

UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET  
SARAJEVO

PRIJEDLOG TEMA ZA IZRADU  
DOKTORSKIH DISERTACIJA  
NA  
TREĆEM CIKLUSU STUDIJA

~ Odsjek za telekomunikacije ~

*Sarajevo, septembar 2010. godine*

R.Br.	Radni naslov teme	Predlagač
1	OPTIMIZACIJA NEUNIFORMNIH BANKI FILTERA ZA APLIKACIJE UKLANJANJA ŠUMA SA PRIMJENOM NA SIGNALE SLIKE I AKUSTIČKE SIGNALE	Doc.dr Enisa Brka, dipl.ing.el.
2	UNAPREĐENJE ŠIROKOPOJASNOG GOVORNOG SIGNALA	Doc.dr Enisa Brka, dipl.ing.el.
3	USPOREDBA RAZLIČITIH KOMERCIJALNIH SOFTVERSKIH ALATA KOJI SE KORISTE U RF INDUSTRIJI A KOJI SU BAZIRANI NA NUMERIČKIM METODAMA U PRIMIJENJENOJ ELEKTROMAGNETICI	Doc.dr. Moamer Hasanović, dipl. ing. el.
4	ANALIZA RASPRŠIVANJA ELEKTROMAGNETNIH TALASA OD RAZLIČITIH NESTANDARDNIH MATERIJALA I ISKORIŠTAVANJE REZULTATA ANALIZE U PROCJENI ŠETNOG UTICAJA ELEKTROMAGNETNIH TALASA NA LJUDSKO TIJELO	Doc. Dr. Moamer Hasanović, dipl. ing. el.
5	PRILOG ANALIZI I RJEŠENJU BLIND BER ESTIMATORA U PRISUSTVU FEDINGA	Red. Prof.dr Ivo Kostić dipl.ing.el
6	DOPRINOS MODELIRANJU KOMPOZITNIH SIGNALA U KONTINUALNOM KANALU METODAMA NOVIH IDENTIFIKACIJSKIH TEHNIKA U PROSTORU NELINEARNIH SISTEMA -NSI	V.prof dr Mesud Hadžialić
7	JEDNO RJEŠENJE MEHANIZMA ZA UPRAVLJANJE STEPENOM KORELISANOSTI SIMULACIONOG MODELA I REALNE TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE	V.prof dr Mesud Hadžialić
8	METODA OTKRIVANJA UPADA U MOBILNE AD-HOC MREŽE KORIŠTENJEM SWARM INTELIGENCIJE	Doc.dr Saša Mrdović
9	APLIKATIVNO SPECIFIČNA ARHITEKTURA PROTOKOLA U WIRELESS MREŽI	Van. prof.dr Mirko Škrbić
10	UNICAST BAZIRANO RUTIRANJE U IPTV MREŽAMA	Van. prof.dr Mirko Škrbić
11	JEDAN DOPRINOS U MODELIRANJU NELINEARNIH REŽIMA U OPTIČKIM KANALIMA NOVIM IDENTIFIKACIJSKIM TEHNIKAMA	Doc. dr Nasuf Hadžiahmetović
12	PRILOG KORELIRANOJ VIŠESLOJNOJ	prof.dr. sc. Vlatko Lipovac

	ANALIZI PROTOKOLA PRI TESTIRANJU KVALITETE USLUGE SUVREMENIH RADIJSKIH OPERATORSKIH MREŽA	
13	JEDAN PRISTUP U ISTRAŽIVANJU MOGUĆNOSTI ZA ODRŽAVANJA ŽELJENOG KVALITETA SIGNALA KOD VEOMA DUGIH ADSL LINIJA	Red prof dr Narcis Behlilović

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1.Radni naslov**

OPTIMIZACIJA NEUNIFORMNIH BANKI FILTERA ZA APLIKACIJE UKLANJANJA ŠUMA  
SA PRIMJENOM NA SIGNALE SLIKE I AKUSTIČKE SIGNALE

## **2.Motivacija i cilj istraživanja**

Problem esitmacije signala koji je zasićen aditivnim šumom je tema od velikog značaja za digitalno procesiranje signala već više decenija. Optimizacija kodera za kodiranje pojasnih signala je problem kojem se pridaje mnogo pažnje u literaturi i praksi. Cilj ovakvih istraživanja je maksimizirati dobitak kodiranja. Iako postoji mnoštvo tehnika optimizacije kodiranja pojasnih signala i dalje postoji mnogo prostora za istraživanje. Poznat je pristup sa posmatranjem optimalne banke filtera koji se koncentriše na pronalažnje najbolje banke filtera iz klase uniformnih ortonormalnih banki filtera sa  $M$  kanala.

Na području uklanjanja šuma iz slika zadnjih godina je došlo do velikog napretka. Napredak je baziran na pristupu razvoja linearnih dekompozicija signala koje pojednostavljaju karakteritike signala, te na bazi estimatora koje optimiziraju te karakteristike. Standardni pristup je izvođenje linearne transformacije slike, primjena nelinearnih funkcija na transformacionim koeficijentima a zatim inverzija linearne transformacije da se dobije slika iz koje je uklonjen šum.

Za potrebe uklanjanja šuma sve više primjene imaju wavelet bazirane aplikacije. Osim toga kada se u obzir uzmu osobine ljudskog preceptualnog sistema, do izražaja dolazi značaj neuniformne podjele signala na podopsege za njegovu dalju obradu za potrebe odstranjivanja šuma.

Preliminarni cilj ovog istraživanja je da se ispituju različite multirezolucijske strukture koje izvode podjelu signala na neekvidistantne frekvencijske podopsege. Na bazi dosadašnjih istraživanja potrebno je definisati različite kriterije optimiziranja te utvrditi optimalnost ovakvih struktura sa aspekta primjene na redukciju šuma kod signala slike i kod akustičkih signala. Konačni cilj istraživanja je prijedlog odgovarajuće nove neuniformne optimalne strukture u skladu sa postavljenim kriterijima.

## **3. Kratki pregled literature**

Prilikom istraživanja će se poći od bazične literature za oblast mulirezolucijske analize:

1. P. P. Vaidyanathan, Multirate systems and filter banks, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993,
2. Ten Lectures on Wavelets (1992), I Daubechies
3. Akansu, Ali N. and Richard A. Haddad. Multiresolution Signal Decomposition: Transforms, Subbands, and Wavelets; Academic Press, Incorporated, 1992
4. Gilbert Strang, Truong Nguyen, Wavelets and Filter Banks (1996)

Nakon toga će se posvetiti pažnja posebnoj literaturi koja daje specifičan doprinos u ovoj oblasti, kao npr.:

1. Sony Akkarakaran, P.P. Vaidyanathan , On Optimization Of Filter Banks With Denoising Applications (1999),
2. Sang-Wook Sohn, Hun Choi, Al-Chan Yun, Jae-Won Suh and Hyeon-Deok Bae , A Noise Cancelling Technique Using Non-uniform Filter Banks and Its Implementation on FPGA, Book Chapter, Springer Berlin / Heidelberg,
3. Heute, U.:Noise Reduction. In: Topics in Acoustic Echo and Noise Control, Hänslér, E.; Schmidt, G. (Eds.), Springer, Berlin (2006) 325-384.
4. Chaux, C. Duval, L. Benazza-Benyahia, A. Pesquet, J.-C., A New Estimator for Image Denoising Using a 2D Dual-Tree M-Band Wavelet Decomposition: IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, 2006. ICASSP 2006 Proceedings
5. Cvetkovic, Z. Johnston, J.D., Nonuniform oversampled filter banks for audio signal processing, IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, Sept. 2003, Volume: 11 Issue: 5, On page(s): 393 – 399a
6. T. Geulzow, A. Engelsberg, and U. Heute, "Comparison of a Discrete Wavelet Transformation and a Non-uniform Polyphase Filter Bank Applied to Spectral Subtraction Speech Enhancement," Elsevier Signal Processing, pp. 5–19, 1998.
7. E. Galijašević, J. Kliewer: Design of Allpass-Based Non-Uniform Oversampled DFT Filter Banks, Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2002. (ICASSP '02), pages 1181-1184.

Navedeni pregled daje tek osnove za uvođenje u temu istraživanja, a u okviru rada će se dati opsežan pregled dosadašnjih istraživanja i odgovarajuće literature.

#### **4. Metode i resursi**

Za ova istraživanja koristit će se metode i znanja iz oblasti multirezolucijske analize signala, redukcije šuma, obrade slike i akustičkih signala. Od softverskih alata potrebni su MATLAB simulatori(Signal Processing Toolbox, Image processing toolbox, Wavelet Toolbox). Modeliranje i simulacija predloženih algoritama će se izvršiti u laboratoriji na ETF-Sarajevo.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Razvoj novog algoritma/strukture optimalne banke filtera za potrebe uklanjanja šuma, kod aplikacija obrade digitalne slike, te kod aplikacija obrade akustičkog signala.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Doc.dr Enisa Brka, dipl.ing.el.

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1.Radni naslov**

UNAPREĐENJE ŠIROKOPOJASNOG GOVORNOG SIGNALA

## **2.Motivacija i cilj istraživanje**

Karakterističan zvuk telefonskog signala sa ograničenom audio kvalitetom uglavnom je uzrokovan ograničenjem prenosnog opsega na frekvencijski opseg analogne telefonije. U procesu prelaska sa analogne na frekvencijski opseg od 300 Hz do 3.4kHz [ITU-T Rec. G.712 1988] je sačuvan zbog kompatibilnosti.

Dugoročno gledano, pojas prenosa od 7 kHz će se koristiti u telefonskoj mreži. ITU-T je standardizovao termine uskog opsega, širokog opsega, super-širokog opsega i punog opsega u odnosu na govorne kodeke. Širokopojasni kodek, kako je definisano prema ITU-T, ima audio opseg od 50Hz do 7kHz.

Proširenje opsega telefonskog govornog signala je već duže zanimljiva tema za istraživanje. Cilj je proširiti frekvencijski opseg i poboljšati percipirani kvalitet audio ili govornog signala, vještačkim dodavanjem nekih spektralnih komponenti. Ove komponente se generišu u okviru procesa dekodiranja.

Preliminarni cilj ovog istraživanja je da se ispituju sve poznate tehnike za sisteme za poboljšanje govora pomoću proširenja opsega. Na bazi dosadašnjih istraživanja potrebno je ispitati mogućnost postizanja boljih rezultata pomoću rada u frekvencijskom domenu i korištenjem metoda za redukciju šuma uzevši u obzir perceptualne karakteristike ljudskog slušnog sistema. Predložena metoda mora davati rezultate bolje kako od konvencionalnih metoda tako i drugih metoda koje su poznate u literaturi.

## **3. Kratki pregled literature**

Prilikom istraživanja će se početi od bazične literature za oblast digitalne obrade govornog signala:

1. Peter Vary, Rainer Martin, Digital Speech Transmission: Enhancement, Coding and Error Concealment
2. Rainer Martin, Ulrich Heute, Christiane Antweiler, Advances in Digital Speech Transmission
3. Havelock, D., Kuwano, S., Vorländer, M. (Eds.): Handbook of Signal Processing in Acoustics, Springer, New York 2009.

Nakon toga će se posvetiti pažnja posebnoj literaturi koja daje specifičan doprinos u ovoj oblasti, kao npr.:

1. 3GPP TS 26.190 (2001). AMR Wideband Speech Codec; Transcoding Functions, 3GPP.
2. 3GPP TS 26.290 (2005). Extended Adaptive Multi-Rate Wideband (AMR-WB+)Codec, 3GPP.
3. Jax, P.; Vary, P. (2003). On Artificial Bandwidth Extension of Telephone Speech, *Signal Processing*, vol. 83, no. 8, August, pp. 1707–1719.
4. Heute, U.: *Speech-Transmission Quality: Aspects and Assessment for Wideband vs. Narrowband Signals*. In: Martin, R., Heute, U., Antweiler, C. (Eds.): *Advances in Digital Speech Transmission*, Wiley, Chichester (2008) 9-50
5. [Esch, T.](#), [Heese, F.](#), [Geiser, B.](#), and [Vary, P.](#): Wideband Noise Suppression Supported by Artificial Bandwidth Extension Techniques, in *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)* (Dallas, TX, USA), pp. 4790–4793, Mar. 2010.

Navedeni pregled daje tek osnove za uvođenje u temu istraživanja, a u okviru rada će se dati opsežan pregled dosadašnjih istraživanja i odgovarajuće literature.

#### **4. Metode i resursi**

Za ova istraživanja koristit će se metode i znanja iz oblasti digitalne obrade govornog signala, redukcije šuma, proširenje opsega govornog signala i akustičkih signala. Od softverskih alata potrebni su MATLAB simulator i C programski jezik. Modeliranje i simulacija predloženih algoritama će se izvršiti u Laboratoriji na ETF-Sarajevo.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Razvoj nove metode poboljšanja širokopojasnog govornog signala koja će se bazirati na poznatim metodama i koja treba biti značajno bolja od konvencionalnih metoda, te od drugih predloženih metoda. Kod razvoja je preporučeno koristiti perceptualne karakteristike ljudskog slušnog sistema kao i različite metode redukcije šuma, uklanjanja greške i sva druga područja za adaptivno procesiranje signala.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Doc.dr. Moamer Hasanović, dipl. ing. el.

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1. Radni naslov**

USPOREDBA RAZLIČITIH KOMERCIJALNIH SOFTVERSKIH ALATA KOJI SE KORISTE U RF INDUSTRIJI A KOJI SU BAZIRANI NA NUMERIČKIM METODAMA U PRIMIJENJENOJ ELEKTROMAGNETICI

## **2.Motivacija i cilj istraživanja**

Dizajn, te praktična realizacija mikrotalasnih komponenti je u novije vrijeme umnogome olakšana pojavom čitavog niza komercijalnih softverskih alata koji omogućavaju potpunu simulaciju komponente prije proizvodnje odgovarajućeg prototipa. Ovi softverski alati su bazirani na različitim numeričkim metodama, kako u frekventnom tako i u vremenskom domenu. Mikrotalasnom inženjeru koji se bavi dizajnom mikrotalasnih sistema je na ovaj način dat izbor korištenja softverskog alata, ali ne i konkretne upute koji softverski alat je najoptimalniji u simulaciji mikrotalasne komponente od interesa. Kao posljedica ove neupućenosti, kompanije koje se bave proizvodnjom mikrotalasnih sistema, troše ogromna sredstva na licence za CAD programe u oblasti mikrotalasnog dizajna, dok isti programi bivaju u značajnoj mjeri neiskorišteni.

Cilj ovog istraživanja je da usporede najpopularnije numeričke metode koje se koriste kao platforma u razvoju komercijalnih RF softverskih alata. Numeričke metode kao što su metod momenata, metod konačnih elemenata, metod konačnih razlika, itd. će biti detaljno istražene i uspoređene. Kroz istraživanje će biti izvršena usporedba numeričkih metoda i biti date konkretne upute koja metoda ili metode su najoptimalnije u konkretnoj aplikaciji. Zatim će se pristupiti detaljnom upoznavanju sa najpopularnijim softverskim alatima (Ansoft HFSS, Microwave Office, CST, Sonnet Suite, itd.) kroz praktičnu upotrebu istih u dizajnu odgovarajućih mikrotalasnih komponenti. Kao rezultat ovog istraživanja, očekuje se da budu date konkretne upute koji softver koristiti u odgovarajućoj aplikaciji, te kako poboljšati preciznost i vrijeme simulacije u istoj.

## **3.Kratki pregled literature**



1. D. M. Pozar, Microwave Engineering, Wiley, Third Edition (2004), ISBN: 0471448788
2. M. N. O. Sadiku, Numerical Techniques in Electromagnetics, CRC Press, Second Edition (2000), ISBN: 0849313953
3. Ansoft HFSS i Ansoft DESIGNER Help
4. Sonnet Help
5. Microwave Studio Help
6. CST Help

Gore navedena literatura će poslužiti samo kao polazna osnova za istraživački rad u ovoj oblasti. Apsolutno je neophodno da kandidat, na početku rada na temi, izvrši detaljno istraživanje literature i uradi izvještaj koji će predstaviti dosadašnje napore u pronalaženju odgovora na pitanja koja se odnose na tematiku ovog istraživanja.

#### **4. Metode i resursi**

Dio istraživanja koji se odnosi na simuliranje u softverskim alatima od interesa, obaviti će se u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu.

Student treba u tu svrhu na raspolaganju imati sljedeće softverske pakete: Ansoft HFSS, Microwave Office, CST, Sonnet Suite.

Rad se okvirno sastoji iz dva dijela. Prvi dio je teoretskog karaktera (usporedba numeričkih metoda) a drugi dio je praktične prirode i sastoji se iz niza praktičnih simulacija na različitim RF softverskim alatima.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Očekuje se da kandidat izvrši sveobuhvatnu klasifikaciju numeričkih metoda koje su našle primjenu u elektromagnetici, a na bazi različitih, prethodno definisanih kriterija. Kandidat bi trebao dati konkretne i jasne upute koje numeričke metode su najoptimalnije u dizajnu odgovarajuće RF komponente. Kao rezultat istraživanja komercijalnih RF softverskih alata, kandidat će izložiti konkretne prijedloge vezane za najoptimalniji alat u dizajnu odgovarajuće komponente, kao i praktične sugestije u cilju zaobilaženja ili reduciranja ograničenja prisutnih u upotrebi istog softverskog alata. Također se očekuje da ovo istraživanje rezultira u minimalno jednom objavljenom članku u prestižnom žurnalu koji prati relevantnu međunarodnu bazu podataka, te u jednoj prezentaciji istraživanja na reputabilnoj međunarodnoj konferenciji u oblasti RF tehnologija.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Doc. Dr. Moamer Hasanović, dipl. ing. el.

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1.Radni naslov**

ANALIZA RASPRŠIVANJA ELEKTROMAGNETNIH TALASA OD RAZLIČITIH  
NESTANDARDNIH MATERIJALA I ISKORIŠTAVANJE REZULTATA ANALIZE U  
PROCJENI ŠTETNOG UTICAJA ELEKTROMAGNETNIH TALASA NA LJUDSKO TIJELO

## **2.Motivacija i cilj istraživanja**

Kiralni materijali se ubrajaju u širu grupu takozvanih metamaterijala i odlikuju se čitavim nizom interesatnih svojstava od kojih je najznačajnija optička aktivnost. Ova osobina se manifestira u zakretanju ravni polarizacije elektromagnetnog talasa koji se širi kroz kiralni materijal. Kiralna svojstva su rezultat osobenosti čestica od kojih je materijal strukturiran i manifestuju se na talasnim dužinama koje su istog reda veličine kao što su kiralne granule. Može se pokazati da i ljudsko tijelo posjeduje kiralne osobine koje dolaze do izražaja na izuzetno visokim frekvencijama. Trenutno ove frekvencije nisu našle primjenu, ali se očekuje da postanu relevantne kroz kontinuirano širenje primijenjenog frekventnog opsega ka sve višim frekvencijama. Stoga je izuzetno značajno da se izvrši naučno istraživanje koje će dati odgovore na pitanja koja se tiču međureakcije kiralnog medija i elektromagnetnog talasa koji se prostire kroz taj medij. Cilj istraživanja je da se razvije model koji će oponašati prostiranje elektromagnetnog talasa kroz kiralni objekat proizvoljnog oblika, i da se zatim analiziraju međureakcije talasa i medija. Također je cilj da se modelira ljudsko tijelo u vidu nehomogenog kiralnog objekta i da se analiziraju uticaji elektromagnetnog talasa na ovaj kiralni objekat trodimenzionalne prirode.

## **3.Kratki pregled literature**

1. M. Hasanović, C. Mei, J. R. Mautz, and E. Arvas, Scattering from Three-Dimensional Inhomogeneous Chiral Bodies of Arbitrary Shape by the Method of Moments, IEEE Transactions Antennas and Propagation, AP-55, no. 6, June 2007, pp. 1817-1825.

2. Moamer Hasanović, Inhomogeneous Chirality in Scattering Problems (Solution Algorithms Based on Method of Moments), VDM Verlag Dr. Mueller e.K. (20. mart 2008), ISBN: 3836482584
3. I. V. Lindell, A. H. Sihvola, S. A. Tretyakov, and A. J. Viitanen, Electromagnetic Waves in Chiral and Bi-Isotropic Media, Boston, MA: Artech House, 1994.
4. D. Worasawate, Electromagnetic scattering from an arbitrarily shaped three-dimensional chiral body, Ph.D. dissertation, , Syracuse Univ., Syracuse, NY, 2002.

Gore navedena literatura će poslužiti samo kao polazna osnova za istraživački rad u ovoj oblasti. Apsolutno je neophodno da kandidat, na početku rada na temi, izvrši detaljno istraživanje literature i uradi izvještaj koji će predstaviti dosadašnje napore u pronalaženju odgovora na pitanja koja se odnose na tematiku ovog istraživanja.

#### **4. Metode i resursi**

Dio istraživanja koji se odnosi na simuliranje u softverskim alatima od interesa, obaviti će se u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu.

Student treba u tu svrhu na raspolaganju imati slijedeće softverske pakete: MATLAB i Ansoft HFSS.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Očekuje se da kandidat izvrši sveobuhvatnu analizu uticaja elektromagnetnog zračenja na objekte koji posjeduju kiralna svojstva. Kandidat treba da razvije model koji će oponašati reakciju elektromagnetnog talasa i kiralnog objekta. Model treba biti generalnog karaktera i ne smije biti ovisan o obliku kiralnog raspršivača. Kao rezultat ove analize, kandidat će predstaviti nivo uticaja elektromagnetnog zračenja na visokim frekvencijama na ljudsko tijelo. Također se očekuje da ovo istraživanje rezultira u minimalno jednom objavljenom članku u prestižnom žurnalu koji prati relevantnu međunarodnu bazu podataka, te u jednoj prezentaciji istraživanja na reputabilnoj međunarodnoj konferenciji u oblasti RF tehnologija.

Prijedlog teme doktorske disertacije

## 1.Radni naslov

PRILOG ANALIZI I RJEŠENJU *BLIND BER* ESTIMATORA U PRISUSTVU FEDINGA

## 2.Motivacija i cilj istraživanja

Vjerovatnoća greške po bitu i/ili po simbolu je osnovna mjera kvaliteta prenosa u telekomunikacionom sistemu. Takođe, teorijska vjerovatnoća greške ili praktično mjerena *BER* (*bit-error rate*), ključni je povratni kontrolni parametar u savremenim i perspektivnim adaptivnim radio-sistemima. Pored toga, postoji potreba za efikasno testiranje *BER* u velikoserijskim produkcionim procesima. U tom slučaju, estimacija ekstremno niskog *BER* i trajanje testiranja je od primarnog značaja. Sa druge strane na radio linku *on-line* procjena relativno velikog *BER*, sa minimalnim brojem *a priori* informacija je perspektivni zahtjev. Dakle, postoje teorijski i praktični razlozi da se doprinese procjeni *BER* i da se procjena realizuje u realnom vremenu. Sagledavaju se dva, za sada nezavisna pravca koja su na putu rješenja napred opisanog problema. Jedan se odnosi na *on-lineblind* analizu funkcije gustine vjerovatnoće varijable odlučivanja u odgovarajućem detektoru digitalnog signala i na intezivno postprocesiranje iste u cilju pouzdane procjene *BER*. Drugi aktuelni pravac u rješavanju problema odnosi se na analizu tzv. *error vector magnitude*. Do sada je prvi pristup bio djelimično uspješno orijentisan prema prenosu na radio-kanalu, a drugi, uglavnom, je orijentisan na procjenu *BER* za potrebe testiranja u proizvodnji. Ova teza treba, kroz odgovarajuća istraživanja, da objedini oba pravca u cilju obezbjeđenja visoke pouzdanosti procjene *BER* pri kratkom opservacionom intervalu.

## 3.Kratki pregled literature

Dobar uvid u suštinu problema može se naći u slijedećim referecama (vidijeti i njihove reference):

1. Jeffery D. Laster, Jeffrey H. Reed, and W. H. Tranter, Bit Error Rate Estimation Using Probability Density Function Estimators, IEEE Transaction of vehicular technology, Vol. 51, No. 1, January 2003, pp.260-266
2. H. A. Mahmoud and H. Arslan, Error Vector Magnitude to SNR Conversion for Nondata-Aided Receivers, IEEE Transactions on wireless communications, Vol. 8, No. 5, May 2009, pp. [2694-2704](#)

## 4. Metode i resursi

U ključnom dijelu istraživanja koji se odnosi na numeričku simulaciju studentu se preporučuje da se orijentiše na *Adaptive Importance Sampling* naprednu simulacionu tehniku.

Većina mjernih eksperimenata moćiće se obaviti koristeći resurse ETFa u Sarajevu. U fazi realizacije estimatora biće neophodna saradnja sa odgovarajućom inostranom institucijom.

## 5. Osnovni očekivani doprinos

Očekuje se:

- teorijska razrada novog koncepta *BER* estimatora,
- eksperimentalna i simulaciona verifikacija novog *BER* estimatora i
- hardverska realizacija modela *BER* estimatora.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

V.prof dr Mesud Hadžialić

Prijedlog teme doktorske disertacije

## 1.Radni naslov

DOPRINOS MODELIRANJU KOMPOZITNIH SIGNALA U KONTINUALNOM KANALU  
METODAMA NOVIH IDENTIFIKACIJSKIH TEHNIKA U PROSTORU NELINEARNIH  
SISTEMA -NSI/

## 2.Motivacija i cilj istraživanja

Identifikacija nelinearnih sistema (*Nonlinear system identification-NSI*) je jedan od glavnih ciljeva u modeliranju signala generisanih vještačkim sistemima i prirodnim fenomenima. Razlog velikog interesovanja u ovom polju je usko povezan sa nelinearnom prirodom realnih fenomena, čineći linearne pretpostavke jednostavnom aproksimacijom realnog ponašanja. Telekomunikacijski kanal, kao kontinualni kanal, ima inherentno nelinearna svojstva koja se posebno uočavaju u prisustvu multiplikativnih smetnji. Aspekti nelinearnog ponašanja kanala od posebnog interesa su uskopojasni nelinearni kanali u prisustvu multiplikativnih smetnji sa tehnikama ekvalizacije kanala.

Napredna istraživanja u posljednjim dekadama u procesiranju signala još uvijek nisu riješila osnova ograničenja koja utiču na sve moguće pristupe. Ova ograničenja mogu biti podijeljena u pet kategorija:

- 1) Kompleksnost algoritma koja ograničava aplikacije zbog velike ovisnosti i osjetljivosti u pogledu nedostatka memorije i veličine signala
- 2) Potreba za poznavanjem *a priori* informacije komponenata sistema i/ili matematičkih osobina koje imaju najveći uticaj na matematičko modeliranje, a samim time i na identifikacijske tehnike koje će se koristiti, kao što je razlikovanje vremenski zavisnih i vremenski invarijantnih sistema
- 3) Potreba za poznavanjem *a priori* informacije o redu modela, kako bi se spriječili efekti posjedovanja premalo ili previše parametara, što određuje razvoj velikog broja statističkih metoda koje su u mogućnosti da odrede optimalni red modela
- 4) Efektivni kriteriji koji nam omogućavaju da odredimo koji sistemi i/ili fizički fenomeni mogu biti identifikovani sa određenom tehnikom baziranom na procesiranju ansambla
- 5) Izazov za razvoj opštih okvira koji su u mogućnosti da definišu veliku klasu identifikacijskih algoritama.

Ova ograničenja su uticala na razvoj novih identifikacijskih tehnika, i poznata su kao *otvoreni problemi* za NSI.

U okviru ovog rada treba pokazati efektivnost okvira novih identifikacijskih tehnika, baziranim na metodama identifikacija nelinearnih sistema NSI (*Nonlinear system identification*) u cilju unapređenja analize ponašanja uskopojasnih nelinearnih kanala u prisustvu multiplikativnih smetnji sa tehnikama ekvalizacije kanala.

Ovu efektivnost treba razmatrati sa aspekata poređenja sa trenutno najboljim rješenjima, kao što su, pristupi su bazirani na adaptivnom filtriranju LMS, RLS i NMLS algoritmi i NARMAX modeli koji uzimaju u obzir polinomijalne nelinearnosti.

Metodološki, evaluaciju performansi treba razvrstati i obraditi u dvije osnovne kategorije: identifikacija preciznosti i vremena precesiranja.

### 3. Kratki pregled literature

1. Claudio Turcheti, Giorgio Biagetti, Francesco Gianfelici, Paolo Crippa, Nonlinear System Identification: An Effective Framework Based on the Karhunen-Loeve Transform, IEEE Transaction on signal processing, vol. 57, no.2, February 2009
2. G. B. Giannakis and E. Serpedin, A bibliography on nonlinear system identification, Signal Process., vol. 81, pp. 533–580, Mar. 2001.
3. S. Pupolin and L. Greenstein, Performance analysis of digital radio links with nonlinear transmit amplifier, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. SAC-5, pp. 534–546, Apr. 1987.
4. D. Falconer, Adaptive equalization of channel nonlinearities in QAM data transmission systems, Bell Syst. Tech. J., vol. 57, pp. 2589–2611, Sep. 1978.
5. E. Biglieri, S. Barberis, and M. Catena, Analysis and compensation of nonlinearities in digital transmission systems, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 6, pp. 42–51, Jan. 1988.

### 4. Metode i resursi

Student će u svrhu istraživanja na raspolaganju imati slijedeće softverske pakete: COSMOL Multiphysics, MATLAB, FLUX CAE Software. U ključnom dijelu istraživanja, koji se odnosi na numeričku simulaciju, studentu se preporučuje da se orijentiše na *Adaptive Importance Sampling* naprednu simulacionu tehniku.

Većina mjernih eksperimenata moći će se obaviti koristeći resurse ETFa u Sarajevu. U fazi realizacije i testiranja modela ekvalizacije može se uspostaviti neophodna saradnja sa odgovarajućom inostranom institucijom.

### 5. Osnovni očekivani doprinos

Nova saznanja o *ponašanju* uskopojasnih nelinearnih kanala u prisustvu multiplikativnih smetnji sa tehnikama ekvalizacije kanala, sa mogućnostima analiza procesa na smanjenom skupu *a priori* informacije o redu sistema i/ili njegovim matematičkim osobinama.

Očekuje se:

- Teorijska razrada poboljšanog koncepta ekvalizacije
- Simulaciona verifikacija poboljšanog ekvalajzera

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

V.prof dr Mesud Hadžialić

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1. Radni naslov**

JEDNO RJEŠENJE MEHANIZMA ZA UPRAVLJANJE STEPENOM KORELISANOSTI  
SIMULACIONOG MODELA I REALNE TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE

## **2. Motivacija i cilj istraživanja**

Istraživanja u oblasti mreža sa tehnologijom Internet protokola (IP) se zasnivaju na analitičkim metodama, simulaciji, eksperimentima i mjerenjima. Mjerenja i eksperimenti zahtijevaju ispitivanja realnih mreža, dok se simulacija i analiza odnose na analizu i ispitivanje konstruisanih, apstraktnih modela. Mjerenja i eksperimentalne metode se mogu primjenjivati samo na postojeći sistem ili djelimično nova okruženja. Analitički modeli su ključni za suštinsko razumijevanje ponašanja mreže, ali problemi se javljaju zbog rizika da se primjene neki modeli pojednostavljeni do te mjere da gube bitne karakteristike ponašanja mreže. Simulacija je komplementarna sa analizom, zbog toga što omogućava verifikaciju ispravnosti analize i ispitivanje komplikovanih modela, koje bi bilo teško ili nemoguće rješavati analitički. Uslijed heterogenosti i brzih promjena IP tehnologije, ne postoji jedinstven i ograničen skup scenarija simulacije, dovoljan da pokaže da će se pojedini predloženi protokol ili projektovani sistem dobro ponašati u uslovima stabilnog razvoja mreže.

Jedno od mogućih rješenja u povećanju efikasnosti telekomunikacijskih mreža uz osiguranje zadatih parametara QoS-a jeste u uspostavi korelisanosti simulacijskog modela i realne telekomunikacijske mreže. Da bi se moglo upravljati stepenom korelisanosti ovih mrežnih struktura, neophodno je uspostaviti mehanizme, na bazi sučelja, koji bi osigurali mogućnost učenja od strane simulacijskog modela na bazi ponašanja realne mreže. Predloženi mehanizmi trebaju biti u stanju da uče o ponašanju realne mreže u različitim vremenskim intervalima i na poznatim statističkim osobinama prometa u realnoj mreži. Jedan od načina za održavanje zadatog nivoa vjerodostojnosti simulacijskog modela u svim relevantnim vremenskim intervalima uz mogućnost verifikacije rezultata dobijenih simulacijom mreže je da simulator i pridruženi scenariji simulacije budu korelirani na način da se može upravljati stepenom korelacije u zadatim vremenskim intervalima. S obzirom na to da simulacijski modeli nadomještaju eksperimente na stvarnim sistemima koji mogu biti jako skupi i kompleksni, oni moraju osiguravati aproksimaciju stvarnog sistema kako niti jedan zaključak izvučen iz njega ne bi bio pogrešan.

## **3. Kratki pregled literature**



1. B. L. Nelson and M. Yamnitsky, Input modeling tools for complex problems, Proceedings of the 1998 IEEE Winter Simulation Conference ( D. Medeiros, E. Watson, J. Carson, and M. Manivannan, eds.), IEEE, 1998, pp. 105-112.
2. Tao Ye, Hema T. Kaur, Shivkumar Kalyanaraman, and Murat Yuksel, Large-Scale Network Parameter Configuration Using an On-Line Simulation Framework, IEEE/ACM Transactions on Networking, 2008.
3. Mohammad S. Obaidat, Nouredine A. Boudriga, Fundamentals of performance evaluation of computer and telecommunication systems, Wiley, 2010 god.

#### **4. Metode i resursi**

Student će u svrhu istraživanja na raspolaganju imati softverski alat za simulaciju mreža OPNET i ns-2. U ključnom dijelu istraživanja, koji se odnosi na estimacije parametara realnih telekomunikacijskih mreža, student će moći koristiti rezultate dobijene snimanjem prometnih parametara na najmanje dvije realne mreže.

Većina mjernih eksperimenata moći će se obaviti koristeći resurse ETFa u Sarajevu. U fazi realizacije i testiranja modela može se uspostaviti neophodna saradnja sa odgovarajućom operatorima u oblasti telekomunikacija.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Mogućnost predviđanja ponašanja realnih telekomunikacijskih mreža u različitim vremenskim intervalima i sa poznatom vjerodostojnošću dobijenih rezultata na bazi razvijenih mehanizama za samoučenje na simulacijskom modelu. Kao dodatni doprinos rada očekuje se prijedlog upravljivih generatora prometa za različite scenarije aplikacija i servisa te efikasnije (on line) metode verifikacije i validacije simulacijskog modela.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Doc.dr Saša Mrdović

Prijedlog teme doktorske disertacije

## 1.Radni naslov

METODA OTKRIVANJA UPADA U MOBILNE AD-HOC MREŽE KORIŠTENJEM *SWARM* INTELIGENCIJE

## 2.Motivacija i cilj istraživanja

Mobilna ad-hoc mreža (MANET) je samo konfigurisuća mreža koje se formira automatski između skupa mobilnih čvorova bez fiksne infrastrukture ili centraliziranog upravljanja. Za prosljeđivanje paketa kroz MANET potrebna je saradnja svih čvorova. Samo jedan nekooperativan ili maliciozan čvor može dovesti do pogrešnog rada cijele mreže. Kako se MANET često koriste u kritičnim aplikacijama i situacijama neophodno je povesti posebnog računa o sigurnosti. Zbog prirode MANET metode prevencije nisu uvijek dovoljne da se spriječe sva ponašanja koja nisu dozvoljena. Iz ovog razloga neophodno je raditi i na metodama detekcije putem izgradnje sistema za otkrivanje upada (IDS). Tradicionalne metode za otkrivanje upada u bežične mreže nisu dovoljne i pogodne za MANET. Zbog prirode MANET savremeni IDS za MANET su uglavnom distribuirane kooperativne arhitekture.

*Swarm* inteligencija je kolektivno ponašanje decentralizovanih samo organizujućih sistema. Ovi sistemi se obično sastoje od jedinki koje slijede jednostavna lokalna pravila koja rezultiraju organizovanim usmjerenim globalnim ponašanjem sistema.

Kako je organizacija MANET pogodna za primjenu *swarm* inteligencije ove metode su već korištene za optimizaciju rutiranja u MANET. Ideja je da je moguće koristiti ovaj pristup i za otkrivanje upada u MANET.

U okviru ovog rada potrebno je:

1. Izučiti moguće tipove upada u mobilne ad-hoc mreže;
2. Napraviti pregled savremenih metoda za otkrivanje upada u ove mreže;
3. Razmotriti mogućnost upotrebe *swarm* inteligencije za MANET IDS
4. Napraviti probni sistem za otkrivanje upada u mobilne ad-hoc mreže baziran na

*swarm* inteligenciji;

5. Analizirati rezultate, uporediti ih sa rezultatima drugih istraživača, te donijeti zaključke o prednostima i nedostacima ovog pristupa i prijedloge za dalje pravce istraživanja.

Konačni cilj istraživanja je provjera pogodnosti upotrebe *swarm* inteligencije za otkrivanje upada u mobilne ad-hoc mreže. Očekivani rezultat je napredak i poboljšanje rezultata istraživanja drugih istraživača u ovoj oblasti.

### **3.Kratki pregled literature**

Dobar opšti pregled ove problematike i metoda rješavanja dat je u:

1. S. Şen and J.A. Clark, Intrusion Detection in Mobile Ad Hoc Networks, Guide to Wireless Ad Hoc Networks, Springer, 2009, pp. 1-28.
2. T. Anantvalee and J. Wu, A Survey on Intrusion Detection in Mobile Ad Hoc Networks, Wireless Network Security, Springer, 2007, pp. 159-180.

Neki od najnovijih radova sa problematikom iz ove oblasti su tek prihvaćeni za objavljivanje u časopisima i nabrojani su u nastavku:

Upotreba *swarm* inteligencije u MANET rutiranju obrađena je u:

1. F. Correia and T. Vazão, Simple ant routing algorithm strategies for a (Multipurpose) MANET model, Ad Hoc Networks, Elsevier, vol. In Press, Corrected Proof.

Najnoviji pristupi otkrivanju upada u mobilne ad-hoc mreže opisani su u:

1. B. Cheng and R. Tseng, A Context Adaptive Intrusion Detection System for MANET, Computer Communications, Elsevier, vol. In Press, Accepted Manuscript.
2. D.B. Roy, R. Chaki, and N. Chaki, BHIDS: a new, cluster based algorithm for black hole IDS, Security and Communication Networks, Wiley, vol. 3, 2010, pp. 278-288.

### **4.Metode i resursi**

Istraživanje će početi metodom analize problema. U narednom koraku će se koristeći metodu modeliranja napraviti matematički i računarski model. Na osnovu ovih modela uradiće se simulacije. Ideje rješavanja problema će se metodom sinteze objediniti u konkretan pristup. Ovaj pristup će biti testiran metodom simulacije i metodom eksperimenta na stvarnom objektu. Komparativna metoda biće korištena za ocjenu

rezultata i njihovu uporedbu sa rezultatima drugih istraživača iz oblasti.

Za realizaciju istraživanja na raspolaganju je laboratorija na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu sa softverima za simulaciju rada računarskih mreža (OpNet i ns2) i mobilnim računarima i uređajima za uspostavljanje mobilne ad-hoc mreže. Takođe su na raspolaganju i softveri za simulaciju upada (Metasploit).

## **5.Osnovni očekivani doprinos**

Nova metoda otkrivanja upada u mobilne ad-hoc mreže zasnovana na *swarm* inteligenciji.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Van. prof.dr Mirko Škrbić

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1. Radni naslov**

APLIKATIVNO SPECIFIČNA ARHITEKTURA PROTOKOLA U WIRELESS MREŽI

## **2. Motivacija i cilj istraživanja**

Napredak energetske efikasne wireless tehnologije omogućio je mnogo novih aplikacija kao što su: audio i video streaming u realnom vremenu, video monitoring, mikro-senzorsko upravljanje, medicinski nadzor, kućne mreže itd. Ove aplikacije zahtijevaju visoke performanse od mreže, dok se istovremeno moraju poštovati resursna ograničenja, posebno wireless frekventni spektar, distance, baterijske kapacitete itd. Motivacija ove teme je da ova ograničenja nameću aplikativno specifičan dizajn protokolskih arhitektura, što je ilustrovano na aplikacijama video streaming-a u realnom vremenu.

## **3. Kratki pregled literature**

1. Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks – Intanagonwiwat, Govindan, et al. - 2000
2. Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computer – Perkins, Bhagwat - 1994
3. A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols, in – Broch, Maltz, et al. - 1998
4. Wireless Communications, Principles and Practice – Rappaport - 1996
5. Architectural Considerations for a New Generation of Protocols – Clark, Tennenhouse - 1990
6. Next century challenges: Scalable coordination in sensor networks – Estrin,

Govindan, et al. - 1999

7. A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links – Balakrishnan, Padmanabhan, et al. - 1997
8. Layered Space-Time Architecture For Wireless Communication in a Fading Environment when Using MultiElement Antennas – Foschini - 1996
9. MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications – Gall - 1991
10. MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LAN's – Bharghavan, Demers, et al. - 1994
11. Wireless integrated network sensors – Pottie, Kaiser
12. Power-Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks – Singh, Woo, et al. - 1998
13. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing, draft-ietf-manet-aodv-10.txt – Perkins - 2002
14. The design and implementation of an intentional naming system – Adjie-Winoto, Schwartz, et al. - 1999
15. Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks – Heinzelman, Kulik, et al. - 1999
16. Towards an Active Network Architecture – Tennenhouse, Wetherall - 1996
17. Error Control Coding: Fundamentals and Applications – Lin, Costello - 1983

#### **4. Metode i resursi**

U okviru predmeta za doktorski studij radiće se teme iz domena performansi Wireless protokola za aplikaciju video streaming-a na IMS NGN servisnoj platformi. Pri tom se planira koristiti Open IMS i Open SER platforme Fraunhofer instituta, radne grupe FOKUS, kao i drugi harverski i softverski alati koje ETF uspije obezbjediti. Koristiće se wireless infrastruktura open source mesh mreža OLSRD i Open WRT operativnih sistema.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Dizajn odgovarajućih wireless protokola podesnih za pojedine video streaming aplikacije u IMS okruženju. Mjerenje performansi rada broadcast, video on demand i IPTV aplikacija.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu

Van. prof.dr Mirko Škrbić

Prijedlog teme doktorske disertacije

## **1. Radni naslov**

UNICAST BAZIRANO RUTIRANJE U IPTV MREŽAMA

## **2. Motivacija i cilj istraživanja**

Sagledavanje performansi i problema pri unicast i multicast metodama rutiranja i njihov uticaj na performanse pojedinih IPTV aplikacija. Prema našim saznanjima problem koji se ovdje predlaže istražiti nije do sada bio predmetom znanstvenog istraživanja u kontekstu IMS baziranih IPTV mreža. Postavlja se osnovno pitanje da li prilagođavati IMS IPTV mreži baziranoj na multicast i unicast rutiranju ili prilagoditi IPTV mrežu na IMS koji je baziran na unicast rutiranju i streaming-u.

## **3. Kratki pregled literature**

1. Noah Luo, Ph.D.: "NGN based IPTV", ITU-T IPTV Global Technical Workshop, Seoul, Korea, 12-13 October 2006
2. Eugen Mikoczy, Dmitry Sivchenko, Bangnan Xu, Veselin Rakocevic: "IMS based IPTV services - Architecture and Implementation"
3. Yang Wei, Tu Jiashun, Gao Yi: "IMS-based IPTV" ZTE magazine, 2007-06-29
4. P. Gustafsson: "IPTV Distribution", White paper, PacketFront, Inc., 2008.
5. Mirko Škrbić, Djordje Cvijanović, Jasenko Sehanović: "A Triple Play Distribution System", ICAT 2008
6. ITU - FOCUS GROUP ON IPTV (FG IPTV) documents
7. FTTH council, "Fibre to the Home – Advantages of Optical Access"
8. Francisco J. Hens and Jose M. Caballero, "Triple Play – Building the converged network for IP, VoIP and IPTV", John Wiley & Sons, Ltd., 2008.
9. Joseph Weber and Tom Newberry, "IPTV Crash Course", The McGraw Hill Companies, 2007.

10. Noah Luo, "NGN based IPTV", ITU-T IPTV Global Technical Workshop, Seoul, Korea, 12-13 October 2006
11. ETSI TS 182 027: "Telecommunication and Internet converged Services and Protocol for Advanced Network (TISPAN); IPTV Architecture; IPTV functions supported by the IMS subsystem", October 2009
12. ETSI TS 183 063: "Telecommunication and Internet converged Services and Protocol for Advanced Network (TISPAN); IMS-based IPTV stage 3 specification", June 2008
13. Lawrence Harte and Avi Ofrane, "Introduction to IPTV billing", ALTHOS Publishing, 2006
14. Yang Wei, Tu Jiashun, and Gao Yi, "IMS-based IPTV" ZTE magazine, 2007
15. Peter Arborg, Torbjorn Cagenius, Olle V. Tidblad, Mats Ullerstig, and Phil Winterbottom, "Network infrastructure for IPTV", Ericsson Review No.3, 2007
16. Toni Janevski and Zoran Vanevski, "Statistical analysis of multicast versus instant channel changing unicast IPTV provisioning", 16th Telecommunication Forum TELFOR 2008, November 2008

#### **4. Metode i resursi**

U okviru predmeta za doktorski studij radiće se teme iz domena performansi protokola rutiranja i aplikacija na IMS NGN servisnim platformama. Pri tom se planira koristiti Open IMS i Open SER platforme Fraunhofer instituta, radne grupe FOKUS, kao i drugi harverski i softverski alati koje ETF uspije obezbjediti.

#### **5. Osnovni očekivani doprinos**

Izbor odgovarajućih protokola rutiranja podesnih za pojedine IPTV aplikacije u IMS okruženju. Mjerenje performansi rada broadcast i interaktivnih IPTV aplikacija.



## 1. Radni naslov

JEDAN DOPRINOS U MODELIRANJU NELINEARNIH REŽIMA U OPTIČKIM KANALIMA NOVIM IDENTIFIKACIJSKIM TEHNIKAMA

## 2. Motivacija i cilj istraživanja

Problemi u analitičkom opisivanju i modeliranju optičkih kanala se pojavljuju u uslovima kada je snaga predajnog lasera *prilično velika*. Ovakve *nelinearnosti mogu postaviti značajna ograničenja na sisteme sa velikim brzinama prijenosa, kao što su npr. WDM sistemi*. Zbog navedenog, uvodi se veličina nazvana „*prag snage*“, koja *predstavlja snagu iznad koje ne vrijede uslovi linearnosti i ima različite vrijednosti, u zavisnosti od tipa nelinearnih pojava*.

Optičke nelinearnosti se mogu klasificirati u dvije osnovne kategorije. Prvu kategoriju čine *stimulirana svjetlosna raspršenja*. U ovoj kategoriji su najvažniji: *stimulirano Ramanovo raspršenje (eng. Stimulated Raman Scattering - SRS) i stimulirano Brillouinovo raspršenje (eng. Stimulated Brillouin Scattering – SBS)*. Ramanovi i Brillouinovi pojačavači rade na principu *prenošenja snage jakog signala (pumpe) na signal koji želimo pojačati*. Zbog istog efekta, ovakva osobina je *nepoželjna u višekanalnim WDM sistemima, u kojima dolazi do prenošenja snage jednog kanala (manje talasne dužine, odnosno, veće energije) na druge kanale (većih talasnih dužina, odnosno, manjih energija), pa se moraju poduzeti odgovarajuće mjere predostrožnosti*. Jedan od načina je *hromatska disperzija, koja smanjuje efekat SRS-a za faktor 2*. Pragovi snaga signala na kojima *nastupaju specifične pojave su prilično različiti*.

Kod SRS-a *prag snage je veći u odnosu na SBS i iznosi oko 1 W, dok je u slučaju SBS-a svega nekoliko mW, čime je pojava SBS-a dominantnija, jer se brže pojavljuje*.

Također, SRS je širokopojasna pojava - *širina opsega Ramanovog dobitka je preko 40 THz, dok je širina opsega Brillouinovog dobitka manja od 100 MHz*. Ovim istraživanjem bi trebalo obuhvatiti kategoriju optičkih nelinearnosti koja *proizilazi iz zavisnosti indeksa refrakcije od primijenjenog električnog polja, koji je proporcionalan kvadratu amplitude polja*. Najvažniji nelinearni efekti u ovoj kategoriji su: *self-phase modulation - SPM, cross-phase modulation - XPM, four-wave mixing – FWM*. Posebnu pažnju treba posvetiti analiziranju *four-wave mixing – FWM mehanizmima, kako bi nelinearni proces, kao što je FWM, bio efikasan u optičkim vlaknima (moraju se učiniti posebni naponi u cilju postizanja faznog slaganja signala)*.

Rješenja problema nelinearnosti optičkih kanala poznatim metodama imaju dosta ograničenja, te se zbog toga predlaže istraživanje kojim bi se pokušalo dobiti rješenje korištenjem novih identifikacijskih tehnika, u literaturi poznata kao *otvoreni problemi* za NSI, upotrebom različitih identifikatora, izvedenih korištenjem osnovnih polinomijalnih funkcija ( $FRM_{PLY}$ ), waveleta ( $FRM_{WLT}$ ) i osnovnih radijalnih funkcija, *radial basic functions* ( $FRM_{RBF}$ ). Koristio bi se efektivni okvir za NSI koji je u mogućnosti da definiše veliku klasu identifikatora nelinearnih sistema, baziranih na strogoj matematičkoj formulaciji.

### 3. Kratki pregled literature

1. G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, Academic Press, San Diego, 1995, 2nd ed.
2. J. R. Thompson and R. Roy, Nonlinear dynamics of multiple four-wave mixing processes in a single-mode fiber, Phys. Rev. A 43, 4987–4996 (1991).
3. J. D. Harvey, S. G. Murdoch, S. Coen, R. Leonhardt, D. Mechin, and G. K. L. Wong, Parametric processes in microstructured and highly nonlinear optical fibres, Opt. Quantum Electron. 39, 1103–1114 (2007).
4. Claudio Turcheti, Giorgio Biagetti, Francesco Gianfelici, Paolo Crippa, Nonlinear System Identification: An Effective Framework Based on the Karhunen-Loeve Transform, IEEE transaction on signal processing, vol. 57, no.2, February 2009
5. Martin Wegener, Extreme Nonlinear Optics, 2004.
6. Jerzy Leszczynski, Non-Linear Optical Properties of Matter, 2006.

### 4. Metode i resursi

Student će u svrhu istraživanja na raspolaganju imati slijedeće softverske pakete: COSMOL Multiphysics, MATLAB, FLUX CAE Software. U ključnom dijelu istraživanja, koji se odnosi na numeričku simulaciju, studentu se preporučuje da se orijentiše na *Adaptive Importance Sampling* naprednu simulacionu tehniku.

Većina simulacijskih eksperimenata moći će se obaviti koristeći resurse ETFa u Sarajevu. U fazi realizacije i testiranja modela nelinearnog kanala i eksperimentalne verifikacije istog može se uspostaviti neophodna saradnja sa odgovarajućom inostranom institucijom.

### 5. Osnovni očekivani doprinos

Nova saznanja o ponašanju optički nelinearnih kanala i moguće implikacije na razvoj aktivnih komponenata, predajnika i prijemnika. Treba da se dobiju rješenja teorije bazirane na stohastičkoj osnovi, gdje nelinearni sistemi generišu nedeterminističke

signale tj. stohastičke procese (SP), za date početne uslove i slučajne parametre ulaznih signala. *Poseban aspekt rezultata ovih istraživanja treba da bude na mogućnostima korištenja većih snaga u kanalu.*

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
prof.dr. sc. Vlatko Lipovac

Prijedlog teme doktorske disertacije

## 1. Radni naslov

PRILOG KORELIRANOJ VIŠESLOJNOJ ANALIZI PROTOKOLA PRI TESTIRANJU  
KVALITETE USLUGE SUVREMENIH RADIJSKIH OPERATORSKIH MREŽA

## 2. Motivacija i cilj istraživanja

Komunikacijska infrastruktura multiuslužnih i multitehnologijskih mreža mora osigurati potrebnu kvalitetu usluga (QoS), a što, dalje, treba verifikirati prilikom instalacije, tehničkog prijema i eksploatacije praktičnih sistema mrežnog operatora. Pri tome se, s jedne strane, QoS uglavnom definira na razini nižih ("komunikacijskih") protokola, a s druge strane, na razini same aplikacije. Planiranje, projektiranje, analiza i upravljanje kvalitetom usluge predstavljaju složen proces, sastavljen od međusobno zavisnih komponenti, potrebnih za ostvarenje predvidivih ciljeva kvalitete, prilikom uvođenju novih tehnologija.

Prema klasičnom slojevitom komunikacijskom modelu, svaki sloj OSI-ISO ili TCP/IP protokolskog stoga (*stack*) radi neovisno od ostalih, s kojima (susjednima) je statično povezan sučeljima koja su neovisna od individualnih mrežnih ograničenja i aplikacija, što je omogućilo interoperabilnost i značajno pojednostavilo projektiranje i izvedbu mreža, te dovelo do razvoja robustnih i skalabilnih internetskih protokola. Međutim, za razliku od fiksnih mreža, u kojima se QoS može garantirati neovisnim optimiziranjem svakoga sloja OSI modela, u radijskim mrežama, ovakav pristup ograničava performansu ukupne mrežne arhitekture, usljed nedostatka koordinacije među protokolima, osobito stoga što sama priroda fizičkog prijenosnog medija (uključujući vremensku promjenjivost, ograničeni propusni opseg, te propagacijske nesavršenosti) uvodi nekoliko ozbiljnih ograničenja performanse TCP/IP protokola, koji su bili predviđeni za fiksne mreže. Dakle, budući da, u radijskim mrežama prisutna jaka međupovezanost slojeva ima za posljedicu neefikasno slojevito projektiranje mreže, odnosno njenu nefleksibilnost i podoptimalnost (npr. neadekvatnu performansu *ad hoc* radijskih mreža), posebno kada je energija ograničenje, ili kada aplikacija zahtijeva široki propusni opseg i/ili kratko vrijeme prijenosa, da bi se zadovoljili ovi zahtjevi, potrebno je projektirati mrežu na način da se ostvari adaptibilnost i optimalnost kroz više slojeva protokolskog stacka, tako da se paradigma slojevitog projektiranja modificira tzv. međuslojnim (*cross-layer*) projektiranjem, gdje je osnovna ideja održavanje funkcionalnosti originalnih slojeva, ali se dozvoljava koordinacija, interakcija i zajedničko projektiranje protokola koji prelaze granice različitih slojeva. Tako npr. sloj linka podataka može prilagoditi brzinu prijenosa, energiju i kod zahtjevima aplikacije, za dana kanalska i mrežna ograničenja, a međuzavisno se adaptiraju: MAC sloj (na temelju interferencijskih, vremenskih odzivnih i prioritetskih ograničenja), adaptibilni rutirajući protokoli (polazeći od linkovnih, mrežnih i prometnih ograničenja), te, konačno, aplikacijski protokoli, koristeći „mekani“ QoS koji se adaptira prema željenoj kvaliteti na aplikacijskoj razini.

Dakle, važno je da se protokoli svakoga sloja ne rade u izolaciji, već unutar integralnog i hijerarhijskog okvira da se iskoriste njihove međuzavisnosti koje se temelje na adaptibilnosti *svakoga* sloja protokolskoga stacka, u odnosu na opća sistemska ograničenja, kakva su energetska učinkovitost, mobilnost i tip aplikacija koje mreža podržava.

S tim u vezi, sve više se nameće kao nužan integralni pristup i testiranju QoS, što podrazumijeva koreliranje između performansi individualnih slojeva modela, s ciljem

formuliranja i verifikacije na analitičkoj, simulacijskoj i praktičnoj razini, integralnog QoS kriterija za tipične mrežne aplikacije mobilnih radijskih mreža, nove generacije.

Do sada je predloženo više ovakvih pristupa projektiranju mreža, ali relativno malo s gledišta testiranja mrežnih performansi i QoS, a osobito s gledišta formalne karakterizacije međuslojne interakcije. S druge strane, niti praktični alati (npr. višeslojni analizatori protokola i/ili distribuirani testni sistemi), ne pružaju integralnu informaciju, koja je, u ovakvim uvjetima, potrebna mrežnom operatoru u različitim fazama životnog ciklusa mreže, a iz čega, konačno, proističe i motivacija za ovo istraživanje, kako bi se razvio odgovarajući teorijski model ekspertnog analizatora protokola s potrebnim navedenim osobinama i radijskim sučeljem, koji će moći analizirati i međusobno korelirati događaje počevši od fizičkih karakteristika radiokanala, do onih s viših slojeva protokolskog stacka.

### 3. Kratki pregled literature

Solidan uvid u problematiku pružaju sljedeće reference:

V. Kawada, and P.R. Kumar, "A Cautionary Perspective on Cross-Layer Design," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, No. 1, pp. 3-11, Feb. 2005.

H. Shan, W. Zhuang, and H.T. Cheng, "Cross-layer protocol design for distributed wireless networks with novel relay selection," *Proc. IEEE Globecom 2010*, Miami, USA  
Wireless Networks: Multiuser Detection in Cross-Layer Design", by C. Comaniciu, N.B. Mandayam and H.V. Poor, Kluwer Academic Publishers, 2004.

C. Barrett, M. Drozda, A. Marathe, and M. V. Marathe, "Analyzing interaction between network protocols, topology and traffic in wireless radio networks," in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC'03)*, vol. 3, 2003, pp. 1760 – 1766.

Wireless Communications. Principles and Practice, T. S. Rappaport, second edition, Prentice Hall, 2002.

### 4. Metode i resursi

Doktorantu će biti dostupni relevantni znanstveni radovi od kojih istraživanje treba poći i prema kojima se trebaju referencirati postignuti rezultati, odnosno izvedeni zaključci, nastali sinergijom analitičkog modela, rezultata programskih simulacija (korištenjem industrijski standardnih alata, koji su većinom na raspolaganju na ETF Sarajevo, ili, alternativno, putem C++ programiranja), te eksperimentalnih rezultata, što ukupno predstavlja metodički okvir ovoga istraživanja, kao nadgradnje inženjerskog pristupa analizi performansi predmetnih radijskih komunikacijskih mreža.

### 5. Osnovni očekivani doprinos

Najprije je potrebno je postaviti formalni okvir za identifikaciju i modeliranje interakcija koje prelaze granice slojeva standardnog protokolskog stacka, sistematičnim proučavanjem međuslojnih efekata i njihovom interpretacijom odgovarajućim kvantitativnim modelima (npr. Markovljevom analizom, teorijom čekanja ili numeričkim aproksimacijama), pri tome identificirajući korelacije između različitih parametara, te ih pogodno opisujući modelom ekspertnog dekodiranja i analize, koja mora odgovoriti na sljedeća fundamentalna pitanja:

- Koja informacija se izmjenjuje između protokolskih slojeva?
- Kako se ukupna ograničenja sistema i njegove karakteristike uračunavaju u protokol svakoga sloja?
- Da li je projektirano međuslojno rješenje efektivno u odnosu na sistemsku performansu i aplikacijski QoS, ili ne?

Međutim, eksplicitni matematički izrazi su često nedostižni za realne sisteme, pa se u tome slučaju trebaju koristiti empirijske metode za analizu.

Nakon razvoja teorijskog modela, koncept integrirane višeslojne analize treba primijeniti na mrežne arhitekture od interesa (recimo, LTE i/ili WiMax), projektiranjem odgovarajućega softwareskog ekspertnog analizatora protokola, te pokazati njegove mogućnosti za rješavanja specifičnih problema i izvršiti procjenu uspješnosti postizanja željene razine QoS za odabrane arhitekture radijskih mreža.

Tako npr. treba implementirati korelaciju RF signala s porukama viših slojeva, što bi trebalo omogućiti brzu izolaciju prauzroka simptoma ili ispada koji se događaju, a ovakva ekspertna analiza protokola koja prati učinke odabrane strategije zajedničke optimizacije parametara iz različitih slojeva, može uključiti interakcije između PHY/MAC/RLC i protokola transportnog sloja, kao i MAC protokola s podrškom multimedijском QoS u različitim radijskim mrežama, kakve su 2G/3G/4G, senzorske, ad hoc i druge.

Elektrotehnički fakultet u Sarajevu  
Red prof dr Narcis Behlilović

Prijedlog teme doktorske disertacije

## 1. Radni naslov

JEDAN PRISTUP U ISTRAŽIVANJU MOGUĆNOSTI ZA ODRŽAVANJA ŽELJENOG KVALITETA SIGNALA KOD VEOMA DUGIH ADSL LINIJA

## 2. Motivacija i cilj istraživanja

ADSL tehnologija se pokazala kao najrasprostranjenija tehnologija u Evropi za ostvarenje širokopojasnog pristupa. U tom kontekstu, prirodna su i nastojanje da se putem reduciranja uočenih manjkavosti u ADSL rješenjima pokuša zadržati i učvrstiti stečeni dominantni položaj. Produžavanje dužine dometa ADSL linije, unutar kojeg se potencijalnom korisniku pruža zadovoljavajući kvalitet signala, jedan je od problema koji se rješavaju širom svijeta. Uticaj smetnji nastalih zbog bliskosti korisničkih linija pri očuvanju kvaliteta signala u ADSL sistemima je također jedan od ključnih problema u ovim istraživanjima.

U tom kontekstu kroz predmetna istraživanja treba formirati adekvatan matematički opis snopa ADSL linija velike dužine, koji bi otvorio prostor za teoretsko istraživanje uticaja veličine primarnih i sekundarnih parametara takvih linija, u očuvanju kvaliteta usmjeravanih korisničkih signala. Nakon provedenih simulacija na odgovarajućoj softverskoj platformi (MATLAB), provođenjem fizičkih mjerenja na realnoj mreži ostvarila bi se provjera validnosti tog modela.

## 3. Kratki pregled literature

1. Ouyang, Feng,...: *The First Step of Long-Reach ADSL: Smart DSL Technology, READSL*, IEEE Communications Magazine, sep. 2003
2. Golden, Philip,...: *Fundamental of DSL Technology*, Auerbach Publication 2006
3. Begović A, Behlilović N: *Research of Impact of Location of Transmission Line Fault on the Quality of ADSL Service*, TELFOR Beograd, nov. 2006
4. Golden, Philip,...: *Implementation and Applications of DSL Technology*, Auerbach Publications, 2007.

## 4. Metodi i resursi

Razvoj matematičkog modela usnopljenih korisničkih ADSL linija obavio bi se u Laboratoriju za Teoriju telekomunikacija na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu, dok bi se eksperimentalna provjera simulacijom ostvarenih rezultata, realizirala na telekomunikacionoj mreži BH Telecoma.

## 5. Osnovni očekivani doprinos

Od kandidata se očekuje da razvije matematički model, koji će omogućavati da se sa više dosljednosti uvažavaju osobenosti snopa dugačkih relnih ADSL linija, nego što je to trenutno prisutno u tehničkoj literaturi. Nakon provedene verifikacije kreiranog

matematičkog modela, potrebno je izvući i relevantne zaključke za analizu i projektovanje dugačkih ADSL linija, te takve rezultate s pripadnom im osnovom prezentirati u međunarodno relevantnom naučnom časopisu i na relevantnim međunarodnim naučnim skupovima.