



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •

Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

БР. 163/7

ДАТУМ 31. 7. 2011

БЕОГРАД

Универзитет у Београду
Већу научних области техничких наука

З А Х Т Е В

За давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно чл.46 ст.5.тач.4 Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Стратегија метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама“ коју је пријавио кандидат мр Павле Вулетић.

Научна област: електротехника

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата
Мр ПАВЛЕ (ВОЈИСЛАВ) ВУЛЕТИЋ
- Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање
Електротехнички факултет у Београду
- Година дипломирања: **1996.године**
- Назив магистарске тезе кандидата
„Виртуелне приватне мреже реализоване помоћу IP sec скупа протокола“
- Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена
Електротехнички факултет Универзитета у Београду
- Година одбране магистарске тезе: **2001.године**
- Назив факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /
- Одсек, смер или група: /
- Година завршетка докторских студија: /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Електротехничког факултета на седници одржаној 25.01.2011.године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем
- Акт надлежног тела Факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

ДЕКАН
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др. Миодраг Поповић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ • ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73 • 11000 Београд • Република Србија •

Тел. 011/324-8464 • Факс: 011/324-8681

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Бр. 850

ДАТУМ 25. 1. 2011.

БЕОГРАД

На основу чл.128 Закона о високом образовању и чл.66 и чл.68 Статута Електротехничког факултета у Београду, Наставно-научно веће на седници од 25.01.2011.године, донело је

ОДЛУКУ

О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Прихвата се тема докторске дисертације под насловом:
„Стратегија метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама“ коју је пријавио мр Павле Вулетић.

За ментора је именован др Зоран Јовановић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.



ДЕКАН
Електротехничког факултета

др Миодраг Поповић



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ



Студентски трг 1, 11000 Београд, Република Србија
Тел.: 011 3207400; Факс: 011 2638912; E-mail: officebu@rect.bg.ac.yu

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Zoran Jovanović

Звање: Redovni profesor

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. N. Jovanović, R. Popović, Z. Jovanović, WNetSim: A WEB-BASED COMPUTER NETWORK SIMULATOR, IEEE (International Journal of Electrical Engineering Education), Volume 46, Number 4, October 2009, pp. 383-396(14).
2. Slavko Gajin, Zoran Jovanović: "Explanation of Performance Degradation in Turn model", Journal of Supercomputing, Volume 37, Issue 3 (September 2006)
3. Branko Marović, Zoran Jovanović: "Web-based Grid-enabled Interaction with 3D Medical Data", Future Generation Computer Systems, Volume 22, Issue 4, March 2006, Pages 385-392.
4. Milićev, D., Jovanović, Z., "Control Flow Regeneration for Software Pipelined Loops with Conditions," International Journal of Parallel Programming, Vol. 30, No. 3, June 2002, pp. 149-179
5. Jovanović, Z., Marić S., "A heuristic algorithm for dynamic task scheduling in highly parallel computing systems", Future Generation Computer Systems, North Holland Elsevier, Vol 17/6, pp 721-732, 2001.,

(навести најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује од 01.01.2010. године).



ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

[Signature]

Ag. 12 4.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

На 726. седници Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду одржаној 21.12.2010. године, одређени смо за чланове Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације мр Павла Вулећића, дипл. инж. електротехнике под насловом „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама“. Након прегледа добијеног материјала, Наставно-научном већу Електротехничког факултета подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

Павле Вулећић је рођен 26.11.1972. у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је 1996. на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на Одсеку за електронику, телекомуникације и аутоматику, смер Електроника, са просечном оценом током студија 9.02 и оценом 10 на дипломском раду под називом „Поправка квалитета слика добијених трансформационим кодовањем“ (ментор проф Миодраг Поповић). На Електротехничком факултету Универзитета у Београду је 2001. године одбранио магистарску тезу под називом "Виртуелне приватне мреже реализоване помоћу IPsec скупа протокола" (ментор проф Зоран Јовановић), чиме је стекао звање магистра.

Од децембра 1996. године, до априла 1998. године радио је као стипендиста Министарства за науку Републике Србије у Институту Михајло Пупин, у лабораторији за рачунарске системе. Од априла 1998. године до данас, запослен је у Рачунарском центру Универзитета у Београду као водећи инжењер у пословима рачунарских комуникација. Као члан тима за комуникациону подршку учествовао је у изради великог броја пројеката из области рачунарских мрежа, на текућим пословима одржавања и развоја Академске мреже Србије као и у више међународних FP5 и FP6 пројеката (SEEREN, SEEREN2, SEEFIRE). У оквиру SEEFIRE пројекта је водио један радни задатак који се бавио техничком анализом „dark fibre“ технологија. Од априла 2009. води истраживачки задатак у оквиру европског FP7 GN3 пројекта који се бави принципима управљања и контроле вишedomенских мрежних сервиса. Области интересовања су рачунарске мреже, методе активног мерења, статистичке особине саобраћаја у рачунарским мрежама и методе управљања комплексним рачунарским мрежама.

Неки резултати досадашњих истраживања су публиковани у више радова у часописима, монографијама и међународним конференцијама у иностранству од којих је један у часопису са импакт фактором. У току досадашњег рада као аутор је објавио следеће главне научне радове:

1. P. Vuletić, J. Protić, „Self-similar cross-traffic analysis as a foundation for choosing among active available bandwidth measurement strategies“, *Computer Communications*, DOI: 10.1016/j.comcom.2010.10.016
2. P. Vuletić, A. Sevasti, „A Network Management Architecture proposal for the GÉANT NREN environment“, објављено у „Living the network life“, The 26th Trans European Research and Education Networking Conference, May 31 - June 3, 2010, Vilnius Lithuania, Selected Papers, ISBN 978-90-77559-20-8

3. P. Vuletić, Đ. Vulović, Z. Jovanović, „CWDM technology in Serbian Research and Education Network“, RoEduNet conference 2004, Timisoara, Romania, Transactions on Automatic Control and Computer Science, vol 49(63), pp. 25-30, 2004, ISSN 1224-600X
4. Z Jovanović, S. Gajin, M. Bukvic, P. Vuletic, Dj. Vulović „The Optical NREN of Serbia and Montenegro - New Solutions in Infrastructure and Monitoring“, u "One step ahead", The 20th Trans European Research and Education Networking Conference, June 7-10, 2004, Rhodes, Greece, Selected Papers, ISBN 90-77559-04-3, <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/tnc/tnc2004.html>

На основу досадашњег стручног рада и публикованих научних резултата уочава се да је кандидат мр Павле Вулетић квалификован за рад на истраживању у области активне процене параметара рачунарских мрежа и за израду докторске дисертације на предложеној тему.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања је област активних мерења у рачунарским мрежама. У овој области истраживања се појавио велики број радова у последњих десетак година који описују различите алате или методе активне процене параметара рачунарских мрежа. Ове методе процењују вредности појединих мрежних параметара (најчешће капацитет и доступни пропусни опсег) на путањи између извора и одредишта саобраћаја, тако што се кроз мрежу од извора ка одредишту шаљу низови тестних пакета. При томе се користе низови са специфичним предефинисаним: расподелама времена између полазака тестних пакета и величина пакета. Услед интеракције низова тестних пакета са осталим саобраћајем у мрежи, мењају се почетне расподеле. На основу разлика статистичких особина послатих низова и низова на пријемној страни може се доћи до процене жељених параметара. Постојање великог броја различитих метода и алата за активну процену пропусног опсега указује на то да још увек није пронађен довољно поуздан начин за процену. То потврђују и експерименталне верификације рада ових алата које често указују на велике грешке у процени. Разлога за непоуздан рад активних метода за процену мрежних параметара има више. Они су мање последица техничких ограничења уређаја који врше мерење, а далеко више последица специфичне статистичке природе саобраћаја који се среће у рачунарским мрежама.

У досадашњим радовима статистичка природа саобраћаја у рачунарским мрежама није довољно узимана у обзир приликом дизајна алата за активно надгледање. Досадашњи алати су се углавном заснивали на хеуристикама које користе једноставне механизме процесирања пакета у уређајима, без посебне теоријске анализе рада ових механизма, и на претпоставкама које не одговарају ономе што се дешава у реалним условима. Потпуно разумевање процеса чији се параметри процењују активним мерењем је неопходно за реализацију поузданих алгоритама за процену доступног пропусног опсега, али и за одређивање крајњих домета и генералних ограничења метода активне процене мрежних параметара.

Конкретан предмет истраживања је анализа утицаја различитих стратегија слања тестних низова пакета на тачност добијене процене доступног пропусног опсега на путањи. Доступан пропусни опсег је једнак минимуму појединачних разлика капацитета веза дуж путање и количина саобраћаја на тим везама. Зато је проблем анализе метода активне процене пропусног опсега могуће и потребно посматрати као проблем анализе одабирања случајног процеса количине саобраћаја на појединачним везама, што до сада није чињено.

Већ петнаестак година модели који у великом броју случајева тачно описују статистичке особине количине саобраћаја у рачунарским мрежама су модели себи-сличних (*self-similar*)

случајних процеса односно процеса са дуготрајном зависношћу између вредности процеса (*long-range dependence*). У литератури је применљивост ових модела најчешће анализирана и потврђена у пракси на временским скалама реда величина од 100ms до реда једног или више дана. Са друге стране, пожељне особине метода активне процене пропусног опсега су брзина добијања процене и ненападност (*non-intrusiveness*). Зато се временске скале од значаја за анализу активних метода процена пропусног опсега крећу од времена серијализације пакета, које је нпр. за гигабитски линк реда десетак микросекунди, до неколико минута. На тим временским скалама постају значајни и другачији модели као што су би-скалирање или мултифрактално скалирање. Анализа активних метода процене пропусног опсега мора да обухвати анализу процеса количине саобраћаја на малим временским скалама и њен утицај на начине слања тестних низова. Постојећа литература ове врсте анализа не третира на задовољавајући начин. Резултати теоријске анализе послужиће као основа за развој алгорита за процену доступног пропусног опсега.

Циљеви истраживања су: 1) развој математичког модела одређивања тачности активне процене пропусног опсега добијене различитим стратегијама одабирања себи-сличних случајних процеса, 2) анализа применљивости овог модела на реалан саобраћај за мале временске скале и 3) предлог генерализоване методе за процену доступног пропусног опсега засноване на развијеном аналитичком моделу, која треба да обезбеди већу робусност метода активне процене пропусног опсега.

Осврт на релевантне библиографске изворе

У последњих десетак година се појавио велики број метода за активну процену појединих мрежних параметара описаних у радовима, попут: Pathrate [1], Nettimer [2], AbwE [3], Pathload [4][5], spruce [6], PathChirp[7], btrack [8][9], cprobe [10], TOPP [11], IGI/PTR [12], Traceband [13], BART [14][15], методе засноване на слању тестних низова пакета у складу са Пуасоновом расподелом [16-18]. Међутим, експериментална евакуација рада ових алата и метода је показала да не поседују довољну тачност у различитим мрежним окружењима [19-21]. Све ово указује на актуелност проблема чија се анализа предлаже.

Полазна хипотеза је да је главни узрок за нетачност рада алата за активну процену доступног пропусног опсега занемаривање варијабилне статистичке природе случајног процеса количине саобраћаја. Овај процес се најчешће моделује као себи-сличан случајни процес, а кључни рад у којем је ово показано је [22]. Слични налази су потврђени и у каснијим радовима [23][24], док је у [25] показано различито понашање статистичких особина количине саобраћаја на различитим временским скалама.

Релативно мало пажње је у литератури посвећено објашњењима утицаја статистичких особина саобраћаја у рачунарским мрежама на тачност активних мерења. Посредно то је рађено у радовима [26-29] кроз анализе начина одабирања саобраћаја. Међутим или анализа није била комплетна или је била намењена решавању неких других проблема попут анализе одабирања података о токовима у мрежи.

- [1] C. Dovrolis, P. Ramanathan, D. Moore, „Packet dispersion techniques and a capacity estimation methodology“, IEEE Transactions on networking, Vol 12 No6, December 2004.
- [2] K. Lai, M. Baker, „Measuring Link Bandwidth Using a Deterministic Model of Packet Delay“, Proceedings of ACM SIGCOMM, 2000, pp. 283-294.

- [3] Navratil J, Cotrell L, "ABwE: A Practical Approach to Available Bandwidth Estimation", Passive and Active Measurement Workshop PAM 2003, San Diego, USA, March 2003
- [4] Jain M, Dovrolis C, "Pathload: a measurement tool for end-to-end available bandwidth", Passive and Active Measurement Workshop PAM 2002, Fort Collins, USA, March 2002
- [5] S.Kang, D. Loguinov, „IMR-Pathload: Robust available bandwidth estimation under end-host interrupt delay“, Proceedings of 9th International Conference PAM 2008, Cleveland, April 2008. p. 172-181
- [6] Sommers J, Barford P, Willinger W, „A Proposed Framework for Calibration of Available Bandwidth Estimation Tools“, Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Computers and Communications, 2006. ISCC '06. , pp 709 - 718, DOI 10.1109/ISCC.2006.15
- [7] Ribeiro V., Riedi R. Baraniuk R., Navratil J, Cottrell L., „PathChirp: Efficient Available Bandwidth Estimation for Network Paths“, Passive and Active Measurements Workshop, San Diego, USA, 2003
- [8] K-J Park, H Lim, J.C. Hou, C-H. Choi, „Feedback-assisted robust estimation of available bandwidth“, Computer Networks, Volume 53, Issue 7 (2009) p 896-912.
- [9] K-J Park, H Lim, C-H. Choi, „Stochastic Analysis of packet-pair probing for network bandwidth estimation“, Computer Networks, Volume 50, Issue 12, (2006), pp 1901-1915.
- [10] Strauss J. Katabi D., Kaashoek F, "A Measurement Study of Available Bandwidth Estimation Tools", The Internet Measurements Conference, Florida, 2003
- [11] Melander B, Bjorkman M, Gunningberg P, "A new end to end probing and analysis method for estimating bandwidth bottlenecks", *Global Telecommunications Conference, 2000. GLOBECOM '00. IEEE*, Vol. 1 (2000), pp. 415-420 vol.1
- [12] N. Hu, P Steenkiste, „Evaluation and Characterization of Available Bandwidth Probing Techniques.“, *IEEE JSAC Special Issue in Internet and WWW Measurement, Mapping, and Modeling*, Vol. 21(6), Aug. 2003.
- [13] C. Guerrero, M. Labrador, „Traceband: A fast, low overhead and accurate tool for available bandwidth estimation and monitoring“, Computer Networks, Volume 54, Issue 6 (2010), pp 977-990.
- [14] S. Ekelin, M. Nilsson, E. Hartikainen, A. Johnsson, J. Mangs, B. Melander, M. Bjorkman, „Real-Time Measurement of End-to-End Available Bandwidth using Kalman filter“, Proceedings of the 10th IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS 2006), 3-7 April 2006, Vancouver, Canada (2006)
- [15] E. Bergfeldt, S. Ekelin, J. Karlsson, „Real-time available-bandwidth estimation using filtering and change detection“, Computer Networks, Volume 53, Issue 15 (2009), pp 2617-2645.
- [16] Seung Yeob Nam, Lee S, Kim H., „Estimation of Available bandwidth of a Remote Link or Path Segments“, Carnegie Mellon Technical report CMU-CyLab-06-012
- [17] X. Hei, B. Benasou, D. Tsang, „Model-based end-to-end available bandwidth inference using queueing analysis“, Computer Networks, Volume 50, Issue 12 (2006) p 1916-1937.

- [18] X. Hei, B. Benasou, D. Tsang, „Available bandwidth measurement using Poisson probing on the Internet“, Proceedings of the 23rd IEEE International Performance Computing and Communications conference, IPCCC 2004, Phoenix AZ, 2004, pp 207-214.
- [19] G. Urvoy-Keller, T. En-Najjary, A. Sorniotti, „Operational Comparison of Available Bandwidth Estimation Tools“, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol 38, Number 1, pp 39-42, 2008.
- [20] L. Angrisani, S. D'Antonio, M. Esposito, M. Vadrusi. „Techniques for available bandwidth measurement in IP networks: A performance comparison“, Computer Networks 50 (2006) p 332-449
- [21] A. Shriram, M. Murray, Y. Hyun, N. Brownlee, A. Broido, M. Fomenkov, K. C. Claffy, „Comparison of Public End-to-end Bandwidth Estimation Tools on High-Speed Links“, Proceedings of Passive and Active Measurement Conference PAM 2005, and Springer Lecture notes in computer science, Vol 3431, pp. 306-320, 2005
- [22] W. E. Leland, M. S. Taqqu, W. Willinger, D. V. Wilson, „On the Self-similar nature of Ethernet traffic (extended version),“ IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 2, pp. 1-15, 1994.
- [23] M. Garret, W. Willinger, „Analysis, Modeling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic“ ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 24 , Issue 4 (October 1994) P. 269 – 280, 1994
- [24] V. Paxson, S. Floyd, „Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling“, IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 3, pp. 226-244, 1995.
- [25] D. Veitch, N. Hohn, P. Abry, „Multifractality in TCP/IP traffic: the case against“, Computer Networks, Volume 48, Issue 3, 21 June 2005, Pages 293-313
- [26] X. Liu, K. Ravindran, D. Loguinov, „A Queueing-Theoretic Foundation of Available Bandwidth Estimation: Single-Hop Analysis“, IEEE/ACM Transactions on networking, Vol 15, No 4, pp. 918 – 931, August 2007
- [27] X. Liu, K. Ravindran, D. Loguinov, „A Stochastic Foundation of Available bandwidth Estimation: Multi Hop Analysis“, IEEE/ACM Transactions on networking, Vol 16, No 1, pp. 130 – 143, February 2008.
- [28] G. He, J.C. Hou, „On sampling self-similar Internet traffic“, Computer Networks 50 (2006) 2919-2936
- [29] M. Jain, C. Dovrolis, „Ten fallacies and pitfalls on end-to-end available bandwidth estimation“, Proceedings of the 4th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement, October 25-27, 2004, Taormina, Sicily, Italy

3. Полазне хипотезе

У раду се полази од хипотезе да је основни узрок за непрецизан рад постојећих алата за активну процену доступног пропусног опсега занемаривање варијабилне статистичке природе случајног процеса количине саобраћаја у рачунарској мрежи, а да је за дизајн методе за процену кључно да се изврши анализа различитих стратегија одабирања овог процеса. Случајни процес количине саобраћаја у рачунарским мрежама се моделује као себи-сличан

случајни процес, тако да је нужно да се теоријски испитају различите стратегије процене средње вредности овог случајног процеса из узорак узиманих на различите начине. Ово у суштини своди проблем активне процене доступног пропусног опсега на проблем процене средње вредности популације случајног процеса из узорак добијених различитим стратегијама узорковања. Наравно, за практичну примену у рачунарским мрежама неопходно је да се анализира и применљивост ове анализе у реалним условима уз ограничења која постоје.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања у оквиру предложене докторске дисертације састојаће се од:

- компаративне анализе и класификације постојећих алата за процену доступног пропусног опсега. Анализа ће укључити основне механизме рада и тачност у различитим мрежним окружењима, као и њихову класификацију на основу карактеристика као што су дужине тестних низова и њихов број.
- развоја математичког модела који показује утицај начина одабирања оваквих процеса на тачност процене доступног пропусног опсега. Овај модел представља основу за развој алгоритма за процену доступног пропусног опсега, а показује утицај параметара као што су трајање тестних низова, растојање између њих и њихов број на тачност процене доступног пропусног опсега.
- анализе статистичких особина неколико висококвалитетних јавно доступних низова саобраћаја снимљених на различитим тачкама на Интернету коришћењем *wavelet* трансформације. Посебан акценат ће бити стављен на анализу веома малих временских скала. Циљ овог дела рада је да се покаже за које временске скале је претходно развијени математички модел исправан и које су то минималне дужине тестних низова пакета за које се добијају задовољавајући резултати процене.
- верификације применљивости претходно изведеног математичког модела у реалним условима, са реалним саобраћајем, на временским скалама релевантним за методе активне процене доступног пропусног опсега
- дизајна алгоритма за процену доступног пропусног опсега на основу претходних теоријских резултата
- анализе применљивости различитих начина експерименталне верификације алата за активну процену доступног пропусног опсега
- експерименталне верификације алгоритма у строго контролисаном лабораторијском окружењу са реалним уређајима и реалним саобраћајем.

5. Очекивани научни допринос

Основни доприноси који се очекују од рада на тези су:

- Теоријско објашњење ограничења постојећих метода за процену доступног пропусног опсега и разлога за њихов непоуздан рад
- Анализа граница генералне применљивости и тачности метода активне процене доступног пропусног опсега
- Предлог новог алгоритма за активну процену доступног пропусног опсега на основу теоријске анализе

- Одређивање минималне временске скале појединачног тестног низа на основу претходне теоријске анализе и статистичке анализе постојећих јавно доступних низова пакета на временским скалама значајним за проблем активне процене доступног пропусног опсега.

6. План истраживања и структура рада

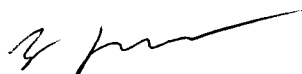
На почетку рада ће бити дата компаративна анализа и класификација постојећих алата за активну процену појединих параметара мреже. У другом поглављу ће бити дат преглед особина себи-сличних случајних процеса. Такође ће бити дати описи практичних метода за детекцију себи-сличности у случајном процесу и генерисање ових процеса. У трећем делу је дат опис математичког модела који показује утицај начина одабирања оваквих процеса на тачност процене доступног пропусног опсега. Модел је у овом делу верификован симулацијом на примеру фракционог Гаусовог шума. У четвртм делу ће бити описане статистичке особине појединих снимљених низова пакета са Интернета на временским скалама од значаја за проблем активне процене доступног пропусног опсега. У овом делу ће бити извршена верификација постављене хипотезе о утицају природе саобраћаја на тачност мерења, а такође ће бити и одређене границе њене применљивости. У петом делу је дат предлог једног алгоритма за процену доступног пропусног опсега, а његова верификација је у шестом делу рада.

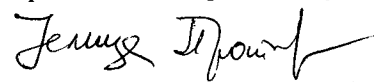
7. Закључак и предлог

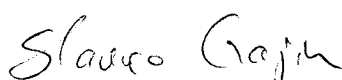
На основу изложеног, Комисија констатује да кандидат испуњава све формалне и суштинске услове за приступање изради докторске дисертације, као и да је предложена тема „Стратегије метода активне процене доступног пропусног опсега на путањама у рачунарским мрежама” научно актуелна у домену метода надгледања и управљања рачунарским мрежама. Зато Комисија предлаже Научно-наставном већу Електротехничког факултета у Београду да кандидату мр Павле Вулетићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом.

У Београду, 20.01.2011. године

Комисија:


Др. Зоран Јовановић, редовни професор


Др. Јелица Протић, ванредни професор


Др. Славко Гајин, доцент