

Универзитет у Београду
Електротехнички факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Николе Јовалекића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5063/10-1 од 25.01.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Николе Јовалекића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме "Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на LoRa модулацији" (*Improving The Performance Of LoRa Based Wireless Transceivers*).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Никола Јовалекић је рођен 11. 10. 1982. године у Београду. Завршио је основну школу "Жикица Јовановић Шпанац" и Девету гимназију "Михајло Петровић Алас" у Београду. Основне студије је завршио 23. 10. 2007. године на Електротехничком факултету, Универзитет у Београду, на Одсеку за електронику, одбравивши дипломски рад под називом „Задавање управљачких секвенци једносмерном мотору путем SMS порука“. У току студија, био је студент демонстартор у лабораторији за предмет Основи електротехнике у периоду од 2003. до 2007. године. У периоду од децембра 2007. године до јануара 2011. године био је запослен у Истраживачко-развојном институту за телекомуникације и електронику ИРИТЕЛ у Београду као развојни инжењер у групи за Оптичке системе преноса. Учествовао је на пројекту технолошког развоја TR32007, финансираног од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Р. Србије, као истраживач приправник и аутор је већег броја техничких решења. Успешно је завршио школу за резервне официре у Војсци Србије у периоду од марта 2009. до септембра 2009. године. Добитник је награде "Илија Стојановић" за најбољи научни рад на конференцији ТЕЛФОР за 2012. годину. У периоду од јануара 2011. године до септембра 2015. године био је запослен у компанији ЕМА у Словенији, на позицији развојног инжењера, док је у периоду од септембра

2015. године до јуна 2017. године био запослен у компанији „Energy Conductors“ такође на позицији развојног инжењера. У јуну 2017. године добија стипендију „IAEA Fellowship (STEP)“ за израду доктората у трајању од годину дана у Међународној агенцији за атомску енергију (ИАЕА) у Бечу, Аустрија. Говори енглески, руски и словеначки језик. Аутор је више научних и стручних радова.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Област истраживања Николе Јовалекића обухвата бежичне сензорске мреже, интернет ствари IoT (*Internet of Things*), моделовање, симулацију и пројектовање електронских кола, модула телекомуникационе електронике и електронских система. У току рада у индустрији, као развојни инжењер учествује на више различитих пројеката из области *High speed digital* дизајна, *RF* дизајна и *Mixed Analog-Digital* дизајна. Аутор је већег броја техничких решења из наведених области аналогне и дигиталне електронике.

Никола Јовалекић се на докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, изборно подручје Електроника, уписао школске 2010/2011. године. На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 3058/2 од 28.12.2010. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2010/2011, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. Током досадашњих студија положио је све планом предвиђене испите и то:

Р.бр.	Акроним	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1	13Д041ОАЕ	Одабрана поглавља из аналогне електронике	10	9
2	13Д041ОПЕ	Одабрана поглавља из енергетске електронике	10	9
3	13Д061ОММ	Оптоелектронске мерне методе	10	9
4	13Д071ЕКИ	Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала	10	9
5	13Д041ПИС	Пројектовање интегрисаних кола и система	10	9
6	13Д091К	Комуникологија	10	6
7	13Д041НСМ	Наменске сензорске мреже	10	9
8	13Д041ПНР	Пројектовање наменских рачунарских система	10	9
9	13Д041ПМР	Примена микрорачунара	10	9
10	13Д041СМС	Савремени мерни системи	10	9

Поред положених испита, кандидат је обавио и два студијска истраживачка рада и један научно-стручни рад, што је предвиђено планом докторских студија. Одређен му је ментор докторске дисертације, професор Вујо Дрндаревић, и период од 2010. до 2017. године провео је у истраживању и припреми дисертације. Тема која је предложена за докторску дисертацију кандидата Николе Јовалекића припада ужој научној области Електроника и има мултидисциплинарни карактер.

Досадашњи резултати рада кандидата приказани су кроз неколико публикација и то: један рад у домаћем часопису категорије М24, један рад на међународној конференцији категорије М33, један рад објављен у домаћем часопису категорије М53

и један рад на домаћој конференцији категорије M63. У списку који следи наведене су публикације на којима је Никола Јовалекић коаутор.

Рад објављен на међународној конференцији (M33):

N. Jovalekić, E. Pietrosemoli, M. Rainone, M. Zenaro, *Smart and Very Distant Objects*, Proceedings of Mobicom Conference 2017, pp. 29-36, Salt Lake City, USA.

Рад објављен у домаћем часопису (M24):

N. Jovalekić, M. Lazić, and B. Šašić, *Hybrid Backup Power Supply For Telecommunication Systems Based on Fuel Cell*, FACTA UNIVERSITATIS SER.: ELEC. ENERG. vol. 24, pp. 33-41, 2011.

Рад објављен у домаћем часопису (M53):

N. Jovalekić, P. Mićović, J. Popović-Božović, *An Implementation of Optical Transponder and Media Converter Unit for Speeds up to 2.5 Gbps*, Telfor Journal, Vol. 5, No. 2, pp. 151-155, 2013.

Рад објављен на домаћој конференцији (M63):

N. Jovalekić, M. Đukić, L. Lukić, *An Implementation of Microprocessor-Controlled Switching Magnetizer*, 54. Konferencija ETRAN-a, 2010, pp. EL5.5.1 - EL5.5.4, Donji Milanovac, Srbija.

Дана 02.02.2018. године Никола Јовалекић је полагао испит о подобности теме и кандидата (докторски испит) пред комисијом у саставу: др Милан Прокин, редовни професор, др Ненад Јевтић, доцент, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, др Александар Нешковић, редовни професор, др Иван Поповић, доцент и др Драган Олћан, ванредни професор. Комисија је једногласно закључила да су кандидат и тема подобни за израду докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија за оцену подобности теме и кандидата анализира је претходно наведене чињенице и резултате које је кандидат Никола Јовалекић остварио током досадашњег образовног процеса и у досадашњем научно-истраживачком раду, како би стекла увид у његове способности за научно-истраживачки рад. Узимајући у обзир посвећеност кандидата у припреми докторске дисертације, до сада остварене резултате и излагање одржано у оквиру докторског испита, Комисија је мишљења да кандидат има способности да успешно настави започети рад и да је у стању да оствари резултате који могу бити признати и валоризовани и од стране стручне међународне научне заједнице. Став Комисије у вези са наведеним питањима је позитиван и након детаљног образложења саме теме, предложиће да она буде усвојена и да се кандидату омогући да настави са израдом докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Енергетски ефикасне мреже великог домета (*Low Power Wide Area Networks, LPWANs*) одговарају на захтеве који се односе на покривање великих удаљености и мале потрошње у бежичним сензорским мрежама. Један од комуникацијских протокола који је широко заступљен у таквим мрежама јесте *LoRaWAN*, док се физички слој у тим мрежама заснива на *LoRa* модулацији. Предмет истраживања која ће се вршити у оквиру предложене докторске дисертације биће побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији коришћењем нових методологија у развоју хардвера.

LoRa је нови тип модулације заснован на техници проширеног спектра, који користи смањење брзине преноса у сврху повећања ефикасности пријемника у задатом фреквенцијском опсегу. Са друге стране, *LoRa* омогућава различите брзине преноса користећи ортогоналне факторе ширења, што даје могућност пројектанту бежичне сензорске мреже да подешава осетљивост пријемника, брзину преноса и потрошњу, у зависности од тога које параметре изабере.

Постоје три врсте параметара чијим подешавањем се омогућавају захтевани режими рада *LoRa* примопредајника: фактор ширења (*Spreading Factor*), пропусни опсег (*Bandwidth*) и заштитно кодовање (*Coding Rate*). Са друге стране, *LoRa* примопредајник омогућава мерење нивоа примљеног сигнала и односа сигнал/шум, који се могу прочитати из одговарајућих регистра примопредајника и употребити за оптимизацију преноса у односу на тренутне услове рада.

До сада је неколико истраживачких група дало резултате на пољу истраживања перформанси преноса заснованог на *LoRa* модулацији. Већина експеримената, која је објављена у литератури, је урађена на сличан начин: употребљаване су комерцијално доступне развојне платформе са *LoRa* примопредајницима, које су биле постављене углавном унутар објеката (*indoor scenario*) или размештене по градовима (*urban scenario*). Током експеримената бележени су следећи подаци: ниво примљеног сигнала (*Receive Signal Strength, RSS*), однос сигнал/шум (*Signal-to-Noise Ratio, SNR*) и губитак пакета (*Packet Loss, PL*). Закључци изведени из ових експеримената ограниченог су домета из више разлога: 1) у експериментима су коришћени само комерцијално доступни примопредајници код којих није извршена оптимизација топологије и дизајна; 2) нису навођени параметри антена које су употребљене у експериментима (појачање, дијаграм зрачења и др.); 3) малог броја послатих пакета; 4) презентирани резултати добијани су усредњавањем на нивоу целог мерења. Такође, у наведеним истраживањима није идентификована корелација између нивоа сигнала на улазу у примопредајник и оног који се може прочитати из регистра примопредајника (*Power-to-RSS transductance law*).

Циљ предложеног истраживања је да се испитају перформансе комерцијално доступних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији, и да се на основу тих истраживања развије примопредајник са побољшаним перформансама, применом нових методологија у развоју хардвера. Поред тога, радиће се на тестирању и евалуацији веома дугачких комуникационих линкова (дужих од 100 km) заснованих на *LoRa* модулацији коришћењем развијеног примопредајника као и комерцијално расположивих *LoRa* примопредајника.

Значај предложеног истраживања се огледа у томе што ће оно резултирати развојем економичног и високо осетљивог примопредајника заснованог на *LoRa* модулацији, који ће омогућити повећану поузданост *LoRa* комуникационих линкова као и успешно повезивање тачака на изузетно великим удаљеностима, које нису оствариве употребом комерцијално доступних примопредајника.

Као резултат наведених истраживања очекује се да се омогући примена *LoRa* комуникационих линкова у бежичним сензорским мрежама које се користе за спречавање последица изазваних природним катастрофама као што су ерупције вулкана, клизишта земљишта и сл., путем благовременог преноса података са сензора на изузетно велике удаљености без употребе комплексне и скупе инфраструктуре.

Релевантни радови из области истраживања

- [1] Usman Raza, Parag Kulkarni, Mahesh Sooriyabandara, *Low Power Wide Area Networks: An Overview*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 19, 2017. DOI: 10.1109/COMST.2017.2652320
- [2] Juha Petajajarvi, Konstantin Mikhaylov, Antti Roivainen, Tuomo Hanninen, Marko Pettissalo, *On the coverage of LPWANs: range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology*. IEEE Conference on ITS Telecommunications (ITST), 2015. DOI: 10.1109/ITST.2015.7377400
- [3] Zanella, Andrea, *Best Practice in RSS Measurements and Ranging*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017. Vol. 18. DOI: 10.1109/COMST.2016.2553452
- [4] Reynders, Brecht and Pollin, Sofie. (2016). *Chirp spread spectrum as a modulation technique for long range communication*. Symposium on Communications and Vehicular Technologies (SCVT), 2016. DOI: 10.1109/SCVT.2016.7797659
- [5] Lorenzo Vangelista, *Frequency Shift Chirp Modulation: The LoRa Modulation*. IEEE Signal Processing Letters, Vol. 24, 2017. DOI: 10.1109/LSP.2017.2762960
- [6] Cattani, Marco and Boano, Carlo Alberto and Römer, Kay, *An Experimental Evaluation of the Reliability of LoRa Long-Range Low-Power Wireless Communication*. Journal of Sensor and Actuator Networks, Vol. 6, 2017. DOI: 10.3390/jsan6020007
- [7] Iova, O., Murphy, A.L., Picco, G.P., Ghiro, L., Molteni, D., Ossi, F., Cagnacci, F., *LoRa from the city to the mountains: exploration of hardware and environmental factors*. International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks (EWSN), Uppsala, Sweden, pp. 317-322, 20-22 February 2017.
- [8] Augustin, Aloÿs and Yi, Jiazi and Clausen, Thomas and Townsley, William Mark, *A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things*. Sensors Journal, Vol. 16, 2016. DOI: 10.3390/s16091466
- [9] Petajajarvi, Juha and Mikhaylov, Konstantin and Pettissalo, Marko and Janhunen, Janne and Iinatti, Jari, *Performance of a low-power wide-area network based on LoRa technology: Doppler robustness, scalability, and coverage*. International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 13, 2017. DOI: 10.1177/1550147717699412
- [10] Johnny Gaelens, Patrick Van Torre, Jo Verhaever, Hendrik Rogier, *LoRa Mobile-To-Base-Station Channel Characterization in the Antarctic*. Sensor Journal, Vol. 17, 2017. DOI: 10.3390/s17081903
- [11] J Wixted, Andrew and Kinnaird, Peter and Larijani, Hadi and Tait, Alan and Ahmadinia, Ali and Strachan, Niall, *Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensor networks*. IEEE Sensors, 2016. DOI: 10.1109/ICSENS.2016.7808712

3. Полазне хипотезе

Анализирајући архитектуру и дизајн хардвера комерцијално доступних примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији и методологија које су коришћене при интеграцији тих примопредајника у комуникациони систем, долази се до следећих хипотеза:

- комерцијално доступни примопредајници засновани на *LoRa* модулацији нису оптимизовани у погледу осетљивости,
- утицај интерференције на пријем пакета се може смањити применом нових методологија у топологији и дизајну хардвера примопредајника,
- употребом тако развијеног хардвера могуће је остварити врло дугачке *LoRa* линкове (дуже од 100 km) употребљавајући широко распрострањене стандардне слабо усмерене антене при типичним вредностима предајне снаге у два нелиценцирана фреквенцијска опсега: 434 MHz и 868 MHz.

4. Научне методе истраживања

У истраживању која ће се вршити у оквиру израде докторске дисертације биће примењене следеће методе:

- преглед научне литературе и тренутног стања у ужој научној области; сагледавање проблема који се решава у предложеној дисертацији и дефинисање циљева дисертације,
- компаративна анализа хардверских решења комерцијално расположивих примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији; анализа ће бити извршен у циљу сагледавања предности и недостатака архитектуре и конкретних решења примопредајника од интереса,
- развој оптималне архитектуре, пројектовање и реализација хардвера примопредајника побољшаних перформанси коришћењем нових методологија, са посебним акцентом на повећање осетљивости на пријему,
- лабораторијска испитивања развијеног примопредајника у циљу верификације предложеног решења,
- упоредна испитивања и тестирања развијеног и комерцијално расположивих примопредајника у реалним условима на терену,
- употреба погодних статистичких метода за обраду података добијених у лабораторијским и реалним условима испитивања.

Нови *LoRa* примопредајник биће развијен коришћењем развојних алата *Altium Designer*, *Ansys HFSS*, *Eclipse+IAR*, *LabWindows CVI* и *Python*. Симулација *LoRa* линкова биће урађена употребом софтвера *BotRF*.

5. Очекивани научни допринос

У овом раду се очекују следећи научни доприноси:

- лоцирање критичних извора деградација перформанси *LoRa* примопредајника тестирањем и упоредном анализом дизајна хардвера комерцијално расположивих примопредајника заснованих на *LoRa* модулацији,
- развој новог примопредајника заснованог на *LoRa* модулацији са побољшаним карактеристикама у смислу осетљивости пријема и отпорности на интерференције,
- одређивање корелације између нивоа сигнала на пријему и вредности која је доступна у регистрима примопредајника (*power-to- RSS transduction law*),
- евалуација карактеристика веома дугачких линкова заснованих на *LoRa* модулацији коришћењем развијеног *LoRa* примопредајника као и комерцијално расположивих *LoRa* примопредајника.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове дисертације састоји се из неколико кључних корака:

- Почетна фаза истраживања односи се на преглед литературе и тренутног стања у области бежичних комуникационих мрежа великог домета, *LoRaWAN* комуникационог протокола, са посебним акцентом на физички слој у посматраним мрежама заснованом на *LoRa* модулацији,
- Затим, на основу спроведених почетних анализа, биће студиране комерцијално расположиве развојне платформе са примопредајником заснованим на *LoRa* модулацији у смислу архитектуре и дизајна хардвера,
- Коришћењем савремених технологија и метода биће развијен нови примопредајник заснован на *LoRa* модулацији са побољшаним перформансама, посебно у погледу осетљивости на пријему; паралелно, биће развијен фирмвер и софтвер који ће омогућити ефикасно тестирање развијеног примопредајника,
- Испитивање и тестирање развијеног примопредајника у лабораторијским условима; одређивање корелације између нивоа сигнала на пријему и вредности која је доступна у регистрима примопредајника (*power-to- RSS transduction function*),
- Испитивање развијеног примопредајника у реалним радним условима; дуготрајни експерименти на врло дугачким трасама у реалним условима са једним предајником и више пријемника (развијени и комерцијално доступни пријемници у паралелном раду); статистичка обрада и презентација података и резултата добијених у експериментима.

Структура саме дисертације ће у великој мери пратити наведене фазе истраживања. Осим уводног поглавља предвиђено је једно поглавље прегледног типа која ће управо бити посвећено анализи комерцијално расположивих *LoRa* примопредајника у смислу архитектуре дизајна хардвера, као и пратеће функционалности. Централна два поглавља дисертације ће садржати методе и поступак пројектовања новог *LoRa* примопредајника и његову реализацију, експерименталну верификацију остварених резултата као и карактеризацију веома дугачких *LoRa* комуникационих линкова. Последња два поглавља садржаће закључке и коришћену литературу, респективно. Докторска дисертација ће бити писана на енглеском језику.

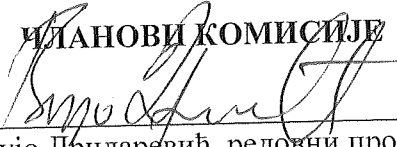
7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у резултате досадашњег рада кандидата Николе Јовалекића, дипл. инжењера електротехнике и рачунарства, који су показани у фази истраживања и припреме докторске дисертације, Комисија је стекла неспорни утисак да кандидат јесте способна за научно-истраживачки рад и за реализацију планираних истраживања. Анализирајући предложену тему под насловом "Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на LoRa модулацији", Комисија је дошла до закључка да је тема актуелна и у научном смислу значајна и, имајући у виду наведене циљеве, очекиване резултате и доприносе, Комисија је сагласна да оваква тема задовољава све услове подобности за докторску дисертацију. Комисија констатује да ова тема припада ужој научној области Електроника, да Електротехнички факултет Универзитета у Београду јесте матичан за ову научну област, и при томе за ментора ове докторске дисертације предлаже др Вуја Дрндаревића, редовног професора запосленог на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. У контексту овог предлога, уз извештај је приложен списак радова који квалификују проф. др Вуја Дрндаревића за ментора.

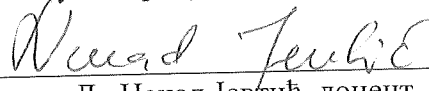
На основу свега наведеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да прихвати тему докторске дисертације "Побољшање перформанси бежичних примопредајника заснованих на LoRa модулацији" ("*Improving The Performance Of LoRa Based Wireless Transceivers*") и да кандидату Николи Јовалекићу омогући да приступи њеној изради.

У Београду, 5. фебруара 2018. год.

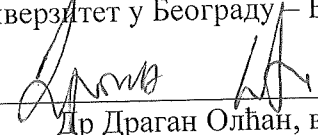
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

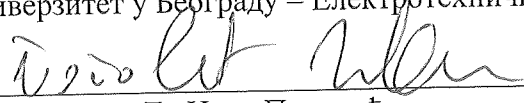

Др Вујо Дрндаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


Др Милан Прокин, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


Др Ненад Јевтић, доцент
Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет


Др Александар Нешковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


Др Драган Олџан, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


Др Иван Поповић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет