

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

На 751. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 03.07.2012. одређени смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације **Николе Томашевића**, дипл. инг, под насловом „Симулација краткотрајног фединга мобилног пропагационог канала заснована на вештачким неуралним мрежама”. Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Подаци о кандидату

Општи биографски подаци

Никола Томашевић рођен је 04.12.1983. године у Београду. Основну школу „Браћа Јерковић” у Београду завршио је 1998. године са максималном просечном оценом (5.0) и добитник је Вукове дипломе. У периоду од 1998. до 2002. године, био је ученик XIII београдске гимназије, коју је завршио, такође, са максималном просечном оценом. У периоду од 2002. до 2007. године студирао је на Електротехничком факултету у Београду, смер Телекомуникације. 2006. године, у оквиру стручне праксе у области телекомуникација, био је део тима компаније *General Telecom Services* у Тунису. Студије је завршио јула 2007. године са просечном оценом 9.67. Резултати дипломског рада под називом “Симулација *short-term fading*-а помоћу вештачких неуралних мрежа”, под менторством доц. др Наташе Нешковић, објављени су на 15. телекомуникационом форуму TELFOR 2007 и награђени на конкурс ЕТФ БАФА USA за најбољи пројекат студената на редовним студијама на Електротехничком факултету.

Почетком 2008. године уписао је Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду, смер Телекомуникације и информационе технологије - Телекомуникације, под менторством ванр. проф. др Александра Нешковића. Испите на Докторским студијама положио је просечном оценом 10.00. Од 2007. године до данас запослен је као научни истраживач у Институту Михајло Пупин, тачније у *Fraunhofer – Pupin Joint Project Office*-у под вођством научног директора института проф. др Сање Вранеш. На позицији научног истраживача у институту стекао је значајно радно искуство радећи на великом броју националних и европских истраживачких пројеката у областима као што су развој софтверског окружења за интелигентно и адаптивно управљање комплексним инфраструктурама, развој интелигентних система за повећање енергетске ефикасности комплексних објеката попут аеродрома, развој первазивно-адаптивних инфраструктура за контекстно осетљив интелигентни систем човек-окружење, итд.

Активности на докторским студијама

Кандидат је у току докторских студија положио предмете који покривају област из које се предлаже тема докторске дисертације, што укључује познавање случајних процеса у телекомуникацијама, система мобилних радио-веза, савремених радио технологија, као и област моделирања и симулације радио-мрежа. У прве две године студија положио је све предмете и одрадио све обавезе везане за научно истраживачки рад који су предвиђени наставним планом студија чиме је сакупио максималних 120 ESPB. У наставку је дат списак предмета које је кандидат положио на докторским студијама.

Положени испити на докторским студијама.

Р.Бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Системи за надзор и управљање телекомуникационим мрежама	10	9
2	Случајни процеси у телекомуникацијама	10	9
3	Савремене технике контроле грешака у телекомуникацијама	10	9
4	Увод у научни рад	10	6
5	Нумеричка анализа	10	9
6	Системи мобилних радио-веза	10	9
7	Савремене радио-технологије	10	9
8	Бежичне информационе мреже	10	9
9	Моделирање и симулација радио-мрежа	10	9
10	Софтверски системи за рад у реалном времену	10	9

Учешће на домаћим научно-истраживачким пројектима

Кандидат је учествовао на следећим домаћим научно-истраживачким пројектима:

- *Адаптивна инфраструктура за контекстно-осетљиве интелигентне системе* (AMICA), Бр.пројекта TP-13004, Програм истраживања у области технолошког развоја за период 2008-2010, Министарство за науку и технолошки развој, Република Србија;
- *Софтверско окружење за интелигентно и адаптивно управљање комплексним објектима* (SOFIA), Бр.пројекта TP-32010, Програм истраживања у области технолошког развоја за период 2011-2014, Министарство за науку и технолошки развој, Република Србија.

Учешће на међународним пројектима

Кандидат је учествовао на следећим међународним научно-истраживачким пројектима:

- *Responsive Flexible Collaborating Ambient* (Reflect), Бр.пројекта FP7-215893, Седми оквирни програм Европске уније, период 2008-2010;
- *Emergency Management in Large Infrastructures* (EMILI), Бр.пројекта FP7- 242438, Седми оквирни програм Европске уније, период 2010-20012;
- *ICT for Energy Efficient Airports* (CASCADE), Бр.пројекта FP7- 284920, Седми оквирни програм Европске уније, период 2012-20014;

Списак објављених радова и других релевантних резултата и активности

У току досадашњег истраживачког рада Никола Томашевић био је аутор или коаутор 17 техничких решења у оквиру пројекта Министарства науке и технолошког развоја (катеорија M85), три рада (а тренутно је још један рад на рецензији) у часописима од међународног значаја (катеорија M20), затим девет радова на конференцијама од међународног значаја (катеорија M33) и шест радова на конференцијама од националног значаја (катеорија M63). Следећи радови непосредно припадају области на коју се односи предложена докторска дисертација:

1. Nikola Tomasevic, Aleksandar Neskovic, Natasa Neskovic, *Short-term fading simulation using artificial neural networks*, AEU-International Journal of Electronics

and Communication, Volume 65, Issue 7, July 2011, pp. 641-649. (IF=0,588 за 2011. год.)

2. Nikola Tomašević, Aleksandar Nešković, Nataša Nešković, "Short-term fading simulator based on artificial neural networks", the IEEE Region 8 Eurocon 2009 Conference, May 18-23, 2009, Saint-Petersburg, Russia, pp. 1681-1688.
3. Nikola Tomašević, Nataša Nešković, Aleksandar Nešković, "Simulacija short-term fading-a pomoću veštačkih neuralnih mreža", 15. Telekomunikacioni forum TELFOR 2007, Beograd, 20.11.-22.11. 2007, pp. 749-752.
4. Nikola M. Tomasevic, Aleksandar M. Neskovic, Natasa J. Neskovic, *Artificial neural network based simulation of correlated short-term fading*, IEEE Transactions on Wireless Communications, submitted for publication.

Широј области на коју се односи предложена докторска дисертација припада рад:

5. Nikola M. Tomasevic, Aleksandar M. Neskovic, Natasa J. Neskovic, *Artificial neural network based approach to EEG signal simulation*, International Journal of Neural Systems (IJNS), Volume 22, Issue 3, 2012, 1250008. (IF=4,284 за 2011. год.)

Резултати објављени у поменутих радовима представљају резултате истраживања који ће бити изложени у докторској дисертацији кандидата. На основу досадашњег стручног рада и публикованих научних резултата може се закључити да је кандидат Никола Томашевић квалификован за израду докторске дисертације на предложеној тему.

Предмет и циљ истраживања

Савремено друштво било би готово незамисливо без постојања радио система. Највећи број данашњих радио система припада групи мобилних система што подразумева да радио предајник и/или пријемник имају могућност кретања, без обзира да ли се они стварно крећу или не. При томе, од посебног интереса су земаљски радио системи код којих су и предајник и пријемник у непосредној близини тла. У типичним пропагационим условима, без обзира да ли између предајне и пријемне антене постоји директна оптичка видљивост, или не, до пријемника по правилу долази већи број рефлектованих компоненти изворног сигнала. Стога, сигнал на пријему губи своје детерминистичке особине и постаје случајан у простору и времену, што се описује појмом фединга. С обзиром на чињеницу да за описивање фединга није могуће користити детерминистички приступ, анализа се по правилу ослања на велики број мерења и одговарајућу статистичку обраду.

Нестабилност нивоа сигнала на пријему, односно стохастичка природа сигнала, може довести до тога да сигнал падне испод прага пријема и на тај начин дође до нарушавања квалитета везе. Такође, због случајних вредности кашњења рефлектованих компоненти долази до ширења емитованог импулса, односно до ткз. дисперзије која потенцијално води до интерсимболске интерференције. Са друге стране, различите технике примењене у преносу сигнала, као што су нпр. диверсити и MQAM (*Multilevel Quadrature Amplitude Modulation*) системи са више носилаца, подлежу утицају корелисаних краткотрајних фединг процеса. Стога су фединг симулатори од велике важности за процену перформанси бежичних комуникационих система. Због њиховог теоријског и практичног значаја већ дуги низ година, као предмет истраживања предложене докторске дисертације одабрано је симулирање како појединачног, тако и корелисаних фединг процеса, односно стохастичких флукуација сигнала на пријему. Предложена метода симулирања фединг процеса заснована је на принципима вештачких неуралних мрежа. Стога задатак је

одредити погодну архитектуру неуралне мреже, оптималне вредности параметара симулације, као и одговарајући скуп улазних података.

Осврт на релевантне библиографске изворе

У циљу генерисања краткотрајног фединг процеса већи број симулационих метода предложен је у литератури. Предложена решења базирају се или на методи суме синусоида [1-8], на инверзној дискретној Фуријеовој трансформацији [9,10], или на филтрирању белог Гаусовог шума [11-19].

1. Jakes WC. Microwave mobile communications. John Wiley & Sons; 1974.
2. Pop MF, Beaulieu NC. Limitations of sum-of-sinusoids fading channel simulators. IEEE Trans Commun 2001;49(April):699–708.
3. Li Y, Huang X. The simulation of independent Rayleigh faders. IEEE Trans Commun 2002;50(September (9)):1503–14.
4. Xiao C, Zheng YR, Beaulieu NC. Second-order statistical properties of the WSS Jakes' fading channel simulator. IEEE Trans Commun 2002;50(June):888–91.
5. Zheng YR, Xiao C. Improved models for the generation of multiple uncorrelated Rayleigh fading waveforms. IEEE Commun Lett 2002;6(June):256–8.
6. Zheng YR, Xiao C. Simulation models with correct statistical properties for Rayleigh fading channels. IEEE Trans Commun 2003;51(June (6)):920–8.
7. Patel CS, Stuber GL, Pratt TG. Comparative analysis of statistical models for the simulation of Rayleigh faded cellular channels. IEEE Trans Commun 2005;53(June):1017–26.
8. Xiao C, Yahong YR, Beaulieu NC. Novel sum-of-sinusoids simulation models for Rayleigh and Rician fading channels. IEEE Trans Wireless Commun 2006;5(December (12)):3667–79.
9. Smith JJ. A computer generated multipath fading simulation for mobile radio. IEEE Trans Veh Technol 1975;VT-24(August):39–40.
10. Young DJ, Beaulieu NC. The generation of correlated Rayleigh random variates by inverse discrete Fourier transform. IEEE Trans Commun 2000;48(July (7)):1114–27.
11. Loo C, Secord N. Computer models for fading channels with applications to digital transmission. IEEE Trans Veh Technol 1991;40(November (4)):700–7.
12. Verdin D, Tozer T. Generating a fading process for the simulation of land-mobile radio communications. Electron Lett 1993;29(November (23)):2011–2.
13. McLane P. Two-stage Doppler-phasor-corrected TCM/DMPK for shadowed mobile satellite channels. IEEE Trans Commun 1993;41(August):1137–41.
14. Komninakis C, Kirshman JF. Fast Rayleigh fading simulation with an IIR filter and polyphase interpolation. RF Design Magazine 2004;27(July):24–34.
15. Zhang QT. A decomposition technique for efficient generation of correlated Nakagami fading channels. IEEE J Sel Areas Commun 2000;18(November (11)):2385–92.
16. Wu H, Duel-Hallen A. Multiuser detectors with disjoint Kalman channel estimators for synchronous CDMA mobile radio channels. IEEE Trans Commun 2000;48(May (5)):752–6.
17. Baddour KE, Beaulieu NC. Autoregressive modeling for fading channel simulation. IEEE Trans Wireless Commun 2005;4(July (4)):1650–62.
18. Colman GWK, Blostein SD, Beaulieu NC. An ARMA multipath fading simulator. In: Rappaport TS, et al., editors. Wireless personal communications. New York: Kluwer; 1997. p. 37–48 [Chapter 4].
19. Mehrpouyan H, Blostein SD. ARMA synthesis of fading channels. IEEE Trans Wireless Commun 2008;7(August):2846–50.

Наведени радови показују да је тема која се предлаже за истраживање актуелна у свету, а да се у области којој припада тема интензивно истражује.

Полазне хипотезе

Као резултат сложених законитости простирања радио таласа и промена услова простирања у времену, интензитет електричног поља на месту пријема варира. Ове промене практично је немогуће предвидети само на основу физичких закона простирања, али је могуће проценити вероватноћу појављивања одређеног нивоа поља на пријему на основу великог броја мерења и одговарајуће статистичке обраде мерних резултата. У циљу симулације радио канала обично се претпоставља да фединг подлеже „чистој“ Рејлијевој статистичкој расподели, што често и није случај у пракси. Такође, приликом анализе перформанси савремених комуникационих система, код којих су примењене диверсити шеме и OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) методе, често се подразумевају некорелисане фединг анvelope на пријему. Овакав приступ за последицу може имати да спроведена анализа не даје реалну слику перформанси комуникационог система. У литератури су предложене различите симулационе технике фединг процеса. Предложене технике углавном су развијене и тестиране узимајући у обзир искључиво теоријске карактеристике фединг процеса. Мерења у конкретним системима нису узимана у обзир.

У оквиру дисертације предлаже се нов симулациони метод краткотрајног фединг процеса са приближно истим статистичким и корелационим карактеристикама као код фединг процеса издвојених из сигнала на пријему реалног комуникационог система. Супротно постојећим симулационим методама, које су развијене ослањајући се на теоријске карактеристике фединг процеса, основна идеја предложене методе је имплементација фединг симулатора који је оптимизован над мереним подацима добијеним у бежичном комуникационом систему.

Научне методе истраживања

Предложена метода симулације краткотрајног фединг процеса заснива се на принципима вештачких неуралних мрежа због њихове адаптабилне природе и способности „учења према примеру“. Заправо, симулациона метода користи вредности нивоа електричног поља измерене у бежичном комуникационом систему ради тренирања неуралне мреже. Основна идеја методе је да се на основу више сукцесивних одбирака фединг сигнала, пропуштених кроз неуралну мрежу, врши предикција наредне фединг вредности. Да би се избегао улазак вредности генерисаних на излазу неуралне мреже у стационарно стање, предлаже се концепт „водећег сигнала“. Другим речима, имплементиран је генератор водећег сигнала који указује на смер у ком неурална мрежа треба да генерише следећу фединг вредност. На тај начин, врши се навођење процеса симулације. Генератор водећег сигнала заснован је на статистичким карактеристикама измереног фединг сигнала и генератору случајних бројева. Целокупни експеримент, односно имплементација симулатора, спроводи се у четири корака. У првом кораку, врше се мерења нивоа електричног поља за случај покретне пријемне антене. Други корак састоји се од одређивања одговарајуће врсте и архитектуре неуралне мреже и процене оптималних параметара симулације, као што је величина тренинг скупа и број елемената улазног вектора неуралне мреже. Затим, у трећем кораку, спроводе се тренинг и валидациони поступци у циљу оптимизације и увида у генерализационе способности неуралне мреже. У последњем кораку приступа се симулацији и верификацији добијених резултата.

У циљу верификације симулатора биће спроведена одговарајућа статистичка анализа, односно биће утврђено у којој мери добијени резултати одговарају подацима измереним у

реалном комуникационом систему. Планирано је и поређење перформанси предложене методе у односу на постојеће симулационе методе чиме би биле истакнуте предности и мане сваке методе понаособ. У циљу утврђивања колико симулирани процеси одступају од измерених, у оквиру статистичке анализе биће анализиран већи број квалитативних и квантитативних параметара који описују стохастичке флукутације сигнала на пријему. Такође, ради поређења са теоријским карактеристикама модела радио канала, измерене и симулиране фединг вредности биће анализирани и у односу на теоријске резултате. На тај начин биће испитана могућност практичне примене предложене симулационе методе.

Очекивани научни допринос

Научни допринос пријављене дисертације огледа се у следећем:

- Развој нове симулационе методе стохастичког фединг сигнала са дефинисаним статистичким карактеристикама, веће тачности од постојећих симулационих метода, која се заснива на вештачким неуралним мрежама.
- Развој нове симулационе методе корелисаних фединг процеса са одговарајућим статистичким и корелационим карактеристикама.
- Могућност примене предложене симулационе методе на друге стохастичке сигнале који показују тзв. квази-периодичне карактеристике сличне краткотрајном фединг процесу.

План истраживања и структура рада

План и методологија истраживања састојали би се од теоријског и практичног дела који ће бити изложени у оквиру предложене докторске дисертације. Заправо, уводни део предложене докторске дисертације дефинисаће појам радио канала, његове пропагационе карактеристике и увешће појам краткотрајног фединг процеса. Главне статистичке карактеристике и параметри који се користе за опис фединг сигнала биће побројани у уводном делу. Теоријске вредности параметара као и методе за процену вредности параметара из датог узорка биће такође разматране.

У другом делу предложене докторске дисертације биће анализирана проблематика симулирања појединачног фединг процеса. Најпре, постојеће методе симулирања фединг сигнала у литератури биће побројане и описане. Затим, разматраће се процес прикупљања и предпроцесирања мерних података, као и екстракција краткотрајног фединга из снимљеног узорка. Предложена метода биће детаљно анализирана у овом делу, односно биће описан општи модел фединг симулатора који се базира на вештачким неуралним мрежама. Тачније, биће представљена структура предложеног симулатора и његове главне компоненте. Након описа процеса оптимизације и валидације предложеног модела над мерним подацима, уследиће упоредна анализа резултата симулације предложене и постојећих метода.

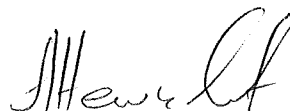
Следећи део разматраће проблематику симулирања корелисаних фединг процеса, тачније два корелисана краткотрајна фединг сигнала. Најпре, постојеће методе симулације корелисаних фединг сигнала у литератури биће побројане и анализирани. Након описа прикупљања и предпроцесирања мерних података, предложени модел симулатора корелисаних фединг процеса који се базира на вештачким неуралним мрежама биће детаљно описан. Затим, у овом делу предложене докторске дисертације биће анализирани главне компоненте симулатора, структура коришћених вештачких неуралних мрежа, као и начин на који су мреже оптимизоване над мерним подацима у циљу симулације корелисаних фединг сигнала. На крају, биће дата упоредна анализа резултата симулације предложене и постојећих метода.

Закључна разматрања биће изложена у завршном делу предложене докторске дисертације.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дипл. инг. Никола Томашевић пријавио је своју докторску дисертацију под насловом „Симулација краткотрајног фединга мобилног пропагационог канала заснована на вештачким неуралним мрежама“ у складу са Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, подневши на увид сва предвиђена документа. Констатовано је да је кандидат дипломирао на Електротехничком факултету у Београду и да је положио све предвиђене испите са прве две године трећег степена (докторских) студија. На основу изложеног, Комисија констатује да кандидат Никола Томашевић испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, као и да је предложена тема научно актуелна у домену савремених бежичних телекомуникационих система. Зато Комисија предлаже Научно-наставном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Николи Томашевићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом.

Београд, 04.09.2012.



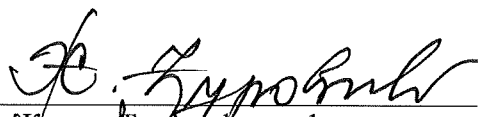
Др Александар Нешковић, ванр. проф.
(Електротехнички факултет, Београд)



Др Наташа Нешковић, ванр. проф.
(Електротехнички факултет, Београд)



Др Будимир Бурађ, *Reader*
(*University of Westminster*, Лондон)



Др Жељко Буровић, проф.
(Електротехнички факултет, Београд)



Др Ирини Рељин, ванр. проф.
(Електротехнички факултет, Београд)