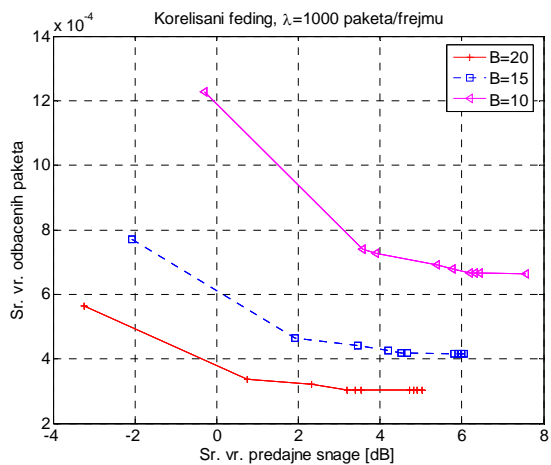
gde je:

$$C_I(b, g, u) = P(u, g, P_b) + \beta \cdot L_o(b, u). \quad (11)$$

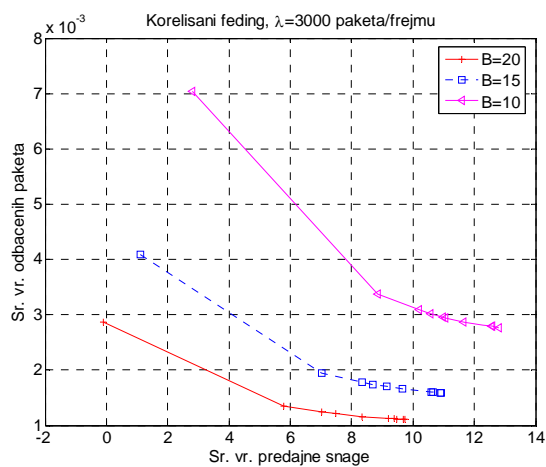
Parametar β ima ulogu Lagranževog koeficijenta i definiše međusobni udeo sabiraka u težinskoj sumi. Varijacijom vrednosti ovog parametra može se dobiti set optimalnih politika određenih pod različitim ograničenjima. Dakle, π^* predstavlja optimalnu transmisionu politiku koja minimizira izraz (10). Obzirom da je BER konstantan u predloženom algoritmu, to je nivo angažovane snage direktno određen izborom broja paketa za predaju u jednom frejmu. Definisan AC-MDP problem se može rešiti na jedan od tri standardna načina: iteracijom politika (engl. Policy Iteration), linearnim programiranjem (engl. Linear programming) i iteracijom vrednosti (engl. Value Iteration).

5. REZULTATI SIMULACIJE

U ovoj sekciji su prezentovani dobijeni numerički rezultati primenom optimizacionog algoritma prikazanog u prethodnoj sekciji. Optimalna transmisiona politika je određena za sledeće vrednosti kapacitet bafera $B = \{10, 15, 20\}$ paketa. Pristizanje paketa u bafer je modelovano Poasonovom raspodelom sa srednjom vrednosti $\lambda = \{1000, 3000\}$ paketa/s. Ostali parametri simulacije su: paketi jednake dužine $L = 100$ bitova, $P_b = 0.001$, širina propusnog opsega kanala $W = 100$ kHz, gustina snage šuma $N_o = 2 \cdot 10^{-3}$ W/Hz. Vreme trajanja simbola MQAM modulatora je fiksirano na $T_s = 1/W$, a frejm je određen sa $T_f = 100$ simbola. Stanja Markovljevo lanca kojima je modelovan bafer ograničenog kapaciteta su određena brojem paketa u baferu, dok je komunikacioni kanal sa vremenski koreliranim Rejljevom fedingom modelovan Markovljevim lancem sa osam stanja određenih nivoom fedinga na prijemniku [4].



a)



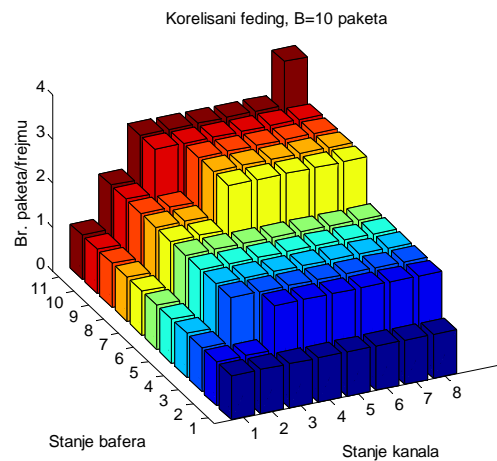
b)

Slika 2. Srednja vrednost odbačenih paketa u funkciji srednje vrednosti predajne snage za nekoliko vrednosti kapaciteta bafera i srednje vrednosti pristizanja paketa u bafer a) $\lambda=1000$, b) $\lambda=3000$ Paketa/s.

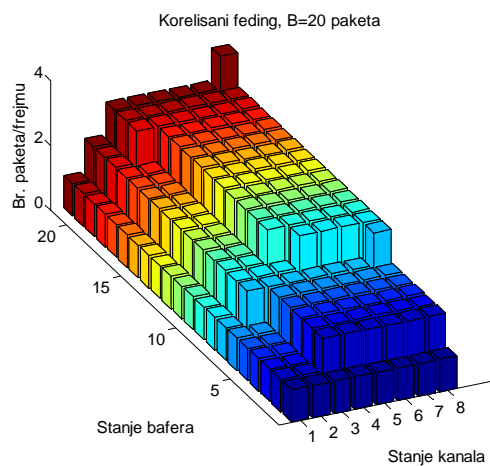
Na slici 2 su prikazani rezultati za kanal sa Rejljevom fadingom i ograničenim kapacitetom bafera u terminalnom uređaju. Na slici 2a su prikazani rezultati za $\lambda=1000$ paketa/s, dok su na slici 2b prikazani rezultati za $\lambda=3000$ paketa/s. Sa ovih grafika se može jasno uočiti da sa povećanjem predajne snage broj odbačenih paketa usled prepunjavanja bafera opada. Takođe, sa povećanjem kapaciteta bafera, broj odbačenih paketa se smanjuje. Ovaj zaključak važi za sve grafike prikazane na slici 2. Treba uočiti da je broj odbačenih paketa za red veličine manji na slici 2a, obzirom da se punjenje bafera obavlja manjom srednjom vrednošću pristizanja paketa u bafer. Na slici 3 su prikazane strukture optimalnih politika za različite kapacitete bafera u terminalnom uređaju. Za prikazanu vrednost transmisionne snage može se uočiti water-filling struktura optimalne politike [5].

6. ZAKLJUČAK

Na strukturu optimalne transmisionne politike pored kvaliteta komunikacionog kanala, značajan uticaj ima i kapacitet bafera mobilnog uređaja. U radu je pokazano da se sa povećanjem kapaciteta predajnog bafera može uticati na strukturu optimalne transmisionne politike.



a)



b)

Slika 3. Struktura optimalne transmisionne politike za kapacitet bafera a) $B=10$ paketa/s i b) $B=20$ paketa/s.

Mobilni korisnik sa većim kapacitetom predajnog bafera može realizovati transmisionu politiku sa manjom srednjom vrednošću predajne snage uz zadovoljenje postavljenih QoS zahteva. Ovo će imati za posledicu duži operativni rad mobilnog korisnika sa istim energetske resursima.

LITERATURA

- [1] ITU-T, "Recommendation G. 1010: End-user multimedia QoS categories", 2001.
- [2] M. Alouini, A. Goldsmith, "Adaptive modulation over Nakagami fading channels", *Kluwer Journal on Wireless Communication*, 13(1-2), pp. 119-143, 2002.
- [3] A. Hoang, M. Motani, "Cross-layer adaptive transmission: optimal strategies in fading channels", *IEEE Trans. Comm.* vol. 56. no. 5, pp. 799-807, 2008.
- [4] Z. Veličković, M. Jevtović, "Cross-layer optimization of wireless network parameters in AWGN channel for QoS provision", *UNITECH 2010*, pp. I-290-295, Gabrovo 2010.
- [5] Z. Veličković, M. Jevtović, "Cross-layer optimizacija bežičnih mrežnih parametara u cilju zadovoljenja QoS-a", *TELFOR 2010*, pp. 215-219, Beograd 2010.
- [6] M. Puterman, *Markov Decision Processes - Discrete Stochastic Dynamic Programming*, John Wiley. Sons, Inc., New York, 2005.

PRIMJER INTEGRACIJE PODATAKA KORIŠĆENJEM SOA A DATA INTEGRATION EXAMPLE USING SOA APPROACH

Miloš Mrdović, *Centar Informacionog Sistema Univerziteta Crne Gore*
Božo Krstajić, *Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

Sadržaj - U ovom radu je prezentovan primjer realizacije informacionog sistema u čijem je osnovu integracija podataka više različitih sistema korišćenjem servisno orijentisane arhitekture (SOA). SOA pristup nudi čitav spektar prednosti u odnosu na klasični monolitički model razvoja i predstavlja veoma efikasno rješenje problema interoperabilnosti u ne homogenom okruženju. U radu je opisan princip servisno orijentisanog softverskog dizajna i dat presjek prednosti i nedostaka ovakvog pristupa u projektovanju modernih informacionih sistema.

Abstract - This paper presents an information system implementation, which addresses data integration problem of multiple disparate systems using service oriented architecture (SOA). The paper underlines common integration and reusability problems of non SOA based systems, describes service oriented software design principle, and presents a detailed overview of its advantages and disadvantages.

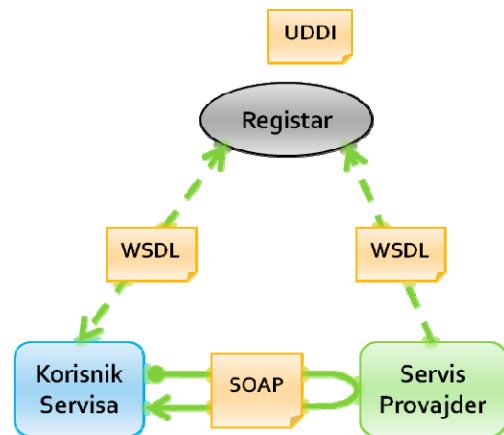
1. UVOD

Proteklu deceniju karakteriše eksplozivan razvoj weba i interneta, a samim tim i pojava sve kompleksnijih informacionih sistema. Klasičan pristup implementaciji ovih sistema jeste zatvoren, monolitički dizajn, u kome se svaka aplikacija sastoji od skupa funkcionalnih modula sa direktnom vezom sa repozitorijumom podataka. Interoperabilnost više ovakvih aplikacija nije moguće uspostaviti na jednostavan način. Ovaj problem je posebno izražen kada su u pitanju sistemi koji su implementirani korišćenjem različitih razvojnih okruženja, na različitim platformama.

Servisno orijentisana arhitektura se zasniva na projektovanju kompozitnih aplikacija i procesa korišćenjem niza interoperabilnih servisa. Svaki servis enkapsulira dio funkcionalnosti sistema i koristi standardizovan komunikacioni interfejs. Na ovaj način, jednom implementirana funkcija sistema može biti korišćena za potrebe različitih aplikacija. Takođe, standardizovana komunikacija omogućava potpunu platformsku i jezičku nezavisnost [1].

2. WEB SERVISI

U najširem smislu, servis predstavlja autonomni sistem koji prihvata jedan ili više zahtjeva i vraća jedan ili više odgovora putem skupa jasno definisanih interfejsa. Web servisi su softverski sistemi čija je osnovna namjena podrška interoperabilne komunikacije između mašina preko mreže (*web*). Svaki web servis ima svoj interfejs koji je opisan u mašinski razumljivom formatu (WSDL). Aplikacije interaguju sa web servisima na način opisan u WSDL specifikaciji korišćenjem SOAP poruka, tipično preko HTTP protokola sa XML serijalizacijom [3].



Slika 1: Interakcija sa XML web servisima

Na gornjoj slici je prikazana šema aplikacione interakcije sa web servisom. WSDL specifikaciju, kao i tekuću adresu servisa, aplikacije preuzimaju iz lokalnog registra korišćenjem UDDI protokola [4]. Na osnovu WSDL definicije, aplikacija šalje zahtjev preko weba. Web servis izvršava traženu operaciju i korišćenjem SOAP protokola rezultat vraća aplikaciji [5].

U nastavku su date neke od važnijih karakteristika web servisa, koje istovremeno čine principijelnu osnovu servisno orijentisane arhitekture:

- Standardizovana komunikacija (platformska nezavisnost)
- Loose Coupling (dovoljan je samo mali broj pretpostavki za korišćenje)
- Apstrakcija (skrivanje kompleksnosti)
- Statelessness (jednostavna implementacija)
- Autonomija (nezavisnost i potpuna kontrola nad logikom)
- Modularnost (razdvajanje nadležnosti)
- Visoka iskoristivost
- Bezbjednost

3. SOA

Servisno Orijentisana Arhitektura (SOA) je skup principa softverskog dizajna za razvoj i integraciju informacionih sistema gdje se funkcionalnosti sistema grupišu oko poslovnih procesa i enkapsuliraju u vidu interoperabilnih servisa.

Aplikacije bazirane na SOA eksploatišu sistem servisa. Svaki servis implementira dio funkcionalnosti aplikacije i sa aplikacijama komunicira razmjenom poruka definisanog protokola. Ključni element ovakvog dizajna je razdvajanje implementacije servisa od njegovog aplikacionog interfejsa (loose-coupling) [2].

SOA se najčešće realizuje korišćenjem otvorenih, široko prihvaćenih web servis standarda. Ovi standardi pružaju veći stepen interoperabilnosti i veću slobodu izbora platforme jer nisu usko vezani za konkretnog proizvođača softvera. Međutim, SOA moguće implementirati korišćenjem bilo koje druge servisno orijentisane tehnologije, kao što su CORBA, REST, Jini, i dr.

4. PREDNOSTI I NEDOSTACI SOA

Na donjim dijagramima su predstavljene dvije implementacije jednog tipičnog informacionog sistema.

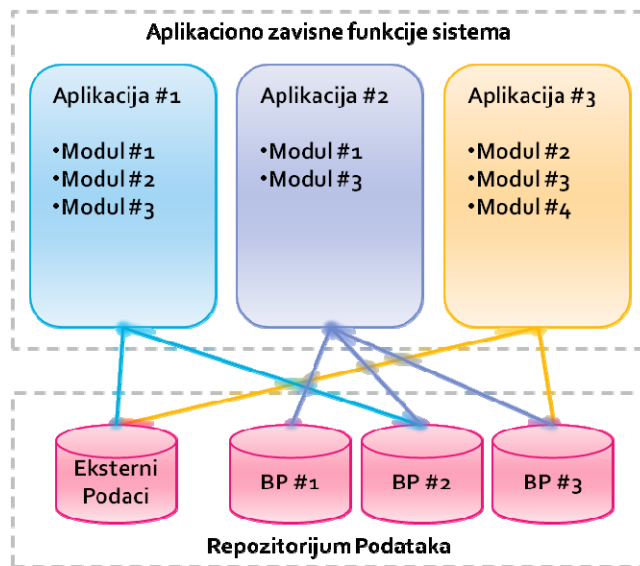
U prvom slučaju, informacioni sistem je implementiran na klasičan način, u vidu skupa monoličkih aplikacija kojima su modelovani konkretni poslovni procesi (slika 2). Aplikacije su modularne i direktno pristupaju repozitorijumu podataka. Nedostatak ovakvog dizajna je u tome što svaka data aplikacija mora zasebno implementirati svaki modul, odnosno ne postoji jednostavan način da više aplikacija iskoristi jednom implementiranu funkcionalnost. Ovo je posebno izraženo u slučaju kada su aplikacije implementirane korišćenjem različitih razvojnih okruženja, odnosno platformi. Drugi potencijalni problem jeste direktna veza ovih aplikacija sa bazama podataka, što ima za posledicu krhkost i slabu toleranciju na izmjene u sloju podataka.

U drugom slučaju sistem je implementiran korišćenjem SOA pristupa, odnosno kao skup kompozitnih aplikacija uz pomoć niza interoperabilnih web servisa (slika 3). Jednom implementiranu funkcionalnost, enkapsuliranu u vidu servisa, može koristiti više aplikacija. Ove aplikacije su dosta jednostavnije za implementaciju i, zahvaljujući standardizovanom komunikacionom protokolu, ne moraju koristiti isti programski jezik, niti platformu. Ovakav sistem je znatno jednostavniji za održavanje, robustniji na izmjene u strukturi podataka i pogodniji za proširenja.

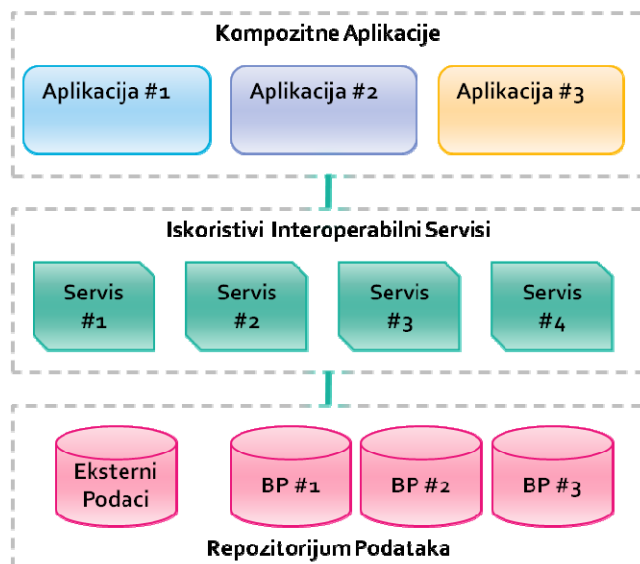
Pored ovih prednosti, treba imati na umu da SOA dizajn podrazumijeva i određene kompromise. Kao prvo, i pored jednostavnije strukture SOA aplikacija, dodavanje novog sloja servisa u izvjesnoj mjeri povećava kompleksnost sistema. Iz ovog razloga SOA nije pogodna kod jednostavnijih kratkoročnih informacionih sistema.

Kao drugo, komunikacija putem XML poruka podrazumijeva dodatno trošenje resursa (procesorsko vrijeme, kapacitet mreže, i dr.). Ovaj nedostatak se, međutim,

može prevazići korišćenjem neke od zatvorenih servisno orijentisanih tehnologija koje su po pitanju resursa efikasnije od web servis standarda.



Slika 2: Informacioni sistem bez SOA.



Slika 3: Informacioni sistem sa SOA.

Imajući ova ograničenja u vidu, primjena SOA rješenja je najoptimalnija kod:

- Distribuiranih informacionih sistema;
- Dugoročnih sistema visokog nivoa kompleksnosti;
- Ne homogenih razvojnih okruženja;
- Sistema koji ne zahtijevaju razmjenu velike količine podataka.

Sa stanovišta programske implementacije, osnovne prednosti SOA su sledeće:

- Fleksibilna arhitektura;
- Integracija postojećih aplikacija i podataka;
- Premošćavanje nekompatibilnih tehnologija;
- Brz razvoj aplikacija;
- Pouzdanost;
- Lako održavanje.

5. IMPLEMENTACIJA

Za potrebe ministarstva prosvjete i nauke Crne Gore razvijen je informacijski sistem za podršku procesa planiranja i osiguranja kvaliteta visokog obrazovanja (QAMIS). Svaka institucija u zemlji prikuplja podatke neophodne za evaluaciju, monitoring i analizu procesa obrazovanja. Ovi podaci se nalaze na različitim repozitorijumima i sam način prikupljanja, obrade i skladištenja je različit od institucije do institucije, tj. zavisi od konkretne implementacije njihovih informacijskih sistema.

Podaci od interesa su sistematizovani u šest grupa, tzv. indikatora kvaliteta. Ovi indikatori predstavljaju objektivnu mjeru uspjeha procesa obrazovanja. Definirane grupe indikatora su:

- Karakteristike studenata,
- Prolaznost studija,
- Produktivnosti programa,
- Satisfakcija studenata,
- Akreditacija programa,
- Troškovi studiranja.

Po projektnoj specifikaciji, QAMIS sistem bi trebao da podrži:

- Konsolidaciju i čuvanje ovih podataka;
- Analizu podataka za potrebe ministarstva, institucija i ostalih učesnika;
- Monitoring;
- Izvještavanje.

Jedan od fundamentalnih projektnih zahtjeva jeste kvalitet podataka koji se ogleda u njihovoj tačnosti, validnosti, pouzdanosti, relevantnosti, kompletnosti i pravovremenosti. Pored ovoga, tu su i zahtjevi za određenim nivoom fleksibilnosti i robusnosti sistema, uz visok stepen sigurnosti podataka.

Imajući ovo u vidu, implementacija QAMIS informacijskog sistema bi podrazumijevala rješavanje integracionih problema:

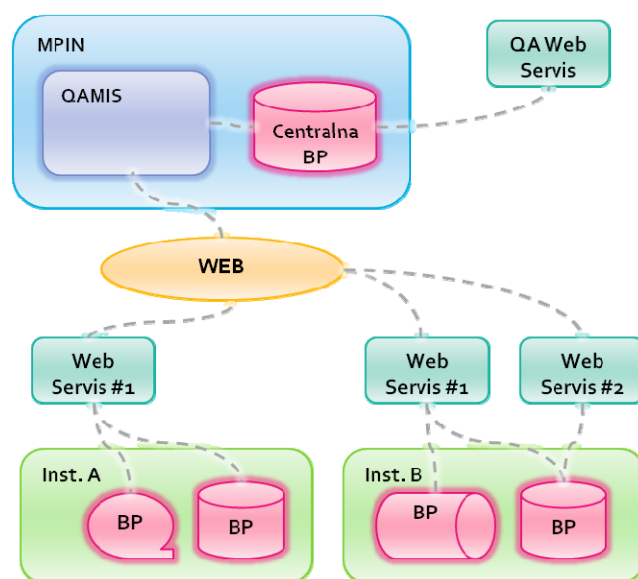
- distribuiranosti podataka po institucijama,
- ne homogenosti razvojnog okruženja (JAVA, MS .NET, PHP, C/C++, i dr.),
- diverziteta u načinima skladištenja podataka (relacione baze podataka, direktoriji, i dr.),
- različitosti implementacionih platformi (Windows, Linux).

Gore navedeni problemi bi se mogli riješiti na nekoliko načina, na primjer:

- Manuelnim unosom i kontrolom svih podataka;
- Razmjennom i parsiranjem fajlova predefinisane formata;
- Direktnim pristupom distribuiranim bazama podataka;
- Nadogradnjom postojećih informacijskih sistema institucija za podršku interoperabilnoj komunikaciji.

Iz razloga što niti jedna od ovih rješenja nebi na kvalitetan način i u potpunosti zadovoljila definisane zahtjeve, sistem QAMIS je implementiran korišćenjem

servisno orijentisane arhitekture na bazi web servisa. U nastavku je dat dijagram i opis finalnog rješenja.



Slika 4: Implementacija QAMIS IS

Struktura QAMIS sistema se sastoji od sledećeg (slika 4):

- Centralna kompozitna aplikacija za upravljanje, kontrolu, prikaz i analizu podataka je implementirana u Microsoft ASP.NET 4.0 razvojnoj platformi;
- Distribuirani Web servisi za konsolidaciju podataka i interakciju sa institucijama su implementirani na svakoj instituciji pojedinačno korišćenjem postojećih razvojnih okruženja;
- Interoperabilni QA web servis nudi niz funkcionalnosti sistema eksternim informacionim sistemima i aplikacijama.

Web servisi, kao integralni delovi sistema, na zahtjev pristupaju svojim repozitorijumima podataka i generišu real-time odgovor. Slika podataka svih institucija se u definisanim vremenskim intervalima arhivira u centralnoj bazi podataka sistema za potrebe vremenske analize i monitoringa. Aplikacija vrši analizu podataka, generiše izvještaje i prezentuje rezultate krajnjim korisnicima. Rezultati analize se prosljeđuju natrag institucijama. Integrisani podaci su preko QA Web Servisa dostupni ostalim internim aplikacijama, kao i eksternim informacionim sistemima (MONSTAT, EU i dr.)

Implementacijom QAMIS sistema korišćenjem servisno orijentisane arhitekture u potpunosti su prevaziđeni problemi distribuiranosti, nehomogenosti i platformske različitosti. Kao rezultat, dobijen je automatizovan sistem koji obezbeđuje traženi stepen kvaliteta i zaštite podataka. Logika interakcije sa različitim bazama podataka je enkapsulirana u web servisima, a standardni komunikacioni interfejs omogućava njihovo jednostavno korišćenje iz bilo kojeg modernog razvojnog okruženja.

6. ZAKLJUČAK

Servisno orijentisana arhitektura bazirana na web servisima nudi širok spektar prednosti u odnosu na

tradicionalne metode implementacije informacionih sistema. Osnovne prednosti SOA pristupa su integracija, interoperabilnost i fleksibilnost, uz visok stepen iskoristivosti. SOA aplikacije su znatno jednostavnije za realizaciju, a servisi koji one eksploatišu omogućavaju razlaganje poslovne logike sistema na autonomne, funkcionalne, višestruko iskoristive cjeline. SOA se primjenjuje kod velikih, kompleksnih i distribuiranih sistema u cilju minimizovanja troškova implementacije, održavanja i razvoja.

LITERATURA

- [1] Chris Peiris, Dennis Mulder, “*Pro WCF: Practical Microsoft SOA Implementation*”, Apress, 2007.
- [2] Leonard Rishardson, David H. Hansson, “*RESTful Web Services*”, O’Reilly, 2007.
- [3] D. Booth, H. Haas, F. McCabe, E. Newcomer, M. Champion, C. Ferris, D. Orchard, “*Web Services Architecture*”, W3C Working Group, 2004. <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>.
- [4] Universal Description, Discovery, and Integration of Business for the Web (UDDI). <http://www.uddi.org>.
- [5] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith,
- [6] S. Weerawarana, “*Web Services Definition Language (WSDL) version 1.1*”, W3C, 2001.
- [7] <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
- [8] <http://www.w3.org>.
- [9] [6] The World Wide Web Consortium (W3C).
- [10] <http://www.w3.org>.

INDEKS AUTORA

A		Đurić Dragan	71
Aleksić Veljko	182	Đurović Blažo	9
Antić Goran	194	Đurović Igor	9, 94, 178
Arsenovski Sime	41		
B		G	
Babačić Elvis	106	Gazivoda Vladimir	17, 206
Bauk Sanja	222		
Bjelica Boriša	102	I	
Blagojević Marija	59	Ivanović Veselin	75
Brnjada Borislav	118	Ignjatović Bratislav	210
Bogojević Dragan	210		
Božović Maja	37, 59	J	
Bukilić Mladen	122, 142	Jelisavčić Vladisav	83
Bulatović Vesna	174	Jevrić Boris	106
C		Jevtović Milojko	230
Camaj Fran	110	Jokanović Branka	166
Cicović Borislav	210	Jovanović Ana	150
		Jovanović Djordje	170
		Jovanovski Srdjan	75
Č		K	
Čabak Milan	17	Kasalica Jelica	130
		Kitanović Saša	226
Ć		Končar Jelena	126
Ćalasan Martin	67, 158	Kosanović Mirko	214
Ćorović Zoran	63, 146	Kraljevski Ivan	41
		Krneta Radojka	54
D		Krstajić Božo	1, 5, 13, 17, 21, 25, 33, 234
Daković Miloš	102	Krstić Bojan	186
Dlabač Tatijana	222		
Draganić Anđela	166	L	
Duković Aleksandar	166	Lakičević Maja	21
		Laković Milan	86
Đ		Lazarević Marinela	134
Đurašković Andrija	13	Lazarević Nikola	134
		Lekić Nedjeljko	110
		Leković Sonja	126

Loskovska Suzana	41	Rašović Tanja	79
Lukač Adnan	90	Rubežić Vesna	178
Lj		S	
Ljumović Nikola	218	Sejdić Ervin	178
M		Senegačnik Marjan	134
Manojlović Veselin	110	Stanković Ljubiša	102
Maraš Tanja	90	Stanković Nebojša	59, 162
Markić Sandro	170	Stevanović Zoran	194, 226
Matijević Marina	25	Stojanović Đuro	94
Matijević Tripo	146	Stojanović Radovan	86, 134, 166, 202
Micić Živadin	59	Strujić Dženan	122, 142
Mijanović Nikša	71	Š	
Milićević Dejan	154	Šćepanović Snežana	130, 146
Milivojević Zoran	194, 226	Šćepanović Stevan	198
Milovanović Bratislav	54	Šendelj Ramo	63
Milošević Danijela	37, 49, 54	Šimurina Anita	98
Milošević Marjan	49	Škraba Andrej	134
Mirković Marija	202	T	
Mišović Danilo	218	Todorović Ivana	198
Mitrović Anđelija	37	Tomčić Matija	206
Mrdović Miloš	234	Tošković Ranko	166
N		U	
Nikolić Miodrag	210	Ugren Budimir	13
O		Urošević Uglješa	114
Obadović Jezdimir	45	V	
Obradović Milovan	138	Veličković Zoran	186, 230
Ognjanović Igor	130	Veljović Zoran	98, 106, 114
Ognjanović Ivana	122	Vojinović Novak	29
P		Vujičić Vladan	29, 67, 86, 158, 170
Papić Miloš	162, 182	Vulović Radislav	162, 182
Papić Željko	182	Z	
Pavićević Slobodan	1	Zorić Željko	79
Paunović Aleksandar	5	Ž	
Pekić Igor	63	Žarić Dušan	190
Pelinković Alen	94	R	
Pleskonjić Dragan	49	Radojević Dejan	210
Penezić Duško	67	Radonjić Milutin	98, 218
Pravilović Sonja	142	Radulović Aleksandra	33
R		Radulović Milovan	154
Radojević Dejan	210	Radusinović Igor	98, 106, 218
Radonjić Milutin	98, 218		
Radulović Aleksandra	33		
Radulović Milovan	154		
Radusinović Igor	98, 106, 218		

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Centralna narodna biblioteka Crne Gore, Cetinje

ISBN: 978-86-7664-097-3
COBISS.CG-ID 17974544