

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ:



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
БАЊА ЛУКА
Број: 005
Датум: 11. 01. 2017.

ИЗВЈЕШТАЈ

о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске тезе

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Одлуком Наставно-научног вијећа Електротехничког факултета, број: 20/1.500-524/16 од 08.07.2016. године, на основу одредби члана 64. Закона о високом образовању („Службени Гласник Републике Српске“, бр 73/10, 104/11, 84/12, 108/13 и 44/15) и члана 12. Правила студирања на III циклусу студија, именована је Комисија за оцјену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације у саставу:

- Проф. др Гордана Гардашевић, предсједник
Ужа научна област: Телекомуникације
Установа: Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
- Проф. др Илангко Баласингам, ментор
Ужа научна област: Обрада сигнала
Установа: Факултет за информационе технологије, математику и електротехнику, Норвешки универзитет за науку и технологију
- Проф. др Зденка Бабић, ко-ментор
Ужа научна област: Општа електротехника
Установа: Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
- Проф. др Зоран Вујковић, члан
Ужа научна област: Неурологија
Установа: Медицински факултет, Универзитет у Бањој Луци
- Проф. др Игор Радусиновић, члан
Ужа научна област: Телекомуникације
Установа: Електротехнички факултет у Подгорици, Универзитет Црне Горе

1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ, НАУЧНА И СТРУЧНА ДЈЕЛАТНОСТ КАНДИДАТА

Лични подаци:	
Име (име оца) презиме:	Младен (Бранко) Велетић
Датум рођења:	1.11.1987.
Мјесто рођења:	Сарајево

Адреса становља:	Првог крајишког корпуса 25 78000 Бања Лука Босна и Херцеговина
Број телефона:	+387 66 02 02 03
e-mail адреса:	mladen.veletic@etfbl.net

Образовање:

Први циклус студија

Период:	2006–2010.
Звање:	Дипломирани инжењер електротехнике
Организација:	Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
Смјер:	Електроника и телекомуникације
Тема завршног рада:	Дигитални корелатори
Просјечна оцјена:	9.68

Други циклус студија

Период:	2010–2012.
Звање:	Магистар телекомуникација
Организација:	Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
Смјер:	Електроника и телекомуникације
Тема завршног рада:	Методе за лоцирање мобилне станице у мрежама треће генерације
Просјечна оцјена:	10.00

Трећи циклус студија

Период:	2013–
Организације:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Факултет за информационе технологије, математику и електротехнику, Норвешки универзитет за науку и технологију ▪ Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
Тема завршног рада:	Неуронска комуникација као концепт за пренос података у нано-мрежама
Просјечна оцјена:	10.00

Радно искуство:

Период:	2011 →
Занимање:	асистент, виши асистент
Послодавац:	Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци, Патре 5, 78000 Бања Лука

Награде и признања:

2010.	Студент генерације, Електротехнички факултет, Универзитет у Бањој Луци
2011.	Златна плакета Универзитета у Бањој Луци
2011.	Стипендиста Фонда др Милан Јелић, II циклус студија

2013.	Стипендија Министарства иностраних послова Краљевине Норвешке
2014.	Стипендија Фонда др Милан Јелић, III циклус студија

Познавање страних језика:

Енглески језик	Напредно познавање
Њемачки језик	Основно познавање

БИБЛИОГРАФИЈА:

Научни радови у часописима:

1. M. Veletić, Y. Chahibi, P. A. Floor, I. Balasingham, “**On the Upper Bound of the Information Capacity in Neuronal Synapses**”, IEEE Transactions on Communications, 2016 (accepted).
2. G. Gardašević, M. Veletić, N. Maletić, I. Radusinović, S. Tomović, M. Radonjić, “**IoT Architectural Framework, Design Issues and Application Domains**”, Springer Wireless Personal Communications, 2016 (in press).
3. M. Veletić, P. A. Floor, Z. Babić, I. Balasingham, “**Peer-to-Peer Communication in Neuronal Nano-Network**”, IEEE Transactions on Communications, 2016; 64(3): 1153-1164.
4. F. Mesiti, M. Veletić, P. A. Floor, I. Balasingham, “**The Astrocyte Modulation of the Neuronal Activity as a Cascade of Equivalent Circuits**”, Elsevier Nano Communication Networks, 2015; 6(4): 183-197.
5. M. Veletić, M. Šunjevarić, “**On the Cramer-Rao Lower Bound for RSS-based Positioning in Wireless Cellular Networks**”, Elsevier AEÜ International Journal of Electronics and Telecommunications, 2014; 68(8): 730-736.
6. M. Šunjevarić, M. Veletić, B. Todorović, “**Radio-lokalizacija mobilne stanice u 3G mrežama**”, Vojno-tehnički glasnik, 2013; 61(2): 55-83.

Научни радови на конференцијама:

1. G. Gardašević, M. Veletić, N. Maletić, I. Radusinović, M. Radonjić, “**An Overview of Internet of Things Architectural Frameworks, Design Issues and Application Domains**”, 4th Annual CTIF-SEE Workshop, Budva, Montenegro, Sept. 2015.
2. M. Veletić, F. Mesiti, P. A. Floor, I. Balasingham, “**Communication Theory Aspects of Synaptic Transmission**”, In the Proc. of IEEE International Conference on Communications, London, United Kingdom, pp. 2719-2724, June 2015.
3. I. Balasingham, M. Veletić, F. Mesiti, P. A. Floor, “**Electromagnetic Induced Nanonetworks for Alzheimer's Disease Control**”, In the Proc. of 36th Annual International IEEE EMBS Conference, Chicago IL, USA, FC18.3, 2014.
4. M. Veletić, “**Graph-Based Diagnosis and Treatment of Neuronal Communication Disorders**”, In the Proc. of 37th IEEE International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2014), Opatija, Croatia, pp. 256-261, May 2014.
5. M. Veletić, P. A. Floor, I. Balasingham, “**From Nano-Scale Neural Excitability to Long Term Synaptic Modification**”, In the Proc. of the ACM First Annual International Conference on Nano-scale Computing and Communication, Atlanta

- GA, USA, pp. 1-9, May 2014.
6. M. Veletić, Z. Babić, I. Balasingham, “**On Spectrum Analysis for Nanomachine-to-Neuron Communications**”, In the Proc. of the IEEE International Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), Batumi, Georgia, pp. 64-68, July 2013.
 7. S. Divanović, M. Radonjić, I. Radusinović, N. Maletić, M. Veletić, D. Kosić, G. Gardašević, “**Scheduling algorithms with QoS support for crosspoint queued crossbar switch**”, In the Proc. of Information Technologies, Žabljak, Montenegro, pp. 153-156, Feb. 2013.
 8. M. Veletić, M. Šunjevarić, “**Optimal Positioning in UMTS using Least Mean Squares Algorithm on Circular Lateration**”, In the Proc. of 20th IEEE Telecommunication Forum (TELFOR 2012), Belgrade, Serbia, pp. 334-337, Nov. 2012.
 9. M. Veletić, N. Maletić, S. Šajić, M. Šunjevarić, “**Mobile-Based TDoA Estimation in UMTS Using Multichannel Serial Correlator**”, In the Proc. of 9th symposium of industrial electronics (INDEL 2012), Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, pp. 216-219, Nov. 2012.
 10. N. Maletić, J. Galić, S. Šajić, M. Veletić, “**FH-SS DDS-PLL based Frequency Synthesizer**”, in Proceedings of 9th symposium of industrial electronics (INDEL 2012), Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, pp. 230-232, Nov. 2012.
 11. N. Maletić, M. Veletić, S. Šajić, M. Šunjevarić, “**Comparative Analysis of KNN, MLP and GRNN WLAN Indoor based Positioning Techniques**”, In the Proc. of 5th International Scientific Conference on Defense Technologies (OTEH 2012), Belgrade, Serbia, pp. 470-475, Sept. 2012.
 12. P. Međedović, M. Veletić, Ž. Blagojević, “**Wireless InSite Software Verification via Analysis and Comparison of Simulation and Measurement Results**”, In the Proc. of 35th IEEE International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2014), Opatija, Croatia, pp. 776-781, May 2012.
 13. P. Međedović, M. Veletić, D. Kolonić, “**Software Prediction of Electromagnetic Field Strength in Urban Area of Banja Luka**”, In the Proc. of the International Electrotechnical and Computer Science Conference (ERK 2011), Portorož, Slovenia, pp. 168-171, Sept. 2011.

2. ЗНАЧАЈ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

ЗНАЧАЈ ИСТРАЖИВАЊА

Узимајући у обзир процесну моћ, подразумијевану биокомпатибилност и димензионе карактеристике неуронског система, неуронска комуникација је окарактерисана као погодан концепт за будуће нано-комуникационе мреже којима се превазилазе могућности и ограничења савремених/конвенционалних (теле)комуникационих мрежа. Креирањем аутономне мреже минијатурних уређаја, која би функционисала као одређени сегмент нервног система и потенцијално имала исте процесне моћи, отварају се многобројне могућности у индустријским и војним апликацијама, а уз услов остварене биокомпатибилности, и у медицинским примјенама.

Када се говори о неуронској комуникацији, ради се о анатомски и физиолошки углавном познатом, али у домену информационо-комуникационих технологија,

потпуно новом концепту преноса информација у нано-мрежама. Према томе, неконвенционална инжењерска анализа физиолошких процеса између два неурона/мрежна ентитета у смислу креирања релевантних квалитативних функција, те квантитативна оцјена перформанси комуникационог система у смислу прорачуна капацитета каналâ, примјеном принципâ из теорије комуникација и теорије информација, рефлектују примарни значај истраживања.

ПРЕГЛЕД ИСТРАЖИВАЊА

Примарни метод комуникације између микроорганизама, укључујући и ћелије, је заснован на размјени молекула. Овај концепт, познат као молекуларна комуникација, је оптимизован еволуционим процесима. Однедавно је од великог интереса у (теле)комуникацијама због потребе за развијањем комуникационе технологије за минијатурне електронске уређаје и мреже минијатурних уређаја (тзв. нано-мреже), које би се користиле за медицинске сврхе, због потенцијалне интеракције за ћелијама, ткивима и органима, као и за индустриске и војне апликације. Алтернативу молекуларној комуникацији у нано-мрежама представља конвенционална електромагнетска комуникација. Електромагнетски таласи се простиру кроз физичке медијуме уз минималне губитке. Ипак, жична комуникација у нано-мрежама није могућа због величине комуникационих ентитета, нарочито када њихов број у мрежи расте. Бежична комуникација у нано-мрежама је теоријски могућа, али не и лако остварива. Наиме, бидирекциона бежична комуникација на ентитету захтијева интеграцију радио-фрејквенцијског модула са примопредајном антеном развијеном за комуникацију у THz-опсегу. Истраживања у овом домену су актуелна, али мањим обимом у поређењу са молекуларним комуникацијама.

Иако пренос сигнализационих молекула може бити усмјерен, али на рачун хемијске енергије (нпр. везикуларна размјена, бактеријска миграција), досадашња концептуална рјешења за пренос информација помоћу молекула углавном су заснована на дифузији сигнализационих молекула (нпр. IP₃ сигнализација, Ca²⁺ сигнализација, бактеријска комуникација, хормонална сигнализација, неуронска комуникација). Пресликавањем дифузионог принципа преноса сигнализационих молекула на минијатурне електронске компоненте, уједно се копира бежични комуникациони модел, те креирају уопштени теоријски модели - од преноса информационих сигнала, утицаја шума и интерференције, до комуникационих протокола. Такође, актуелна истраживања су посвећена креирању посебних теоријских модела за бактеријску и неуронску комуникацију, као и система који користе постојећу молекуларну комуникациону инфраструктуру, нпр. системи за испоруку лијекова унутар организма, којима се превазилазе ограничења и побољшавају перформансе савремених дијагностичких и терапијских поступака.

У поређењу са бежичним комуникационим системима у којима је пренос електромагнетских таласа брз, молекуларни дифузиони системи знатно спорије преносе сигнализационе молекуле и остварују мању процесну моћ. Концепт неуронске комуникације, којим се остварују велике процесне моћи централног нервног система и ефикасна координација свих акција тијела, се издваја од осталих и однедавно привлачи пажњу истраживача из области информационо-комуникационих технологија. Формално, неуронска комуникација се убраја у групу молекуларно-дифузионих, али је ширина/дужина комуникационог канала реда неколико десетака нанометара, тако да дифузија сигнализационих молекула, који се називају

неуротрансмитери, траје кратко. Поред дифузије неуротрансмитера приликом интер-неуронске комуникације у комуникационом ланцу „неурон-неурон“, остварује се пренос елементарних електричних импулса приликом интра-неуронске комуникације. Преносом секвенце елементарних импулса, који се називају акциони потенцијали, креира се брзински код којим се описује информација коју преноси неурон као изоловани мрежни ентитет.

Инжењерска анализа неуронске комуникације почела је у домену неуропростетике, развојем нових инвазивних и неинвазивних дијагностичких и терапијских техника којима се настоји остварити директна интеракција са ћелијама [1-3]. С обзиром да неуродегенеративне болести нарушавају перформансе неуронске мреже формирајући нефункционалне ћелије и/или везе између ћелија, новим техникама се настоји превазићи проблем инјекцијом минијатурних електронских уређаја који би преузели функцију оштећених сегмената и повезали раздвојене ћелије и/или кластере ћелија. Интуитивно, као наредни корак се намеће креирање аутономне мреже минијатурних уређаја која би функционисала као одређени дио нервног система и потенцијално имала исте процесне моћи. У циљу креирања истих, очигледно је да се наилази на много изазова, од избора адекватних нано-материјала за креирање електронских нано-уређаја, па до избора (теле)комуникационе технологије и протокола између нано-уређаја.

Неуронска комуникација као нови концепт преноса података у нано-мрежама, према томе, захтијева посебну интердисциплинарну анализу и креирање теоријских модела. Због једноставнијег поређења са већ доступним комуникационим технологијама, пожељно је да се нови теоријски модели креирају тако да буду еквивалентни постојећим за конвенционалне комуникационе технологије. Прелиминарни детерминистички модели комуникације „неурон-неурон“ нуде естимацију перформанси комуникационог канала у смислу прорачуна капацитета [4-6], као и математичке описе улазно-излазних карактеристика релевантних неуролошких процеса [7-8]. Прелиминарне стохастичке анализе нуде естимацију вјероватноће грешке приликом детекције акционих потенцијала као елементарних импулса којима је представљена порука [8]. У литератури су такође доступне детаљније анализе синаптичког канала унутар кога се приликом интер-неуронске комуникације обавља пренос конвертованих акционих потенцијала у сигнализационе молекуле, као и резултати о утицају кључних физиолошких процеса, шума и интерференције на дифузију и детекцију сигнализационих молекула.

Наведена истраживања су, очекивано, непотпуна и обављена за поједостављене физичке канале изостављајући утицај специфичних физиолошких процеса (нпр. Ca^{2+} сигнализација и интеракција са астроцитима и осталим глијалним ћелијама као пратећим ћелијама нервног система) који значајно могу, као и избор различитих приступа и принципа из теорије комуникација и теорије информација, измијенити понуђене закључке. У складу са наведеним, потреба за наставком истраживања у овој области и креирањем додатних реалистичнијих модела, теорија и ревидираних закључака је очигледна.

РАДНА ХИПОТЕЗА СА ЦИЉЕМ ИСТРАЖИВАЊА

Неуронске ћелије преносе информације путем електрохемијских и молекуларних сигнала. У складу са побудом коју добија преко дендрита, тијело неурона генерише одзив у виду електрохемијских нервних импулса (акциони потенцијали). Акциони

потенцијали се преносе до нервних завршетака (пресинаптички терминали) помоћу аксона. У поступку преноса информација ка сусједним неуронима, електрохемијски импулси се конвертују у молекуларни сигнал, и као такви преносе кроз синапсу као функционалну апозицију ћелије. Пријемни неурон помоћу рецептора реагује на молекуларни сигнал, а као одзив поново генерише електрохемијске нервне импулсе.

Приликом израде дисертације, релевантни процеси при преносу електрохемијских и молекуларних сигнала биће описани као концепти *интра-* и *интер-неуронска комуникација*, респективно. Претпоставка је да се прагматична анализа преноса информација може остварити изолованом карактеризацијом интра-неуронске комуникације и изолованом карактеризацијом интер-неуронске комуникације у комплексном комуникационом систему „неурон-неурон“. При анализи интра-неуронске комуникације, тијело неурона се посматра као предајник, аксон као комуникациони канал, а пресинаптички терминал као пријемник. При анализи интер-неуронске комуникације, пресинаптички терминал се посматра као предајник, синаптичка пукотина као канал, а постсинаптички терминал као пријемник. Очекује се да ће квалитативна и квантитативна оцјена перформанси комуникационог система „неурон-неурон“ допринијети развоју концепта преноса информација у наномрежама.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

У циљу верификације резултата истраживања користиће се програмски пакети NEURON и MATLAB, као и симулациони модели комуникације „неурон-неурон“ засновани на верификованим неуролошким моделима доступним у литератури.

Основне научне методе истраживања које ће се примјењивати у раду су:

- Прикупљање, анализа и систематизација доступне литературе;
- Развој модела комуникације и анализа (не)поузданости;
- Развој математичких модела као прилог доказа радне хипотезе;
- Генерисање, анализа и верификација симулационих резултата.

НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Неконвенционална инжењерска анализа физиолошких процеса између два неурона/мрежна ентитета треба да допринесе концепту преноса информација у наномрежама. Очекује се да ће квантитативна оцјена перформанси комуникационог система примјеном принципа из теорије комуникација и теорије информација дати значајан допринос у анализи неуронске комуникације и креирању нових модела и теорија које не могу бити изведене без интердисциплинарног приступа, као и у експлоатисању изведених резултата и циљу креирања нових нано-мрежа, нпр. *Body Area Nano-Networks (BANN)* и *In-Body Sensor Actuator Networks (IBSAN)*.

ЦИТИРАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Song, R. Chan, V. Marmarelis, R. Hampson, S. Deadwyler, T. Berger, **“Nonlinear dynamic modeling of spike train transformations for hippocampal-cortical prostheses”**, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2007; 54(6):

- 1053–1066.
- [2] F. Mesiti, I. Balasingham, “**Nanomachine-to-Neuron Communication Interfaces for Neuronal Stimulation at Nanoscale**”, IEEE Transactions on Selected Areas in Communications, 2013; 31(12): 695-704.
 - [3] F. Mesiti, P. A. Floor, I. Balasingham, “**Astrocyte-to-Neuron Communication Channels with Applications**”, IEEE Transactions on Molecular, Biological and Multi-Scale Communications, 2015; 1(2): 164-175.
 - [4] P. Suksompong, T. Berger, “Capacity analysis for integrate-and-fire neurons with descending action potential thresholds”, IEEE Transactions on Information Theory, 2010; 56(2): 838–851.
 - [5] T. Berger, W. Levy, “**A mathematical theory of energy efficient neural computation and communication**”, IEEE Transactions on Information Theory, 2010; 56(2): 852–874.
 - [6] Y. Yu, M. Crumiller, B. Knight, and E. Kaplan, “**Estimating the amount of information carried by a neuronal population**”, Frontiers in Computational Neuroscience, 2010; 4: 1–10.
 - [7] L. Galluccio, S. Palazzo, G. E. Santagati, “**Modeling signal propagation in nanomachine-to-neuron communications**”, Elsevier Nano Communication Networks, 2011; 2: 213–222.
 - [8] E. Balevi, O. Akan, “**A physical channel model for nanoscale neurospike communications**”, IEEE Transactions on Communications, 2013; 61(3): 1178–1187.

3. ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ

На основу увида у рад кандидата, приложену документацију, биографију и библиографију, Комисија закључује да кандидат мр Младен Велетић испуњава све прописане услове за одобрење теме за израду докторске дисертације, у складу са важећим прописима Закона о Универзитету и на начин предвиђен Статутом Универзитета у Бањој Луци.

Комисија је јединствена у оцјени да је тема докторске дисертације под насловом „Неуронска комуникација као концепт за пренос података у нано-мрежама“ веома актуелна и да се, на основу већ остварених научних и истраживачких доприноса кандидата, могу очекивати значајни резултати. Такође, Комисија је сагласна да су концепт и предложене методе истраживања адекватне постављеној радној хипотези и да ће кандидат дати свој оригинални научни допринос у области истраживања.

Узимајући у обзир наведено, Комисија предлаже Наставно-научном вијећу Електротехничког факултета и Сенату Универзитета у Бањој Луци да **прихвати овај извјештај о подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и одобри мр Младену Велетићу** израду докторске дисертације под насловом: „Неуронска комуникација као концепт за пренос података у нано-мрежама“

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Гордана Гардашевић
Проф. др Гордана Гардашевић, предсједник

2. Илангко Баласингам
Проф. др Илангко Баласингам, ментор

3. Зденка Бабић
Проф. др Зденка Бабић, ко-ментор

4. Зоран Вујковић
Проф. др Зоран Вујковић, члан

Prof. dr sc. med.
Zoran Vujković
NEUROLOG

5. Игор Радусиновић
Проф. др Игор Радусиновић, члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложение, односно разлоге због којих не жели да потпише извјештај.