

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН
23.12.2015.

ОБАВЕШТЕЊЕ
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Милице Петковић под насловом «Анализа и начини побољшања перформанси бежичних оптичких телекомуникационих система у условима атмосферске турбуленције» и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до 22.01.2016. године.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Факултета у напред наведеном року.

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Декан

Проф. др Драган Јанковић



ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
родитеља и име Петковић Ивица Милица
Датум и место рођења 1. 8. 1986. Књажевац

Основне студије

Универзитет Универзитет у Нишу
Факултет Електронски факултет
Студијски програм Телекомуникације
Звање Дипломирани инжењер електротехнике за телекомуникације
Година уписа 2005.
Година завршетка 2010.
Просечна оцена 9,22 (девет и 22/100)

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет -
Факултет -
Студијски програм -
Звање -
Година уписа -
Година завршетка -
Просечна оцена -
Научна област -
Наслов завршног рада -

Докторске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
Факултет Електронски факултет
Студијски програм Телекомуникације
Година уписа 2010.
Остварен број ЕСПБ
бодова 496
Просечна оцена 10,00 (десет)

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске
дисертације Анализа и начини побољшања перформанси бежичних оптичких
телекомуникационих система у условима атмосферске турбуленције
Име и презиме
ментора, звање Горан Т. Ђорђевић, ванредни професор
Број и датум добијања
сагласности за тему
докторске дисертације бр. 07/03-007/15-001 од 05.03.2015. године, Електронски факултет
бр. 8/20-01-004/15-008 од 8.04.2015. године, Универзитет у Нишу

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна 216
Број поглавља 7
Број слика (шема,
графикона) 96
Број табела 8
Број прилога 2

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>Milica I. Petković, Aleksandra M. Cvetković, Goran T. Đorđević, George K. Karagiannidis, "Partial relay selection with outdated channel state estimation in mixed RF/FSO systems", <i>IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology</i>, vol. 33, no. 13, pp. 2860–2867, ISSN 0733-8724, doi: 10.1109/JLT.2015.2416972, July 2015. (M21, IF 2014=2.965)</p> <p>У овом раду анализирана је употреба више релеја код асиметричних релејних система, који су сачињени од радио-фреквенцијских (RF) деоница и деонице на којој се оптички сигнали простиру у слободном простору (FSO). Сматра се да су примењени нерегенеративни (AF) релеји константног појачања, као и да је активни релеј изабран на основу информације о стању канала само једне деонице, што представља парцијалну селекцију релеја (PRS). Анализа у раду је изведена под претпоставком да је тренутна информација о стању канала, на основу које се врши одабир релеја, закаснела у односу на одговарајућу информацију у тренутку слања. Фединг на RF деоницама моделован је Рејлијевом расподелом, док су флукуације интензитета оптичког сигнала, које се јављају као последица атмосферске турбуленције, моделоване гама-гама расподелом. Изведени су изрази за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке система. Нумерички резултати су потврђени Монте Карло симулацијама. Разматран је утицај атмосферских услова, односа средњих снага сигнала и шума на првој и другој деоници, броја расположивих релеја и коефицијента корелације на перформансе система.</p>	M21
2	<p>Milica I. Petković, Aleksandra M. Cvetković, Goran T. Đorđević, "Mixed RF/FSO relaying systems", глава у књизи <i>Optical Wireless Communications - An Emerging Technology</i>, Eds. Murat Uysal, Carlo Capsoni, Zabih Ghassemlooy, Anthony Boucouvalas, Eszter G. Udvary, Springer International Publishing AG, Cham, 2015.</p> <p>У овом поглављу анализирана је вероватноћа прекида везе асиметричних система са више нерегенеративних (AF) релеја константног појачања, код којих је прва деоница радио-фреквенцијски (RF) линк, док се на другој деоници врши бежични пренос оптичког сигнала кроз слободан простор (FSO). Активни релеј преко кога се врши пренос сигнала од предајника до пријемника одабран је на основу парцијалне селекције релеја (PRS). У овом случају, селекција релеја се врши на основу тренутне информације о стању канала само једне деонице, уз претпоставку да је закаснела у односу на одговарајућу информацију о стању канала у тренутку слања. Фединг на RF деоницама моделован је Рејлијевом расподелом. Флукуације интензитета оптичког сигнала јављају се као последица гама-гама атмосферске турбуленције и грешке позиционирања. Испитан је утицај атмосферске турбуленције, грешке позиционирања, дужине FSO деонице, броја расположивих релеја и коефицијента корелације на вероватноћу прекида везе.</p>	
3	<p>Goran T. Đorđević, Milica I. Petković, Aleksandra M. Cvetković, George K. Karagiannidis, "Mixed RF/FSO relaying with outdated channel state information", <i>IEEE Journal on Selected Areas in Communications</i>, vol. 33, no. 9, pp. 1935–1948, ISSN 0733-8716, doi: 10.1109/JSAC.2015.2433055, September 2015. (M21, IF 2013=4.138)</p> <p>Овај рад представља анализу асиметричних релејних система, који се састоје од радио-фреквенцијске (RF) деонице и деонице на којој се оптички сигнал простиру у слободном простору (FSO). Пренос се врши помоћу нерегенеративних (AF) релеја променљивог појачања, уз претпоставку да је тренутна информацију о стању канала на основу које се одређује појачање на релеју закаснела. Фединг на RF деоници је моделован Рејлијевом расподелом, док су флукуације интензитета оптичког сигнала последица гама-гама атмосферске турбуленције и грешке позиционирања. Изведени су изрази за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке система. Такође, приказани су и апроксимативни изрази који имају простији облик, који је погоднији за примену. На основу изведених израза, који су потврђени Монте Карло симулацијама, одређена је оптимална вредност полупречника оптичког снопа на излазу из телескопа на релеју у циљу добијања минималне вредности вероватноће прекида везе система.</p>	M21

Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, Dejan N. Milić, "BER performance of IM/DD FSO system with OOK using APD receiver", *Radioengineering*, vol. 23, no. 1, pp. 480–487, ISSN 1210-2512 (Print), ISSN 1805-9600 (Online), April 2014. (M23, IF 2014=0.653)

У овом раду испитан је бежични оптички телекомуникациони систем са интензитетском модулацијом и директном детекцијом, док се конверзија пријемног оптичког сигнала у електрични сигнал врши помоћу детектора са лавинском (APD) фотодиодом. Флукуације интензитета оптичког сигнала потичу од атмосферске турбуленције која је моделована гама-гама расподелом. У циљу побољшања перформанси, извршено је испитивање истог система када се EGC диверзити са две гране примењује на пријему. Изведени су изрази за вероватноћу грешке и извршена је нумеричка интеграција са дефинисаном релативном грешком. Нумерички резултати су потврђени Монте Карло симулацијама. Испитани су утицаји параметара оптичког линка и APD пријемника на вероватноћу грешке. На основу приказаних резултата закључено је да постоји оптимална вредност APD појачања, при чему се добија минимална вредност вероватноће грешке.

Milica I. Petković, Mihajlo Stefanović, Aleksandra Cvetković, Dragana Krstić, Ivan Mitić, Časlav Stefanović, "Outage probability analysis of system with dual selection combining over correlated Weibull fading channel in the presence of α - μ co-channel interference", *Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review)*, Wydawnictwo SIGMA – NOT Sp. Zo.o., Warsaw, Poland, R. 89 NR 8/2013, pp. 126–129, ISSN 0033-2097, August 2013. (M23, IF 2011=0.224)

У овом раду анализирани су перформансе система са селекционим комбиновањем са две гране на пријему. Разматра се случај у коме су сигнали под утицајем корелисаног Вејбуловог фединга, док је интерференција под утицајем фединга који се описује α - μ расподелом. Изведени су изрази у затвореном облику за функцију густине вероватноће и кумулативну функцију расподеле односа снаге сигнала и интерференције на излазу кола за селекционо комбиновање. На основу изведених израза приказани су нумерички резултати и испитан је утицај просторне корелације на перформансе система

Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, Dejan N. Milić, "Average BER Performance of SIM-DPSK FSO System with APD Receiver", *Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics*, доказ о прихватању рада од 25.08.2015.

Овај рад садржи анализу вероватноће грешке бежичних оптичких система (FSO) са интензитетском модулацијом подносиоцем у комбинацији са диференцијалном фазном модулацијом (SIM-DPSK), док се конверзија оптичког сигнала у електрични сигнал на пријему врши помоћу детектора са лавинском (APD) фотодиодом. Сматра се да су флукуације интензитета оптичког сигнала последица гама-гама атмосферске турбуленције и грешке позиционирања. Нумерички резултати су потврђени Монте Карло симулацијама. Испитан је утицај атмосферске турбуленције, грешке позиционирања и карактеристика пријемника на перформансе система. На основу добијених резултата извршена је оптимизација појачања фотодиоде ради добијања минималних вредности вероватноће грешке.

Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, Dejan N. Milić, Bata V. Vasić, "BER analysis of IM/DD FSO system with APD receiver over Gamma-Gamma turbulence", *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 61-72, UDC: 621.394.624:551.515, DOI: 10.2298/SJEE131208006P, February 2014

У овом раду анализиран је бежични оптички телекомуникациони систем са интензитетском модулацијом и директном детекцијом при чему се примењује лавинска фотодиода за детекцију оптичког сигнала. Атмосферска турбуленција је моделована гама-гама расподелом. Укупни шум пријемника обухвата шот шум лавинске фотодиоде и термички шум. Изведени су изрази за вероватноћу грешке, на основу којих су приказани нумерички резултати. Испитан је утицај услова турбуленције, дужине FSO линка, добитка лавинске фотодиоде и температуре шума.

8	<p>Milica I. Petković, Jelena Anastasov, Goran T. Đorđević, Predrag Ivanis, "Impact of correlation on outage performance of FSO system with switch-and-stay diversity receiver", <i>IEEE International Conference on Communications 2015 (ICC 2015), Proceedings of Papers</i>, pp. 2756–2761, London, UK, June 2015.</p> <p>У овом раду анализиран је бежични пренос оптичког сигнала у слободном простору (FSO), док се на пријему врши прекидачко комбиновање (SSC) сигнала. Као последица атмосферске турбуленције јављају се флукуације интензитета оптичког сигнала, које су моделоване гама-гама расподелом. Сматра се да су примљени сигнали корелисани услед недовољне раздвојености фотодиода на пријему. Изведен је израз за вероватноћу прекида везе посматраног система. Испитан је утицај корелације сигнала, прага прекидачког диверзити пријемника, као и услова атмосферске турбуленције на вероватноћу прекида везе.</p>	M33
9	<p>Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, "SEP analysis of FSO system employing SIM-MPSK with noisy phase reference", rad prezentovan na <i>2015 4th International Workshop on Optical Wireless Communication (IWOW 2015)</i>, dokaz o prihvatanju rada od 13.08.2015.</p> <p>У овом раду изведени су нови аналитички изрази за вероватноћу грешке по симболу бежичних оптичких система (FSO) са интензитетском модулацијом подносиоцем у комбинацији са фазном модулацијом са више фазних нивоа (SIM-MPSK). Резултати су изведени коришћењем Фуријеовог метода. Флукуације интензитета оптичког сигнала моделоване су К расподелом, што одговара условима јаке атмосферске турбуленције. У обзир су узете хардверске несавршености пријемника изражене преко фазне грешке моделоване Тихоновљевом расподелом. На основу изведених израза добијени су нумерички резултати, који су потврђени Монте Карло симулацијама. Испитан је утицај јачине атмосферске турбуленције и фазне грешке на вероватноћу грешке посматраног система.</p>	M33
10	<p>Milica I. Petković, Nemanja M. Zdravković, Goran T. Đorđević, "Outage performance of switch-and-examine combining receiver over FSO Gamma-Gamma atmospheric turbulence with pointing errors", <i>22nd Telecommunication Forum (TELFOR 2014), Proceedings of papers</i>, pp. 383–386, Belgrade, Serbia, November 25–27, 2014.</p> <p>У овом раду изведени су изрази за вероватноћу прекида везе бежичних оптичких система (FSO), док се на пријему врши SEC комбиновање (<i>switch-and-examine combining</i>). У наставку је такође приказана анализа вероватноће прекида везе система са модификованом верзијом SEC-а, тзв. SECps (<i>switch-and-examine combining with post-examining selection</i>). Поред гама-гама атмосферске турбуленције, у обзир је узета и грешка позиционирања. Испитан је утицај јачине атмосферске турбуленције, нормализованог полупречника снопа на пријему и дужине линка, као и прага диверзити пријемника, на вероватноћу прекида везе система.</p>	M33
11	<p>Milica Petković, Goran Đorđević, "Outage Performance of SSC receiver in FSO system with Gamma-Gamma atmospheric turbulence", <i>XII International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Proceedings of papers</i>, Niš, Serbia, November 12–14, 2014.</p> <p>Овај рад приказује анализу вероватноће прекида везе бежичних оптичких система (FSO), док се на пријему примењује прекидачко комбиновање (SSC) два сигнала. Флукуације интензитета оптичког сигнала моделоване гама-гама расподелом, која ја пружа одлична поклапања теоријских и експерименталних података у широком опсегу услова атмосферске турбуленције. Испитан је утицај параметара система на перформансе система.</p>	M33
12	<p>Milica I. Petković, Nemanja M. Zdravković, Časlav M. Stefanović, Goran T. Đorđević, "Performance analysis of SIM-FSO system over Gamma-Gamma atmospheric channel", <i>XLIX International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2014)</i>, 2014., vol. 1, pp. 19–22.</p> <p>Овај рад садржи анализу перформанси бежичног оптичког телекомуникационог система где се најпре врши модулација у електричном домену коришћењем радио-фреквенцијског подносиоца, а затим се врши интензитетска модулација ласерског снопа. Атмосферска турбуленција је описана гама-гама расподелом. Користећи</p>	M33

	<p>аналитички апарат, изведени су изрази за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке. Нумерички резултати су потврђени Монте Карло симулацијама. У циљу побољшања перформанси система, примењени су конволуциони кодови. Испитани су утицаји дужине линка, јачине турбуленције и врсте бинарне модулације на перформансе система. Одређен је кодни добитак за различите вредности вероватноће грешке.</p>	
13	<p>Aleksandra M. Svetković, Milica I. Petković, Jelena A. Anastasov, "Outage analysis of RF/FSO system in the presence of interferences at the relay", <i>XLIX International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2014)</i>, 2014., vol. 1, pp. 15–18.</p> <p>Овај рад се бави анализом вероватноће прекида везе асиметричних радио-фреквенцијских (RF)/бежичних оптичких система (FSO) у присуству интерференције на релеју. Испитане су перформансе система када се користи и регенеративни и нерегенеративни тип релеја. На основу аналитичких израза добијени су нумерички резултати и испитан је утицај интерференције, атмосферске турбуленције и врсте релеја на вероватноћу прекида везе система.</p>	М33
14	<p>Milica I. Petković, Nemanja M. Zdravković, Goran T. Đorđević, "Error performance of uncoded and convolutional coded SC receiver over FSO channel with pointing errors", <i>21st Telecommunication Forum (TELFOR 2013)</i>, 2013., pp. 283–286.</p> <p>Овај рад се бави анализом бежичног оптичког система са интензитетском модулацијом и директном детекцијом, док је на пријему примењено селекционо комбиновање. Поред гама-гама атмосферске турбуленције, сигнал на пријему је ослабљен и због грешке позиционирања. Изведени су изрази за вероватноћу грешке у интегралном облику, и на основу нумеричке интеграције добијени су резултати који су потврђени Монте Карло симулацијама. У наставку рада, Монте Карло симулацијама је утврђено у којој мери се побољшавају перформансе система применом конволуционих кодова. На основу приказаних резултата испитан је утицај дужине линка, нормализоване варијансе цитера, нормализоване ширине оптичког снопа и броја грана селекционог комбајнера.</p>	М33
15	<p>Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, "Effects of pointing errors on average capacity of FSO links over Gamma-Gamma turbulence channel", <i>11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS 2013)</i>, 2013., pp. 481–484.</p> <p>У овом раду изведени су нови аналитички изрази за ергодиични капацитет FSO система са интензитетском модулацијом и директном детекцијом. Флукуације интензитета оптичког сигнала моделоване су расподелом која узима у обзир и гама-гама атмосферску турбуленцију и грешку позиционирања. На основу приказаних нумеричких резултата испитани су утицаји нормализоване варијансе цитера помераја, дужине линка и јачине турбуленције.</p>	М33
16	<p>Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, Bata V. Vasić, "BER performance of IM/DD FSO system with OOK over Gamma-Gamma atmospheric turbulence channel with pointing errors", <i>11th International Conference on Applied Electromagnetics – ПЕС 2013</i>, 2013.</p> <p>Овај рад анализира бежични оптички телекомуникациони систем са интензитетском модулацијом и директном детекцијом, док су флукуације интензитета оптичког сигнала моделоване расподелом која узима у обзир гама-гама атмосферску турбуленцију и грешку позиционирања. Изведени су нови изрази за вероватноћу грешке на основу којих су приказани нумерички резултати. Испитани је утицај нормализоване варијансе цитера помераја, нормализоване ширине оптичког снопа, дужине линка и јачине турбуленције.</p>	М33
17	<p>Milica I. Petković, Nemanja M. Zdravković, Bata V. Vasić, Goran T. Đorđević, "BER performance of IM/DD FSO system with PIN photodiode receiver over Gamma-Gamma atmospheric turbulence channel", <i>XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2013)</i>, 2013., vol. 1, pp. 99–102.</p> <p>У овом раду изведени су нови изрази за вероватноћу грешке бежичног оптичког система са интензитетском модулацијом и директном детекцијом. Изведени изрази су приказани преко специјалних Мејерових и хипергеометријских</p>	М33

	<p>функција, на основу којих су добијани нумерички резултат који су потврђени Монте Карло симулацијама. Испитиван је утицај јачине турбуленције на облик функције густине вероватноће интензитета светлости на пријему и вредност вероватноће грешке.</p>	
18	<p>Milica Petković, Goran Đorđević, Dragan Denić, "BER performance of subcarrier QAM intensity modulated FSO communication system", <i>XI International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements</i>, 2012., pp. 92–95.</p> <p>У овом раду разматран је бежични оптички систем са квадратурном амплитудском модулацијом (QAM). Изведени су нови изрази у затвореном облику за вероватноћу грешке по биту посматраног система. Користећи изведене резултате испитан је утицај параметра атмосферске турбуленције и односа средњих снага сигнала и шума на вероватноћу грешке.</p>	M33
19	<p>Milica Petković, Bojana Nikolić, Bata Vasić, Goran Đorđević, "BER performance of DE-QPSK and DE-OQPSK over composite fading channels in the presence of imperfect signal extraction", <i>XLVII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2012)</i>, 2012., vol. 1, pp. 105–108.</p> <p>Овај рад анализира пренос DE-QPSK и DE-OQPSK сигнала кроз канал који је под утицајем Накагами фединга и гама ефекта сенке. У обзир је узета несавршена екстракција носиоца која се врши помоћу фазне петље. Фазна грешка је описана Тихоновљевом расподелом. Изведени су изрази за вероватноћу грешке по биту и приказани су нумерички резултати.</p>	M33
20	<p>Milica I. Petković, Aleksandar T. Miljković, Bata V. Vasić, Goran T. Đorđević, "Transinformation of MPSK SC diversity system in Weibull fading", <i>XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2011)</i>, 2011., vol. 3, pp. 693–696.</p> <p>У овом раду анализиран је пренос фазно модулисаних сигнала преко канала који је под утицајем Вејбуловог фединга. На пријему је примењено селекционо комбиновање. Помоћу симулација, одређена је трансинформација, као и вероватноћа грешке по биту. Даље, нацртани су констелациони дијаграми. Испитан је утицај броја пријемних антена и дубине фединга на перформансе система.</p>	M33
21	<p>Milica I. Petković, Aleksandra M. Cvetković, Goran T. Đorđević, "Verovatnoća prekida hibridnih sistema pri prenosu radio-frekvencijskih i optičkih signala u slobodnom prostoru", <i>58. конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ETRAN 2014</i>, 2014.</p> <p>У овом раду анализирана је вероватноћа прекида везе хибридног система који се састоји од директног радио-фреквенцијског (RF) линка и релејног линка, сачињеног од RF деонице и деонице на којој се оптички сигнали простиру у слободном простору (FSO). Фединг на обе RF деонице је моделован Накагами расподелом, док је атмосферска турбуленција на FSO линку описана гама-гама расподелом укључујући грешку позиционирања. На пријему је примењено селекционо комбиновање. Нумерички резултати су потврђени Монте Карло симулацијама. Разматран је утицај параметра фединга, као и услова турбуленције на перформансе система.</p>	M63
22	<p>Milica I. Petković, Goran T. Đorđević, Dejan N. Milić, Bata V. Vasić, "Performance of APD receiver over IM/DD FSO system", <i>57. конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ETRAN 2013</i>, 2013.</p> <p>Овај рад се бави анализом бежичног оптичког система у коме се користи лавинска фотодиода. Оптички сигнал се преноси кроз канал који је под утицајем гама-гама атмосферске турбуленције. Изведени су изрази за вероватноћу грешке на основу којих су приказани нумерички резултати.</p>	M63
23	<p>Milica Petković, Bata Vasić, Zorica Nikolić, "Exact bit error probability expression for QAM over gamma shadowed Nakagami-m fading channel", <i>56. конференција за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ETRAN 2012</i>, 2012.</p> <p>У овом раду изведени су изрази за вероватноћу грешке када се примењује</p>	M63

квадратурна амплитудска модулација, а сигнали се простиру кроз канал под утицајем Накагами фединга и гама ефекта сенке. Испитан је истовремени утицај вишепропагационог фединга и ефекта сенке, као и односа средњих снага сигнала и шума на вероватноћу грешке.

Milica I. Petković, Bata V. Vasić, Milan S. Marković, Goran T. Đorđević, "Exact bit error rate of QAM over Nakagami fading channel", 19. telekomunikacioni forum (TELFOR 2011), 2011., str. 533-536.

- 24 У овом раду изведени су изрази за вероватноћу грешке при детекцији сигнала у M63 каналу са Накагами федингом. На основу изведених резултат испитан је утицај дубине вишепропагационог фединга и односа средњих снага сигнала и шума на вероватноћу грешке.

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА

Кандидат је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који има импакт фактор 2.965, као и рада објављеног у часопису који издаје Електронски факултет, Универзитет у Нишу.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Након увода који садржи преглед онога шта је урађено до сада у овој области, основне циљеве и опис организације докторске дисертације, у другој глави дат је преглед оптичких бежичних система, њихове особине и предности у односу на радио-фреквенцијске (RF) системе. Приказан је кратак опис историјског развоја и примене оптичких бежичних система (FSO), као и основних елемената FSO система. У наставку је дат опис FSO канала и детаљно су објашњене појаве које утичу на флукуације оптичког сигнала. Дефинисан је математички модел који се користи за описивање флукуација интензитета оптичког сигнала услед атмосферске турбуленције и грешке позиционирања. Такође, дат је и модел којим се узима у обзир и краткотрајна блокада оптичког сигнала услед физичких препрека.

Анализа FSO система код којих се конверзија оптичког сигнала у електрични сигнал на пријему врши помоћу PIN фотодиоде, дата је у трећој глави дисертације. Поред разматрања вероватноће прекида везе система, представљена је и анализа вероватноће грешке. Најпре су изведени изрази за вероватноћу грешке по биту када се на предаји примењује интензитетска модулација (IM – *Intensity Modulation*) заснована на OOK (*On-Off Keying*) формату, а на пријему се врши директна детекција (DD – *Direct Detection*). У циљу побољшања перформанси FSO система, предложена је употреба интензитетске модуларције подносиоцем (SIM – *Subcarrier Intensity Modulation*). У дисертацији су изведени изрази за вероватноћу грешке по биту FSO система који користе SIM технику у комбинацији са неком од познатих бинарних модуларција, као и са квадратурном амплитудском модуларцијом (QAM – *Quadrature Amplitude Modulation*). У наставку дисертације дата је анализа FSO система са SIM техником у комбинацији са фазном модуларцијом (PSK – *Phase Shift Keying*) или са диференцијалном фазном модуларцијом (DPSK – *Differential Phase Shift Keying*). Изведени су изрази за вероватноћу грешке по симболу када су у обзир узете хардверске несавршености електричног дела пријемника (амплитудски дисбаланс грана и неидеална процена фазе). У последњем делу треће главе разматран је ергодиични капацитет и капацитет прекида, када је у обзир узета и краткотрајна блокада FSO линка изазвана летом птице или неком другом препреком.

Четврта глава докторске дисертације садржи анализу вероватноће грешке FSO система када се на пријему користи лавинска (APD – *Avalanche Photodiode*) фотодиода. Поред FSO система са IM/DD и OOK модуларцијом, анализирани су и системи са SIM техником у комбинацији са BPSK или BDPSK. На основу изведених израза, извршена је минимизација вероватноће грешке варирањем вредности појачања лавинске фотодиоде.

У петој глави приказана је анализа асиметричних RF/FSO система. Испитане су перформансе система са нерегенеративним (AF – *Amplify and Forward*) релејем константног појачања у присуству шума. У наставку, анализа је проширена на систем у присуству шума и више интерференција на релеју. Изведени су изрази за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке система, док је фединг на RF деоници моделован Накагами расподелом, а FSO линк је под утицајем гама-гама атмосферске турбуленције и грешке позиционирања. Даље, изведени су тачни изрази за

вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке када се користи AF релеј променљивог појачања у присуству шума, као и у присуству, како шума, тако и више интерференција. Пошто су добијени резултати дати у интегралном облику, приказани су и одговарајући апроксимативни изрази који су изведени на основу горње границе укупног односа средње снаге сигнала и шума (SNR). Последњи део пете главе садржи анализу RF/FSO система са AF релејем променљивог појачања у присуству шума, при чему је у обзир узет и ефекат неидеалне процене стања RF канала на основу кога се одређује појачање. Циљ ове анализе је извођење израза за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке, који се даље користе за оптимизацију параметара система.

У шестој глави дисертације приказана је анализа асиметричних RF/FSO система са више релеја који су паралелно повезани, при чему се користи парцијална селекција релеја. Одређене су перформансе система уз претпоставку да су промене фединга на RF деоници брзе, при чему долази до кашњења тренутне информације од релеја до пријемника. Другим речима, парцијална селекција релеја врши се на основу закаснеле тренутне информације о стању RF канала, што се управо дешава у пракси. Такође, у обзир је узета и могућност да одабрани релеј на основу најбоље процене RF канала није у стању да изврши пренос, па се бира најбољи међу осталим релејима. Изведени су изрази за вероватноћу прекида везе и вероватноћу грешке RF/FSO система са AF релејима константног појачања, као и са AF релејима променљивог појачања, при чему се закаснела тренутна информација, искоришћена за селекцију активног релеја, користи и за одређивање појачања.

У седмој глави дисертације дати су главни закључци до којих се дошло током израде дисертације. На крају дисертације дат је списак литературе.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Сви постављени циљеви из пријаве докторске дисертације су у потпуности реализовани.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Предмет проучавања у овој дисертацији јесу оптички бежични телекомуникациони системи. Услед погодности које пружају, као што су велика брзина и поуздан пренос у нелиценцираном делу спектра, једноставна и економична имплементација, ови системи постају све више актуелни, како у теоријским разматрањима, тако и са становишта могућих војних и комерцијалних примена.

Аналитички изрази, који су изведени у дисертацији, нису били раније доступни научној јавности. Ови аналитички изрази пружају могућност да се ефикасно и тачно одреде најзначајније карактеристике бежичног оптичког телекомуникационог система, како за различите модуларне технике, тако и за различите врсте фотодетектора. Такође, резултати омогућавају оптимизацију ширине ласерског снопа да би се добила минимална вредност вероватноће прекида везе и вероватноће грешке, или максимална вредност капацитета, и то у различитим временским условима. Врло значајни резултати дисертације се односе на примену релејне технологије, при чему је кандидат анализирао асиметричне RF/FSO системе. И у овом случају представљени су аналитички изрази за процену вероватноће грешке и вероватноће прекида везе, као и одговарајући апроксимативни изрази. Сем аналитичког приступа, кандидат је у својој дисертацији применио и симулациони приступ решавања проблема, при чему је евидентно слагање симулационих и аналитичких резултата.

Значај резултата приказаних у дисертацији потврђен је објављивањем два рада у врхунским међународним часописима *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* и *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, који имају импакт факторе 3.453 и 2.965, респективно, и према КОБСОН-у категорисани су као четврти и пети часопис по реду од укупно 77 часописа из области телекомуникација. Такође, кандидат је објавио своје резултате из дисертације још у часопису *Radioengineering*, који припада категорији M23, као и на већем броју конференција.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је током израде докторске дисертације достигао висок степен самосталности у решавању проблема из области телекомуникација и испољио је изузетну самоиницијативу у научном раду. Кандидат је првопотписани аутор већине радова који су директно повезани са темом докторске дисертације.

ЗАКЉУЧАК

Кандидат је у току израде докторске дисертације дао значајан допринос примени теорије телекомуникација у проучавању земаљских бежичних оптичких телекомуникационих система. Главни доприноси докторске дисертације су представљени стручној јавности кроз два рада у часописима категорије М21, један рад категорије М23 и већи број конференцијских радова. Докторска дисертација је реализована у оквиру пројекта "Напредне технике ефикасног коришћења спектра у бежичним системима", финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, као и С.О.С.Т. акције "Wireless Optical Communications - An Emerging Technology", финансиране од стране ЕУ.

Чланови Комисије предлажу Наставно-научном већу да се усвоји Извештај о оцени докторске дисертације под насловом: "Анализа и начини побољшања перформанси бежичних оптичких телекомуникационих система у условима атмосферске турбуленције" кандидата Милице Петковић и да се одобри њена усмена одбрана.


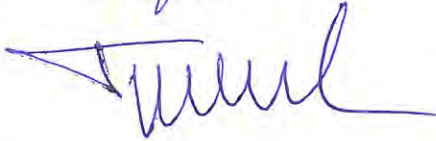



КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану
Комисије

НСВ за ТТ науке број 8/20-01-009/15-034 и ННВ ЕФ број 07/03-032/15-003

Датум именовања Комисије

НСВ за ТТ науке 7.12.2015. и ННВ ЕФ 17.9.2015.

Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
1.	Др Горан Т. Ђорђевић, ванредни професор Телекомуникације Електронски факултет, Универзитет у Нишу	председник 
2.	Др Градимир В. Миловановић, редовни професор, редовни члан САНУ Математика Српска академија наука и уметности	члан 
3.	Др Дејан Милић, ванредни професор Телекомуникације Електронски факултет, Универзитет у Нишу	члан 
4.	Др Предраг Иваниш, ванредни професор Телекомуникације Електротехнички факултет, Универзитет у Београду	члан 
5.	Др Ненад Милошевић, доцент Телекомуникације Електронски факултет, Универзитет у Нишу	члан 

Датум и место:

14. 12. 2015. године, Ниш/Београд

22.12.2015.

07/03-032/15-005