

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бојана Пајчина, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5020/11-1 од 21.12.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Бојана Пајчина, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Енергетски ефикасне Етернет пасивне оптичке мреже базиране на мултиплексирању по таласним дужинама“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бојан Пајчин је рођен 03.12.1986. године у Сарајеву, Босна и Херцеговина. Завршио је Електротехничку школу „Никола Тесла“ у Београду, смер телекомуникације.

Дипломирао је на Електротехничком факултету у Београду, Одсек за телекомуникације и информационе технологије – смер Системско инжењерство, 2009. године, одбраном дипломског рада „Симулациона анализа линеарних блок кодова погодних за канале који се могу описати Марковљевим моделима“ са оценом 10 (ментор доц. др Предрага Иваниша). Просечна оцена на основним академским студијама је 9.13.

Мастер студије, модул Системско инжењерство и радио комуникације, завршио је на истом факултету 2011. године одбраном мастер рада „Софтверска имплементација система за дигитално потписивање са хеш функцијама и алгоритмима с јавним кључем“ са оценом 10 (ментор доц. др Предраг Иваниш). Просечна оцена на дипломским академским студијама је 9.67.

Тренутно је студент треће године докторских студија на Електротехничком факултету у Београду, модул Наноелектроника и фотоника (ментор проф. др Петар Матавуљ). Докторске студије је кандидат уписао школске 2011/2012 године. Тренутна просечна оцена положених испита на докторским студијама је 10.

Од јуна 2011. запослен је у Ирител-у (Истраживачко-развојни институт за телекомуникације и електронику). Област интересовања је дизајн хардвера за телекомуникационе уређаје. Ради на развоју Ирител-овог ОТН (*Optical Transport Network* -

OTN) система (OT10/100Г) као сарадник на пројекту, на пословима који су се кретали од идејних решења до реализације и производње. У оквиру радних дужности спада и ангажовање на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја TP32007 „Мултисервисна оптичка транспортна платформа OTN10/40/100 Gbps са DWDM/ROADM и Carrier Ethernet функционалностима“.

Пре доласка у Ирител стекао је две године стажа и радног искуства радећи у струци најпре у „Универзијада Београд 2009“ радећи као инжењер за ИТ мреже, а потом у „СРЦ системске интеграције“ радећи на позицији Развојни инжењер – систем администратор.

Током школовања био је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије 2008/2009. године на основу постигнутих резултата током студија и стипендиста града Београда 2004. године на основу постигнутих успеха на републичким такмичењима.

На конференцији ЕТРАН 2011 освојио је награду као млади истраживач из области Телекомуникације за рад „АНАЛИЗА СОФТВЕРСКИ РЕАЛИЗОВАНОГ ДСА АЛГОРИТМА ЗА ДИГИТАЛНО ПОТПИСИВАЊЕ“. Године 2005. освојио је I место из информатике на регионалној такмичарској смотри научно-истраживачких радова талената, као и посебну награду из информатике на 47. републичкој смотри радова научног и уметничког стваралаштва талената.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Бојан Пајчин је уписао докторске студије на Електротехничком факултету у Београду школске 2011/2012. године на модулу Наноелектроника и фотоника. На радном месту у Ирител-у, од почетка докторских студија, ангажован је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја TP32007 „Мултисервисна оптичка транспортна платформа OTN10/40/100 Gbps са DWDM/ROADM и Carrier Ethernet функционалностима“. Током докторских студија положио је све наставним планом и програмом предвиђене испите и испунио све обавезе и то:

Р.Бр.	Назив испита	Оцена	ЕСПБ
1	Моделовање наноструктура	10	9
2	Савремене технике контроле грешака у телекомуникацијама	10	9
3	Модерне фотонске компоненте и системи	10	9
4	Пројектовање интегрисаних кола	10	9
5	Фотонске комуникације	10	9
6	Увод у научни рад	10	6
7	Моделовање полупроводничких ласера	10	9
8	Нелинеарна оптика	10	9
9	Енергетски ефикасне телекомуникационе мреже	10	9
10	Оптоелектронске мерне методе	10	9
	Назив обавезе		
1	Студијски истраживачки рад I		15
2	Студијски истраживачки рад II		15
3	Научно стручни рад		3

Списак публикација кандидата Бојана Пајчина, у складу са нормативима Министарства просвете и науке Србије, је наведен у даљем тексту:

Радови у међународним часописима – M₂₂

- M22.1. B. Pajcin, P. Matavulj, M. Radivojevic: Simulation analysis of energy efficient WDM ethernet passive optical network, DOI 10.1007/s11082-016-0572-4, Optical and Quantum Electronics 48:313 (2016)
(DOI: 10.1007/s11082-016-0572-4, ISSN 0306-8919, IF 1.29)

Радови у међународним часописима

1. Bojan R. Pajčin, Predrag N. Ivaniš - ANALYSIS OF SOFTWARE REALIZED DSA ALGORITHM FOR DIGITAL SIGNATURE, Electronics Journal, ISSN: 1450-5843, Vol. 15, Issue 2, pp. 73-78, December 2011.

Радови на међународним скуповима – M₃₃

- M33.1. Bojan Pajčin, Predrag Ivaniš - SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE DIGITAL SIGNATURE SYSTEM BASED ON HASH FUNCTIONS AND RSA ALGORITHM, INFOTEH-JAHORINA Vol. 10, Ref. E-III-3, pp. 596-600, March 2011. (ISBN 978-99938-624-6-8)
- M33.2. Bojan Pajcin, Petar S Matavulj, Mirjana Radivojevic - MPCP adjusting for improving QoS in Green WDM EPON, 6th International Workshop on Fiber Optics in Access Networks – FOAN 2016, Lisbon – Portugal, pp. 29-34, October 2016. (ISBN 978-1-5090-3319-5)

Радови на међународним скуповима – M₃₄

- M34.1. B. Pajčin, P. Matavulj, M. Radivojević - Simulation analysis of energy efficient WDM Ethernet Passive Optical Network, P.OC.3, p. 161, PHOTONICA2015 - V international school and conference on photonics, 24 August – 28 August 2015, Belgrade, Serbia (ISBN 978-86-7306-131-3)

Радови у часописима националног значаја – M₅₃

- M53.1. Bojan Pajčin, Predrag Mićović, Jasna Crnjanski, Dejan Gvozdić - SIMULACIONA ANALIZA DWDM TRANSPORTNIH MREŽA PROTOKA 40 Gb/s, Telekomunikacije, broj 11, pp. 4-17, Ratel, Jul 2013. (ISSN 1820-7782)

Радови на скуповима националног значаја – M₆₃

- M63.1. Бојан Пајчин, Предраг Иваниш - АНАЛИЗА СОФТВЕРСКИ РЕАЛИЗОВАНОГ ДСА АЛГОРИТМА ЗА ДИГИТАЛНО ПОТПИСИВАЊЕ, 55. Конференција за ЕТРАН, Бања Врућица, р. ТЕ1.4-1-4, 6-9. јуна 2011. (ISBN 978-86-80509-66-2)
- M63.2. Ninko Radivojević, Vladimir Kostić, Bojan Pajčin, Predrag Mićović, Petar Knežević - Primena NG-SDH u *Mobile Backhaul* mrežama, INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, pp. 406-410, March 2012. (ISBN 978-99938-624-8-2)
- M63.3. Rajko Đenić, Pavle Protić, Bojan Pajčin, Vladimir Kostić - JEDNO REŠENJE MULTIFUNKCIONALNE, VIŠENAMENSKE CENTRALNO UPRAVLJAČKE

JEDINICE OTCU IRITEL, Zbornik radova 56. Konferencije za ETRAN, Zlatibor, p. RT3.1-1-4, 11-14. juna 2012. (ISBN 978-86-80509-67-9)

- M63.4. Predrag Mićović, Bojan Pajčin, Vladimir Kostić, Miroslav Ilić, Predrag Ivaniš - Karakteristike zaštitnog kodovanja (FEC) u OTN/DWDM platformi OTP10G IRITEL, INFOTEN-JAHORINA Vol. 12, pp. 332-336, March 2013. (ISBN 978-99955-763-1-8)
- M63.5. Бојан Пајчин, Владимир Костић, Предраг Мићовић, Милан Бјелица – Енергетска ефикасност OTN/DWDM платформе OTP10G IRITEL, INFOTEN-JAHORINA Vol. 13, pp. 461-465, March 2014. (ISBN 978-99955-763-3-2)
- M63.6. Бојан Пајчин, Петар Матавуљ, Мирјана Радивојевић – Уштеде енергије у оптичким WDM EPON мрежама које користе 1Gb/s и 10Gb/s примопредајнике, INFOTEN-JAHORINA Vol. 15, pp. 290-294, March 2016. (ISBN 978-99955-763-9-4)

Индустријски прототип, нови производ – M₈₂

- M82.1. Рајко Ђенић, Владимир Костић, Мирослав Илић, Павле Протић, Бојан Пајчин - КОНТРОЛНО УПРАВЉАЧКА ЈЕДИНИЦА *OT-CMU* ЗА *OTN10G* ПЛАТФОРМУ, У оквиру пројекта TP-32007, 2012.
- M82.2. Предраг Мићовић, Владимир Костић, Рајко Ђенић, Павле Протић, Бојан Пајчин, Нинко Радивојевић - ОПТИЧКА ТРАНСПОРТНА ПЛАТФОРМА *OTP10G* IRITEL, У оквиру пројекта TP-32007, 2012.
- M82.3. Предраг Мићовић, Владимир Костић, Бојан Пајчин, Рајко Ђенић, Нинко Радивојевић, ОМА јединица са EDFA оптичким појачавачима и предпојачавачима, Ирител, у оквиру пројекта TP-32007, 2014.
- M82.4. Предраг Мићовић, Владимир Костић, Бојан Пајчин, Нинко Радивојевић, Рајко Ђенић, *DWDM-8Cх* јединица са филтрима и варијабилним оптичким атенуаторима (*VOA*), Ирител, у оквиру пројекта TP-32007, 2014.

Лабораторијски прототип – M₈₃

- M83.1. Мирослав Илић, Бојан Пајчин, Драган Митић – Софтвер (*Embedded Software*) за надзор, управљање и конфигурисање *DWDM-8Cх* јединице у оквиру *OTN10G* платформе, У оквиру пројекта TP-32007, 2013.

Лабораторијски прототип – M₈₅

- M85.1. Рајко Ђенић, Владимир Костић, Мирослав Илић, Павле Протић, Бојан Пајчин - КОНТРОЛНО УПРАВЉАЧКА ЈЕДИНИЦА *OT-CMU* ЗА *OTN10G* ПЛАТФОРМУ, У оквиру пројекта TP-32007, 2011.
- M85.2. Мирослав Илић, Бојан Пајчин, Павле Протић, Петар Кнежевић – Софтвер (*Embedded Software*) за надзор, управљање и конфигурисање *ОМА-ХУ* јединица, У оквиру пројекта TP-32007, 2013.
- M85.3. Мирослав Илић, Бојан Пајчин, Павле Протић, Петар Кнежевић, Драган Митић – Софтвер (*Embedded Software*) за надзор, управљање и конфигурисање *OT10G-4* јединице, У оквиру пројекта TP-32007, 2014.
- M85.4. Мирослав Илић, Бојан Пајчин, Петар Кнежевић, Драган Митић – Софтвер (*Embedded Software*) за надзор, управљање и конфигурисање *OT10G-12* јединице, У оквиру пројекта TP-32007, 2015.

Дана 26.12.2016. године на Електротехничком факултету у Београду Бојан Пајчин је имао јавни усмени испит о подобности теме и кандидата пред четворочланом комисијом у саставу:

1. Јован Радуновић, редовни професор у пензији, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
2. Мирјана Радивојевић, ванредни професор, Унион Универзитет – Рачунарски факултет,
3. Милан Бјелица, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
4. Предраг Иваниш, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

Комисија је закључила да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације и оценила испит оценом **задовољно**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада кандидата Бојана Пајчина и узимајући у обзир све претходно наведене чињенице, Комисија је стекла увид у способности и научно-истраживачки рад кандидата те констатује да је кандидат:

- Положио све испите и извршио све обавезе предвиђене наставним планом и програмом и тиме остварио 120 ЕСПБ бодова,
- Јавно одбранио тему докторске дисертације 26.12.2016. године пред четворочланом комисијом формираном од стране Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду,
- Током трајања докторских студија активно ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ТР32007,
- Публиковао више радова у научним часописима и научним скуповима из области којој припада предложена тема докторске дисертације чиме је показао квалификације за научни рад и афинитет према теми докторске дисертације.

Стога је став Комисије да кандидат Бојан Пајчин задовољава све услове за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања које ће се реализовати у току рада на дисертацији односи се на енергетски ефикасније режиме рада [1-12] мрежних елементата у Етернет пасивним оптичким мрежама са мултиплексирањем по таласним дужинама (WDM EPON). WDM EPON мрежу чине OLT (*Optical Line Terminal*) јединица која се налази на локацији провајдера сервиса, а која је преко пасивног оптичког раздвајача/сабирача сигнала повезана са више различитих терминалних ONU (*Optical Network Unit*) јединица које се налазе на локацијама крајњих корисника [13-14]. За пренос података се користи по једна таласна дужина за сваког корисника што изискује постојање подесивог примопредајника у свакој ONU јединици. Модификовани модел WDM EPON мреже у оквиру којег су рађена истраживања подржава пренос саобраћаја коришћењем четири таласне дужине: λ_0 , λ_1 , λ_2 и λ_3 [14-15]. Самим тим се у OLT и ONU јединицама имплементирају четири примопредајника фиксних таласних дужина, по један за сваку таласну дужину. Да би систем могао да подржи пренос мултимедијалних апликација у модификованом моделу се имплементира директна подршка за квалитете сервиса тако што се дефинише веза између таласне дужине која се користи за пренос података и класе саобраћаја којој тај податак припада.

Истраживања су заснована на механизмима који најпре уводе мултиплексирање по времену ради преноса саобраћаја ка крајњем кориснику у унапред тачно дефинисаним временским прозорима. На тај начин се омогућује ONU јединици да пре и после додељеног временског прозора буде у неактивном стању [1,2,5,6,7,10], што је само по себи значајна уштеда енергије, јер тада централна процесорска јединица у ONU троши знатно мање енергије негу у активном стању. Следећи механизам за уштеду енергије је да се у неактивном стању ONU јединице искључе оптички примопредајници. Треба поменути да је циљ истраживања фокусиран на повећање трајања неактивног стања ONU јединице, а да се притом не наруши гарантовани квалитет сервиса.

Како би се обезбедио стабилан рад модела мреже, као и енергетски ефикасан рад ONU јединице, неопходно је дефинисати нове параметре који ће информисати ту јединицу о величини и почетку додељеног временског прозора. Због преноса тих нових параметара неопходне су измене у порукама комуникационо-управљачког протокола које размењују OLT и ONU јединице [14-17], али те измене не смеју да угрозе рад старијих ONU јединица које требају да наставе свој рад и у енергетски ефикаснијој мрежи заједно са новим јединицама које имају могућност преласка у неактивни режим рада.

Разматраће се више модела WDM EPON мрежа [14-15] који су поређени у циљу дефинисања оптималног модела у којем је могуће остварити значајне уштеде електричне енергије уз максимално искоришћење пропусног опсега коришћених таласних дужина, а да се притом крајњем кориснику услуга обезбеди гарантовани квалитет сервиса. Значај истраживања се огледа и у дефинисању нових механизма за уштеду електричне енергије и изменама комуникационо-управљачког протокола који се могу применити и у другим типовима приступних оптичких мрежа, а не само у оним који су били предмет истраживања.

Релевантни радови из области истраживања:

- [1] M. P. I. Dias, D. P. Van, L. Valcarenghi, E. Wong: *Energy-efficient framework for time and wavelength division multiplexed passive optical networks*, J. Opt. Commun. Netw. 7(6), 496–504 (2015)
- [2] A. R. Dhaini, P.-H. Ho, G. Shen: *Toward green next-generation passive optical networks*, IEEE Commun. Mag. 49(11), 94–101 (2011)
- [3] B. Schrenk et al.: *Energy-Efficient Optical Access Networks Supported by a Noise-Powered Extender Box*, IEEE J. Sel. Topics in Quantum Elect., Aug. 2010.
- [4] A. Nikoukar, I.-S. Hwang, A. T. Liem, Y.-M. Su: *A New ONU-initiated Doze Mode Energy-saving Mechanism in EPON*, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2015 at Hong Kong, vol. 1 (2015)
- [5] A. Dixit, B. Lannoo, D. Colle, M. Pickavet, P. Demeester: *Energy efficient dynamic bandwidth allocation for Ethernet passive optical networks: overview, challenges, and solutions*, Opt. Switch. Netw. 18(2), 169–179 (2015)
- [6] D. P. Van, L. Valcarenghi, M. Chincoli, P. Castoldi: *Experimental evaluation of a sleep-aware dynamic bandwidth allocation in multi-ONU 10G-EPON testbed*, Opt. Switch. Netw. 14(1), 11–24 (2014)
- [7] S.-W. Wong et al.: *Demonstration of Energy Conserving TDM-PON with Sleep Mode ONU Using Fast Clock Recovery Circuit*, Proc. OFC/NFOEC '10, ser. OthW7, San Diego, CA, Mar. 2010.
- [8] J. Baliga et al., "Energy Consumption in Optical IP Networks", IEEE/OSA J. Lightwave Tech., vol. 27, no. 13, pp. 2391–2403, July 2009
- [9] A. R. Dhaini, P.-H. Ho, and G. Shen: *Energy Efficiency in Ethernet Passive Optical Networks: For How Long Can ONU Sleep?* Univ. of Waterloo tech. rep., Mar. 2011

- [10] J. Zhang and N. Ansari: *Toward Energy-Efficient 1GEPON and 10G-EPON with Sleep-Aware MAC Control and Scheduling*, IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 2, pp. S33–S38, Feb. 2011.
- [11] K. Togashi, H. Nishiyama, N. Kato, H. Ujikawa, K.-I. Suzuki, N. Yoshimoto: *Cross Layer Analysis on ONU Energy Consumption in Smart FiWi Networks*, IEEE Wirel. Commun. Lett., vol. 2, no. 6, pp. 695–698 (2013)
- [12] Y. Lv, N. Jiang, K. Qiu, C. Xue: *Energy-Efficient Load Adaptive Polling Sequence Arrangement Scheme for Passive Optical Access Networks*, J. Opt. Commun. Netw., vol. 7, no. 6, pp. 516–524, June 2015.
- [13] G. Kramer: *Ethernet Passive Optical Networks*, New York: McGraw- Hill Professional Engineering (2005)
- [14] M. Radivojevic, P. Matavulj: *The Emerging WDM EPON*, 978–86-7466-449-0. Academic Mind, Belgrade, Serbia (2012)
- [15] M. Radivojevic, P. Matavulj: *Highly Flexible and Efficient Model for QoS Provisioning in WDM EPON*, J. Opt. Commun. Netw., vol. 5, no. 8, pp. 921–931, August 2013.
- [16] M. P. McGarry, M. Reisslein, M. Maier: *WDM ethernet passive optical networks*, IEEE Commun. Mag. 44(2), 15–22 (2006)
- [17] S. Chen, A. R. Dhaini, P.-H. Ho, B. Shihada, G. Shen, C.-H. Lin: *Downstream-based Scheduling for Energy Conservation in Green EPONs*, J. Commun. 7(5), 400–408 (2012)
- [18] M.P McGarry, M. Reisslein: *Investigation of the DBA Algorithm Design Space for EPONs*, J. Lightw. Technol., vol. 30, no. 14, pp. 2271–2280 (2012)

3. Полазне хипотезе

Истраживачки рад кандидата се заснива на следећим хипотезама:

- Елементи WDM EPON мрежа су непотребно активни све време јер до сваког елемента на локацији корисника стижу пакети свих корисника те мреже, а пропуштају се само они који су намењени једном кориснику. Увођењем адекватног мултиплексирања по времену за *downstream* кориснички саобраћај у WDM EPON мрежама елиминише се потреба за провером заглавља сваког пакета и јављају се периоди неактивности елемената мреже на локацији крајњег корисника.
- Гашењем примопредајника и некоришћењем процесора мрежног елемента може се остварити уштеда електричне енергије у тим елементима WDM EPON мреже, а да се при томе не наруши гарантовани квалитет сервиса.
- Контролисањем параметара поменутих механизма директно се утиче и на параметре квалитета сервиса (нпр. кашњење пакета) и дефинисањем максималних вредности параметара механизма може се пружити кориснику гарантовани квалитет сервиса.
- Применом механизма за уштеду електричне енергије у одређене моделе WDM EPON мрежа постиже се и мања потрошња енергије уз истовремену примену познатих механизма за бољу искоришћеност укупног пропусног опсега.

4. Научне методе истраживања

У циљу добијања резултата примењених механизма пасивна оптичка мрежа са примењеним механизмима је анализирана кроз низ симулација које су направљене коришћењем програмског језика С. Број корисника у симулираној енергетски ефикасној WDM EPON је 64. За генераторе *downstream* и *upstream* саобраћаја коришћено је 65 генератора псеудослучајног броја (један за *downstream* саобраћај генерисан у OLT и 64 за *upstream* саобраћај генерисан у свакој ONU јединици). Пакети се генеришу у зависности од

израчунате расподеле вероватноће генерисања добијене посматрањем протока и величине пакета које захтевају сервис додељени симулираним корисницима. За потребе симулација дефинисано је пет профила услуге коју провајдер пружа крајњим корисницима. Профил који је додељен највећем броју корисника садржи основни пакет услуга као што су широкопојасни приступ интернету брзином 10Mb/s у downstream смеру и 2Mb/s у upstream смеру, једну IP телевизију са SDTV квалитетом канала и једну фиксну телефонску линију. Најмањем броју корисника је додељен најзахтевнији профил који садржи услуге IP телевизију са HDTV квалитетом канала, широкопојасни интернет 50/10 Mb/s, VoD и две фиксне телефонске линије. Остали профили корисника подразумевају сервисе који су по захтеваном пропусном опсегу и кашњењу између основног и најзахтевнијег профила. Симулације су рађене за битске брзине преноса у downstream и upstream смеру од 1Gb/s по свакој таласној дужина.

Током симулација подаци о свим генерисаним пакетима, временима њиховог генерисања, уписивања у бафер, ишчитавања из бафера, одредишту, дестинацији итд. се бележе као излазне вредности симулације. На основу тих података можемо да реконструишемо комплетан саобраћај који је генерисан током симулације ради добијања статистичких параметара. Обрадом тих излазних вредности се добијају статистички подаци о свим параметрима који дефинишу квалитет сервиса, као и активности и неактивности елемената мреже на основу којих се као резултат обраде добије време елемената проведено у неактивном стању, количина уштеђене енергије и податак о оствареном квалитету сервиса током рада мреже у енергетски ефикасном режиму.

5. Очекивани научни допринос

Као резултати овог истраживачког рада очекују се следећи научни доприноси:

- Одредиће се алгоритми и механизми у WDM EPON приступним мрежама чија ће имплементација у елементима мреже довести до знатног смањења (најмање 50%) потрошње електричне енергије тих елемената.
- Дефинисаће се граничне вредности параметара који омогућавају прелазак елемената мреже у енергетски ефикаснији режим, а да се притом не угрози загарантовани квалитет сервиса крајњем кориснику.
- Утврдиће се неопходне промене у постојећем стандардизованом комуникационо-управљачком протоколу (MPCP) како би се омогућио рад нових елемената мрежа са имплементираним механизмима за уштеду електричне енергије заједно са постојећим елементима који немају уграђене такве механизме.
- Развиће се оптималан модел разматрањем увођења механизма за уштеду електричне енергије у моделе WDM EPON приступних мрежа који могу да користе сваку таласну дужину за сваку класу саобраћаја у циљу максималног искоришћења капацитета оптичког влакна, а да се при томе очува квалитет сервиса гарантован крајњем кориснику.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру израде докторске дисертације састоји се из следећих фаза:

- У првој фази рада на докторској дисертацији кандидат треба да се упозна са најновијом релевантном литературом из области пасивних оптичких мрежа, која укључује упознавање са топологијама мрежа, функционалностима елемената

мреже, потрошњама електричне енергије тих елемената, контролно-комуникационим протоколом, генерисањем и природом корисничког саобраћаја, итд. Потом, кандидат треба да упозна литературу везану за квалитет саобраћаја, класе саобраћаја, параметре који су битни за одређивање квалитета сервиса и њихове вредности по класама. Коначно, да би кандидат предложио механизме за уштеду електричне енергије у пасивним оптичким мрежама потребно је да се упозна са тренутним истраживањима на том пољу као и техникама и механизмима које предлажу други истраживачи.

- Друга фаза подразумева предлог механизма за уштеду електричне енергије у четвороканалним WDM EPON мрежама, израду математичког модела параметара који дефинишу квалитет саобраћаја и преглед неопходних измена у контролно-комуникационом протоколу (MPCP) ради обезбеђивања преноса неопходних информација које омогућавају елементима мреже да пређу у енергетски ефикаснији режим рада.
- Следећа фаза обухвата израду симулације четвороканалне WDM EPON мреже у којој се примењују механизми за уштеду електричне енергије. У мрежи која се симулира у овој фази користи се по једна таласна дужина за пренос једне класе саобраћаја.
- Наредна фаза обухвата симулације четвороканалне WDM EPON мреже са имплементираним механизмима за уштеду електричне енергије у којој се користи свака доступна таласна дужина за пренос сваке класе саобраћаја.
- Последња фаза подразумева обраду симулацијама добијених резултата, њихову детаљну анализу и међусобно поређење резултата различитих модела WDM EPON-а са дефинисањем оптималног модела.

Структура докторске тезе ће у великој мери пратити наведене фазе истраживања.

7. Закључак и предлог

Након свих претходно наведених чињеница и стечене слике о теми докторске дисертације и кандидату Комисија закључује да кандидат Бојан Пајчин испуњава све услове да спроведе истраживање и да је способан да реализује докторску дисертацију на предложеној тему „Енергетски ефикасне Етернет пасивне оптичке мреже базиране на мултиплексирању по таласним дужинама“.

Пошто представљени садржаји и планирана истраживања припадају областима актуелних научних истраживања, а очекивани научни доприноси су значајни у домену уштеде енергије у приступним оптичким мрежама и унапређењу истих, Комисија је сагласна да је предложена тема подобна за докторску дисертацију. Комисија констатује да предложена тема припада ужим научним областима: Физичка електроника и Телекомуникације, подобласт Оптичке мреже, и да је Електротехнички факултет у Београду матичан за ову научну област, те за ментора израде докторске дисертације предлагаје др Петра Матавуља, редовног професора Електротехничког факултета у Београду. Уз извештај се прилаже списак радова проф. др Петра Матавуља који га квалификују за ментора.

У закључку овог извештаја, имајући у виду све раније наведено, Комисија предлагаје Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату Бојану Пајчину одобри израду докторске дисертације под насловом „**Енергетски ефикасне Етернет пасивне оптичке мреже базиране на мултиплексирању по таласним дужинама**“.

У Београду, 29.12.2016. год.

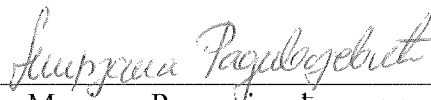
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Петар Матавуљ, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



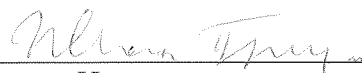
др Јован Радуновић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирјана Радивојевић, ванредни професор
Универзитет Унион – Рачунарски факултет



др Милан Бјелица, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Предраг Иваниш, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет