

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Предрага Јовановића за израду докторске дисертације

Одлуком која је донета на седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета Универзитета у Београду, одржаној 14. маја 2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Предрага Јовановића**, дипломираног инжењера електротехнике и рачунарства (мастера) за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Симулациони модел за процену излазне снаге GSM базне станице**“.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци

Предраг Јовановић је рођен 16. марта 1985. године у Чачку. Основну школу похађао је у Инђији. Гимназију (природно-математички смер) у Инђији завршио је 2003. године. Исте године уписао је Електротехнички факултет у Београду, на Одсеку за телекомуникације и информационе технологије. Дипломирао је 2007. године, с просечном оценом 8,33, одбравивши дипломски рад „Широкопојасни балансни појачавач 800-1200 MHz“ са оценом 10. Дипломске академске (мастер) студије завршио је на Електротехничком факултету у Београду, на Одсеку за телекомуникације – Модул микроталасна техника, с просечном оценом 9,33, одбравивши мастер рад под насловом „Напонски контролисан осцилатор на 12 GHz“ 2008. године са оценом 10. Тренутно је студент докторских студија на Електротехничком факултету у Београду, које је уписао 2008. године, на Модулу микроталасна техника. Просек оцена са свим положеним испитима је 10,00.

1.2 Подаци о кретању на послу

Од јула 2008. до априла 2009. године, кандидат је био запослен у Институту за електронику и микроталасну технику (Имтел) у области развоја активних електронских компоненти на високим учестаностима. Од фебруара до априла 2010. године, био је ангажован од Института за телекомуникације и електронику (Ирител а.д.) на изради елабората о примени AESA технологије код модерних радио система. Септембра 2010. године се запослио у Институту Ирител, где и сада ради, на радном месту сарадника у Сектору за радио комуникације.

Кандидат је изабран у истраживачко звање истраживач-приправник решењем Научног већа Института ИРИТЕЛ а.д. Београд од 11.6.2010 године, а 29.1.2013 године је изабран у звање истраживач-сарадник од стране истог Научног већа.

1.3 Научно-истраживачке активности

Област истраживања Предрага Јовановића је развој теоријских, симулационих и рачунарских поступака за брзу и поуздану процену излазне снаге GSM базне станице у случају сложених сценарија који могу наступити у мрежи мобилних корисника. Такође, шира област истраживања обухвата домен софтверски дефинисаног радија и радио-комуникација. Предраг Јовановић је укључен у пројекат TR32051 из области софтверски дефинисаног радија, који суфинансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Предраг Јовановић је коаутор два рада прихваћена за објављивање у часописима са SCI листе, као првопотписани аутор. До сада је објавио 4 рада на међународним конференцијама, 1 рад у водећем часопису националног значаја и 3 рада у изводу у оквиру округлих столова. Аутор је и 5 техничких решења у оквиру поменутог пројекта TR32051.

1.4 Списак објављених радова и радова прихваћених за објављивање

- У часописима са *SCI* листе:
 1. **Predrag Jovanović**, Tomislav Šuh, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: “Influence of Intra-cell Connections on the Traffic Calculations of Radio Resources in Mobile Network”, *Frequenz*, ISSN 0016-1136, 2013. (прихваћен за објављивање) (M23)
 2. **Predrag Jovanović**, Mladen Mileusnić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov: “Calculation of the Mean Output Power of Base Transceiver Station in GSM”, *Automatika Journal*, ISSN 1848-3380, 2013. (прихваћен за објављивање) (M23)
- У зборницима са међународних и домаћих конференција:
 1. **Predrag Jovanović**, Mladen Mileusnić, Predrag Petrović : „An approach to analysis of AESA based radio systems”, *Infoteh-Jahorina Vol. 11*, March 2013. (M33)
 2. **Predrag Jovanović**, Dejan Rakić, Bogdan Marković : “FPGA Implementation of Demodulators in SDR Systems”, *Infoteh-Jahorina Vol.11*, March 2013. (M33)
 3. **Predrag Jovanović**, Predrag Petrović, Branislav Pavić, Ninoslav Remenski : „Wideband RF Signal Generator Implementation for Demodulator/Receiver Testing in Systems of SDR”, *Infoteh-Jahorina Vol. 11*, March 2012. (M33)
 4. **Predrag Jovanović**, Predrag Petrović, Branislav Pavić, Ninoslav Remenski: “Implementation of RF Signal Generator for Demodulator/Receiver Testing in SDR Design”, *TELFOR*, November 2011 (M33)
- У водећим часописима националног значаја:
 1. **Predrag Jovanović**, Siniša Tasić, Branka Jokanović: „Voltage-controlled oscillator at 6 GHz for Doppler radar in heart sensing applications”, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 2009, Volume 6, Issue 3, Pages: 471-478. (M51)

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Коришћење мобилних комуникација у великом је порасту, па су све израженији проблеми ограничености енергетских ресурса и емисије угљен-диоксида. Пре око 5 година, у истраживачкој заједници се формулисао став да се мора приступити строгој уштеди енергије на овоме пољу због њене све веће цене и потребе очувања животне средине, на коју повећана производња енергије има погубно дејство. Програм мера уштеде енергије је назван *GREEN Radio*, што је скраћеница од *Globally Resource-optimized and Energy-Efficient Networks* [1]. *GREEN Radio* је правац у истраживању будућих архитектура и технологија мобилних мрежа усмерених ка повећању њихове енергетске ефикасности. Пре успостављања програма *GREEN Radio*, било је покушаја усмерених ка уштеди енергије у мобилним мрежама попут развоја веома ефикасних појачавача снаге или смањења губитака у коаксијалним кабловима [2]. Ови покушаји су остали изоловани и нису могли да формулишу глобалну визију о начинима уштеде енергије. С друге стране, *GREEN Radio* је усмерен ка новим решењима заснованим на „*top-down*“ архитектури и удруженом развоју на свим системским нивоима и протоколима, што није могуће остварити изолованим напорима. Овај програм мера има неколико правца од којих је посебно интересантан онај у коме се уштеда енергије остварује коришћењем статистичких особина телекомуникационог саобраћаја; овај правац се често назива и *TANGO* (*Traffic-Aware Network planning and Green Operation*) [3].

Да је подешавање снаге напајања у мрежи мобилних корисника један од значајних чинилаца уштеде енергије у будућности, може се видети из бројних референци. Изнети су резултати мерења потрошње енергије на базним станицама у зависности од саобраћаја [4]. Показано је и како се може штедети енергија коришћењем микроћелија у мрежи, уколико саобраћај то дозвољава [5, 6]; такође се предлаже подешавање рада базних станица према тренутним саобраћајним потребама [7, 8]. Све је је

ово индикација да уштеда енергије и заштита животне средине постају глобални захтев и неизбежан тренд, где истраживачи и инжењери треба да усмере пажњу на развој енергетски ефикасних архитектура и технологија. Важно је напоменути да иако уштеда енергије јесте примарни императив, она се не сме остваривати на уштрб квалитета услуге (*Quality of Service, QoS*).

Експанзија у развоју мобилних комуникација веома се добро огледа у наглом повећању броја мобилних претплатника. Док је 1993. године регистровано око милион корисника GSM мреже, тај број је 2007. године износио око 2,95 милијарди, што је представљало половину тадашње светске популације. Пројекције су да ће до 2014. године број корисника мобилне телефоније достићи 5,6 милијарди, а до 2020. године рекордних 7,6 милијарди, што би одговарало укупној светској популацији [10]. У развијеним земљама број мобилних претплатника је око 95% броја становника, а у земљама у развоју тај проценат је бар 45%.

Вртоглав развој информационо-комуникационих технологија (ICT) знатно је повећао захтеве за енергијом и проузроковао повећано испуштање угљен-диоксида у атмосферу, што у крајњој линији доводи до проблема глобалног загревања [11]. Данас су мобилне мреже, као главни део ICT сектора, усмерене ка повећању капацитета и разноврсности сервиса, не обраћајући много пажње на енергетску ефикасност. Повећани трошкови за енергију и забринутост за животну средину су створили потребу за енергетски ефикаснијим “зеленим” мобилним мрежама.

Информационе и комуникационе технологије учествују са око 3% у укупној светској потрошњи енергије [12, 13]. Веома је битно истаћи да чак 57% укупне потрошње енергије у ICT сектору отпада на кориснике и уређаје у мобилним и бежичним мрежама [14], а тај тренд расте великом брзином [15]. Утицај на глобалну емисију угљен-диоксида је износио око 2% у 2007. години, где на мобилне мреже отпада око 0,2% [16]. У [16] је направљена пројекција да ће до 2020. године глобална емисија угљен-диоксида за мобилне мреже износити око 0,4%. Сви ови подаци указују да је штедња енергије императив у годинама које долазе.

Из овога кратког описа проблема, може се закључити да је уштеда енергије у мрежи мобилних корисника актуелан и важан задатак и да се последњих година чине озбиљни напори ка остваривању тог циља. Због тога је прецизно утврђивање зависности емисионе снаге базне станице у GSM мрежи важан предуслов за примену мера уштеде енергије.

Основни предмет истраживања у овој дисертацији је изналажење зависности излазне снаге базне станице у GSM мрежи од релевантних чинилаца - густине корисника у ћелији, удаљености корисника (*MS, mobile station*) од базне станице (*BTS, Base Transceiver Station*), слабљења сигнала и саобраћаја који корисници генеришу у мрежи.

Циљ истраживања је добијање резултата који ће омогућити адекватно формулисање зависности излазне снаге базне станице, применом математичког моделирања и симулације. Други, не мање важан циљ је развој поступака који ће омогућити проверу добијених теоријских резултата.

Значај предложеног истраживања је изражен кроз нова сазнања о могућностима уштеде енергије у мрежи мобилних корисника.

Литература:

- [1] Zhisheng Niu: “Globally Resource-Optimized and Energy-Efficient Networks (“GREEN”)”, *Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition*, 2009.
- [2] Yan Chen et al.: “Fundamental Tradeoffs on Green Wireless Networks”, *IEEE Communications Magazine*, volume 49, issue 6, 2011.
- [3] Zhisheng Niu: “TANGO: Traffic-Aware Network planning and Green Operation”, *Green Touch open forum*, 2011.
- [4] Eunsung Oh, Bhaskar Krishnamachari, Xin Liu, Zhisheng Niu: “Toward dynamic energy-efficient operation of cellular network infrastructure”, *IEEE Communications Magazine* 49(6): 56-61, 2011.
- [5] Fred Richter, Albrecht J. Fehske, Gerhard Fettweis: “Energy Efficiency Aspects of Base Station Deployment Strategies for Cellular Networks”, *Vehicular Technology Conference*, USA, Fall 2009.

- [6] Kateřina Dufková, Miroslav Popović, Khalili Ramin, Jean-Yves Le Boudec, Milan Bjelica, Lukáš Kencl: "Energy Consumption Comparison Between Macro-Micro and Public Femto Deployment in a Plausible LTE Network", *Proc. 2nd International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking (E-energy 2011)*, pp. 67-76, New York, NY, USA, 2011.
- [7] Oliver Blume, Harald Eckhardt, Siegfried Klein, Edgar Kühn, Wiesława M. Wajda: "Energy savings in mobile networks based on adaptation to traffic statistics", *Bell Labs Technical Journal* 15(2): 77-94, 2010.
- [8] Kateřina Dufková, Milan Bjelica, Byongkwon Moon, Lukáš Kencl, Jean-Yves Le Boudec: "Energy Savings for Cellular Network with Evaluation of Impact on Data Traffic Performance", *European Wireless 2010*, Lucca, Italy, April 12-15, 2010.
- [9] Danijela Carbric, Shridhar Mubaraq Mishra, Daniel Willkomm et al.: "A Cognitive Radio Approach for Usage of Virtual Unlicensed Spectrum", *In Proceedings of 14th IST Mobile Communication Summit*, 2005.
- [10] Albrecht Fehske, Jens Malmudin, Gergely Biczok et al. : "The Global Carbon Footprint of Mobile Communications: The Ecological and Economic Perspective", *IEEE Communications Magazine* 49, 2011.
- [11] Gerhard Fettweis, Ernesto Zimmermann: "ICT energy consumption-trends and challenges", *In Proceedings of the 11th international symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, 2008.
- [12] Kelly T: "ICTs and climate change", *ITU-T Technology Watch Report #3*, 2007.
- [13] Holger Karl: "An overview of energy efficient techniques for mobile communication systems", *Technische University Berlin, Tech. Rep., TKN-03-XXX*, 2003.
- [14] Steve McLaughlin: "Green radio: the key issues— programme objectives and overview", *Wireless World Research Forum*, 2008.
- [15] Fiona Williams: "Green wireless communications", *eMobility, Tech. Rep*, 2008.
- [16] Jens Malmudin et al.: "Greenhouse Gas Emissions and Operational Electricity Use in ICT and Entertainment & media Sectors", *Journal of Industrial Ecology, volume 14, issue 5*, 2010.

3. Полазне хипотезе и научна питања која ће се разматрати у дисертацији

Основне претпоставке од којих се полази у овоме истраживању су следеће:

- Коришћење ресурса GSM мреже, тј. саобраћајних канала је повремено и случајно.
- Удаљеност корисника од базне станице је случајна величина.
- У свакој ћелији се могу одредити параметри који утичу на слабљење радио сигнала везе.
- Ради уштеде енергије, излазна снага саобраћајних канала треба да се подешава сагласно условима везе.
- Број корисника може се разликовати од броја саобраћајних канала.
- Корисници мобилне мреже који припадају истој GSM ћелији могу међусобно комуницирати. Проценат ових унутарћелијских веза (*intracell, internal connection*) може се значајно разликовати од ћелије до ћелије.
- Корисници могу генерисати различит интензитет саобраћаја.
- Процеси који се дешавају у телекомуникационим мрежама могу се успешно опонашати на рачунарима.

Истраживање у оквиру докторске дисертације би требало да одговори на следећа питања:

1. На који начин је могуће проценити излазну снагу GSM станице када проблем није могуће решити аналитички?
2. Има ли расподела корисника у ћелији мобилне мреже значајан утицај на расподелу излазне снаге GSM базне станице?
3. На који начин је могуће остварити уштеду енергије у мрежи мобилних корисника ако је могуће проценити расподелу излазне снаге GSM базне станице?

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састојаће се у следећем:

- Користиће се теоријске и симулационе методе.
- Теоријски ће се утврдити зависности излазне снаге једног GSM саобраћајног канала од нивоа сигнала, густине корисника у ћелији, броја саобраћајних канала и величине унутарћелијског саобраћаја. Биће утврђена својства излазне снаге у облику средње вредности, густине вероватноће (*PDF, Probability Density Function*) и функције расподеле вероватноће (*CDF, Cumulative Distribution Function*).
- Користиће се методе израчунавања укупне излазне снаге базне станице.
- Користиће се *Monte Carlo* методе рачунарске симулације телефонског саобраћаја које ће бити унапређене ради утврђивања излазне снаге једног GSM саобраћајног канала и групе GSM канала.

5. Очекивани научни доприноси

Научни допринос пријављене докторске дисертације ће се огледати у развоју теоријских поступака који ће омогућити квалитетно одређивање зависности излазне снаге базне станице од различитих чинилаца и развој поступака који ће омогућити проверу добијених теоријских резултата.

Очекује се да истраживање, односно докторска дисертација, да следеће доприносе:

- модел једног GSM саобраћајног канала за одређивање својстава канала у погледу снаге канала,
- поступак одређивања средње снаге, густине вероватноћа и функције расподеле вероватноће снаге једног GSM саобраћајног канала,
- модел групе GSM саобраћајних канала у једној ћелији који ће омогућити одређивање излазне снаге ове групе канала,
- поступак одређивања средње снаге, густине вероватноће и функције расподеле вероватноће снаге групе GSM саобраћајних канала,
- поступак за утврђивање зависности средње снаге, густине вероватноће и функције расподеле вероватноће излазне снаге у зависности од слабљења сигнала за један GSM канал и за групу GSM канала,
- поступак за утврђивање зависности средње снаге, густине вероватноће и функције расподеле вероватноће излазне снаге у зависности од густине корисника у ћелији за групу GSM канала,
- поступак за утврђивање зависности средње снаге, густине вероватноће и функције расподеле вероватноће излазне снаге базне станице у зависности од дела унутарћелијских веза,
- поступак за утврђивање зависности средње снаге, густине вероватноће и функције расподеле вероватноће излазне снаге базне станице у зависности од односа броја корисника и броја саобраћајних канала.

Основни резултати досадашњег истраживања су приказани у радовима прихваћеним за објављивање у часописима са *SCI* листе:

1. **Jovanović P.**, Šuh T., Lebl A., Mitić D., Markov Ž.: „Influence of Intra-cell Connections on the Traffic Calculations of Radio Resources in Mobile Network“, *Frequenz*, ISSN 0016-1136, 2013. (M23)
2. **Jovanović P.**, Mileusnić M., Lebl A., Mitić D., Markov Ž.: „Calculation of the Mean Output Power of Base Transceiver Station in GSM“, *Automatika Journal*, ISSN 1848-3380, 2013. (M23)

6. План истраживања и планирана структура рада

План истраживања у оквиру докторске дисертације може да се разложи на следеће тезе:

- упознавање са GSM мрежом мобилних корисника, основним својствима радио преноса између базне станице и корисника мобилног терминала и поступцима симулације процеса генерисања позива и њиховог опслуживања,
- дефиниција проблема и тренутно стање решавања проблема,
- налажење зависности емисионе снаге једног GSM корисничког канала од случајног положаја корисника,
- налажење зависности укупне средње снаге групе GSM саобраћајних канала којима се снага подешава сагласно потребама везе,
- истраживање утицаја тренутне расподеле густине корисника на расподелу укупне средње емисионе снаге,
- истраживање утицаја слабљења сигнала на укупну излазну снагу,
- истраживање утицаја унутарћелијских веза на расподелу укупне средње емисионе снаге,
- истраживање утицаја односа броја корисника и броја GSM саобраћајних канала на расподелу укупне средње емисионе снаге,
- израда симулационог модела за проверу познатих резултата
- израда симулационог модела за испитивање утицаја густине корисника у ћелији,
- израда симулационог модела за испитивање утицаја слабљења сигнала,
- израда симулационог модела за испитивање утицаја унутарћелијског саобраћаја и
- израда симулационог модела за испитивање утицаја броја извора саобраћаја.

Структура докторске дисертације ће одговарати плану истраживања. Рад ће имати три целине.

Прва целина ће имати улогу упознавања материје у којој се врши истраживање. Овде ће се дати основе GSM мреже, описати структура саобраћајних и сигнализационих канала, поступак управљања излазном снагом једне везе, слабљење сигнала између базне станице и корисника, густина корисника у ћелији, појава унутарћелијских веза и разлика у делу ових веза која се појављује у ретко насељеним областима и приватним мрежама мобилних корисника; даље ће се изложити основе теорије телекомуникационог саобраћаја, описати процеси долазака позива и њиховог опслуживања. Дефинисаће се група потпуне доступности, *Erlang*-ов и *Engset*-ов модел, као и мултидимензиони саобраћајни процеси.

Друга целина дисертације ће представљати поступке истраживања и резултате који ће чинити оригиналне доприносе. Овде ће се описати поступак прорачуна излазне снаге једног GSM саобраћајног канала по коме се одржава веза, па ће се потом израчунавати средња вредност, густина расподеле и функција расподеле снаге канала и анализирати утицај слабљења сигнала на емисиону снагу; такође ће се анализирати утицај густине корисника у ћелији на својства излазне снаге једног GSM канала. Добијени резултати потом ће се уопштити за групу саобраћајних канала у ћелији. На основу овога, анализираће се утицај слабљења сигнала, густине корисника у ћелији, унутарћелијских веза и ограниченог броја корисника на излазну снагу базне станице.

Трећа целина ће дати поступке и резултате симулационе провере резултата описаних у другој целини. Овде ће бити описане основе симулације телекомуникационог саобраћајног процеса, освртом на *Monte Carlo* методе. Нарочита пажња посветиће се техникама генерисања случајних бројева и генерисању догађаја у групи телекомуникационих канала. Детаљно ће се изложити симулациони модел једног GSM канала. На крају, приказаће се детаљни резултати симулације за један канал и за групу.

Теза ће се завршити анализом и дискусијом добијених резултата и указивањем на даље правце истраживања.

7. Закључак и предлог

У оквиру предлога тезе су на концизан и јасан начин предочени научни и технички проблеми који треба да се реше у оквиру ове докторске дисертације. У предлогу истраживања су јасно дефинисани теоријски и симулациони поступци који ће допринети брзој и поузданој процени зависности излазне снаге базне станице од различитих чинилаца.

На основу досадашњег искуства, истраживачког рада и знања стеченог на студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, **Предраг Јовановић** је у потпуности квалификован за рад на предложеној теми докторске дисертације.

С обзиром на то да тема докторске дисертације покрива актуелну област истраживања у домену енергетске ефикасности у мрежама мобилних корисника, предлажемо за ментора доцента Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Милана Бјелицу.

На основу свега наведеног, наш закључак је да мастер инжењер **Предраг Јовановић** испуњава све услове за израду докторске дисертације на српском језику и потврђујемо научну заснованост предложене теме „**Симулациони модел за процену излазне снаге GSM базне станице**“. Сходно томе, предлажемо Научно-наставном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да одобри Предрагу Јовановићу израду докторске дисертације под горе наведеним насловом.

Београд, 27.05.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Доц. др Милан Бјелица
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....
В. проф. др Милан Илић
Електротехнички факултет Универзитета у Београду

.....
Др Жарко Марков, научни саветник
ИРИТЕЛ а.д. Београд

.....
В. проф. др Александар Нешковић
Електротехнички факултет Универзитета у Београду