

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

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



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

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

ДЕКАН

14.07.2023. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата **маст. инж. Данијела Чабаркапе** под насловом „**Нова метода детекције DDoS напада применом софтверски дефинисаних мрежа**“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу, и могу се погледати до **13.08.2023. године**.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан

Проф. др Драган Манчић

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Чабаркапа Драгиша Данијел	ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ
Датум и место рођења	8. јун 1969. Пријепоље	
Основне студије		Примљено 14.07.2022
Универзитет	Универзитет у Новом Саду	Број
Факултет	Факултет техничких наука	07/03-017/23-04
Студијски програм	Електроника и телекомуникације	
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике	
Година уписа	1988	
Година завршетка	1996	
Просечна оцена	6.96	

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Новом Саду
Факултет	Факултет техничких наука
Студијски програм	Енергетика, електроника и телекомуникације
Звање	Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства - мастер
Година уписа	2008
Година завршетка	2008
Просечна оцена	/
Научна област	Електротехничко и рачунарско инжењерство
Наслов завршног рада	Анализа карактеристика зрачења мултимодних ласерских диода различитих конструкција

Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Електротехника и рачунарство (модул: Рачунарство и информатика)
Година уписа	2010
Остварен број ЕСПБ бодова	400
Просечна оцена	10.00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Нова метода детекције DDoS напада применом софтверски дефинисаних мрежа
Име и презиме ментора, звање	проф. др Дејан Ранчић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ број 8/20-01-004/22-030 у Нишу, 01.06.2022.

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	131
Број поглавља	10
Број слика (шема, графикона)	30
Број табела	10
Број прилога	1
Број библиографских јединица	159

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

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>D. Ćabarkapa, D. Rancic, "Performance Analysis of Ryu-POX Controller in Different Tree-Based SDN Topologies," <i>Advances in Electrical and Computer Engineering</i>, vol.21, no.3, pp.31-38, 2021, doi:10.4316/AECE.2021.03004.</p> <p><i>У раду је извршена анализа перформанси SDN контролера типа RYU и POX. Анализа је реализована за SDN мреже засноване на топологији стабла различите сложености. Симулација је спроведена у Mininet емуляционом софтверу. Параметри за оба контролера који су упоређивани су латенција и пропусни опсег. Извршено је поређење добијених резултата са параметрима TCP/IP мреже идентичне топологије. Добијени резултати су показали да је RYU контролер погоднији за једноставније SDN топологије, док је бржи одзив и већи пропусни опсег добијен за POX контролер примењен у сложеној SDN топологији, али уз веће хардверске захтеве процесора и меморије контролера.</i></p>	M23
2	<p>Ćabarkapa, D., Rančić, D., Pavlović, P., & Milićević, M. (2022). Investigating The Impact of Tree-based Network Topology on the SDN Controller Performance. <i>Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics</i>, 1(1), 025-035. doi:https://doi.org/10.22190/FUACR211223003C</p> <p><i>У оквиру овог рада извршена је симулација ONOS и RYU контролера и поређење њихових мрежних параметара за сложене и прилагођене топологије засноване на топологији стабла. Мрежне топологије су софтверски креиране Python програмским кодом, а реализоване у Mininet емулятору. Резултати симулација су показали да ONOS контролер показује боље резултате од RYU, према параметрима пропусности, брзине преноса пакета и кашњења. Анализа резултата симулација такође показује да ONOS може ефикасније да одговори на захтеве сложених SDN топологија са великим мрежним оптерећењем, док RYU контролер даје боље резултате за мање сложене SDN мреже.</i></p>	M24
3	<p>D. Ćabarkapa, Dejan Rančić „A survey on topology-based message broadcast schemes in vehicular networks“, <i>Scientific Journal Facta Universitatis</i>, Vol.15, No.1, 2016, pp. 53-69, UDC ((007.91:621.39):004.7 VANET)</p> <p><i>У овом прегледном раду извршена је класификација, анализа и поређење најзначајнијих емисионих протокола за прослеђивање сигурносних порука у мрежама возила (VANETs) заснованих на мрежним топологијама. За сваки од протокола (sSBR, eMDR, DV-CAST, VDF, JSF, NJL, CLBP) су приказани алгоритми механизма прослеђивања емисионих порука, уз објашњење начина избора мрежних чворова (локација, број или удаљеност међу возилима, топологија путне мреже, модел мобилности возила или физичке карактеристике канала за пренос порука). Такође, за сваки протокол приказане су најзначајније предности и недостаци прослеђивања порука. Рад представља добру основу за процес креирања нове класе протокола за прослеђивање сигурносних порука у мрежама возила.</i></p>	M24
4	<p>D. Ćabarkapa, B. Popović, P. Ćisar, K. Kuk „Analysis of DDoS Attack Detection Techniques for Securing Software-Defined Networks“, XII International Scientific Conference Archibald Reiss Days, University of Criminal Investigation and Police Studies, Belgrade, 2022.</p> <p><i>У раду су разрађени безбедносни аспекти виртуелизације као основног концепта SDN мрежа. Рад представља анализу техника за детекцију DDoS напада у SDN мрежама. У првом делу описана је SDN архитектура, а затим су презентоване технике детекције DDoS напада. У другом делу детаљно су описани типови и категорије решења за детекцију према техникама или методологији. Посебан приступ посвећен је методама детекције DDoS напада засноване на принципима ентропије и машинског учења. Овај рад се углавном фокусира на ове две технике детекције и сумира њихове предности и недостатке, али и даје смернице за будућа истраживања у вези са техникама детекције DDoS напада у савременим SDN мрежама.</i></p>	M14
5	<p>D. Ćabarkapa, O. Pronić Rančić, D. Rančić „DDoS Attack Detection in Software-Defined Networks Based on Multiple Entropy“, 28 IKT Konferencija YUINFO 2022, 13-16. mart 2022, Zbornik radova ISBN 978-86-85525-27-8</p>	

	<p><i>Ovaj rad analizira metodu detekcije DDoS napada zasnovanu na višestrukoj entropiji, koja detektuje napade merenjem slučajnosti mrežnih događaja. Prikazani metod koristi prednosti kombinovane Informacione entropije (IE) i LogEnergy entropije (LEE). Rezultati simulacije pokazuju da je vrednost kombinovane entropije tokom DDoS napada 91% niža u odnosu na vrednost entropije za standardni mrežni saobraćaj. U poređenju sa drugim metodama detekcije baziranim na entropiji, predloženo rešenje ima značajne prednosti i predstavlja brz i efikasan model detekcije DDoS napada.</i></p>	M33
6	<p>D. Ćabarkapa, D. Rancic, "Software-Defined Networking: The Impact of Scalability on Controller Performance," 2022 IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC), 2022, pp. 17-21, doi: 10.1109/ZINC55034.2022.9840729.</p> <p><i>U ovom radu izvršeno je istraživanje skalabilnosti kontrolne ravni složenih softverski definisanih mreža (SDN) i analiziran uticaj veličine topologije na skalabilnost. Analizirana je arhitektura SDN mreže sa više kontrolera. Rad prvenstveno analizira skalabilnost RYU kontrolera, kao jednog od najviše korišćenih u SDN mrežama. Izvršena je procena performansi RYU kontrolera u smislu protoka i kašnjenja za slučaj jednog ili više povezanih kontrolera. Eksperimentalni rezultati pokazuju da topologija sa više kontrolera bolje upravlja mrežnim saobraćajem u odnosu na topologiju sa jednim kontrolerom. Na kraju, razmatrana su istraživačka pitanja vezana za skalabilnost kontrolne ravni SDN mreža.</i></p>	M33
7	<p>D. Ćabarkapa, P. Pavlović, D. Rančić „Experimental Analysis of SDN Controller Scalability by Using Mininet Emulations“, 12th International Scientific Conference SED 2021, Science and Higher Education in Function of Sustainable Development , October 2021.</p> <p><i>Ovaj rad predstavlja eksperimentalnu analizu uticaja topologije SDN mreže na skalabilnost kontrolera. Simulacija je realizovana u mrežnoom emulatoru Mininet, za četiri mrežna scenarija i sa RYU kontrolerom. Kao parametar za poreђење skalabilnosti analiziran je TCP propusni opseg mrežnog saobraćaja kontrolera za svaki scenario. Za najkompleksniju SDN topologiju dobio je manji propusni opseg za 23,7% u odnosu na najjednostavniju topologiju. Pokazano je da je skalabilnost RYU kontrolera dominantnija za manje kompleksne SDN mreže, i da njegove performanse zavise od algoritma koji koristi za komunikaciju sa svichevima, kao i hardvera za procesiranje paketa podataka.</i></p>	M33
8	<p>D. Ćabarkapa, D. Rančić, I. Grujić, M. Mijić „Towards software-defined vehicular networks: Recent achievements“ ITRO 2018, Proceedings of papers, IX International Conference on Information Technology and Development of Education ITRO 2018, June 2018 Zrenjanin, Republic of Serbia, pp. 37-42, ISBN: 978-86-7672-310-2,</p> <p><i>Ovaj rad predstavlja strukturni prikaz najznačajnijih pravaca razvoja SDVN mreža, definisanih kao simbioza dve komunikacione tehnologije: softverski definisanih mreža i mreža vozila. Rad se prvenstveno fokusira na aktuelne pravce istraživanja i značajne aspekte implementacije novih rešenja u ovoj oblasti. Prikazan je detaljan pregled najznačajnijih rešenja (NDN, HetVNET, DeVANET, dSDiVN, heterogene VANET mreže), sa opisom tipa njihove arhitekture i pregledom protokola i komponenti mrežnog frameworka.</i></p>	M33
9	<p>D. Ćabarkapa, P. Pavlović „Design and Analysis of Realistic Vehicle Traces Model based on the Evolutionary Algorithms“ ICEST 2016 Proceeding of Papers, 51st International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, 28 - 30 June 2016, Ohrid, Macedonia, pp. 53-56, ISBN: 978-9989-786-78-5</p> <p><i>U ovom radu je predstavljen jedan pristup realizacije realnih puta vozila generisanih metahеуристичким популационим еволуционим алгоритмом (EA), као делом модела мобилности возила. Решење користи EA алгоритам као део макроскопског модела мобилности возила, са параметрима типа избора зоне, локације и области атрактивности возила. Fitness функцијом EA алгоритма дефинисано је у којој мери се генерисане путање возила поклапају са путањима стварног саобраћаја. Добијена расподела путања возила са одговарајућим рутама формира излаз EA алгоритма, који се даље ефикасно користи као улазни параметар SUMO симулатора саобраћајне мреже.</i></p>	M33

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

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

ДА НЕ

На основу Извештаја комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступка за пријаву докторске дисертације, покретању поступка за оцену и одбрану докторске дисертације на Електронском факултету у Нишу, утврђено је да кандидат мастер инж. Данијел Чабаркапа **ИСПУЊАВА** све предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације. Кандидат мастер инж. Данијел Чабаркапа доставио је Факултету доказ да је првопотписани аутор рада у часопису са SCI листе и да је првопотписани аутор рада објављеног у часопису који издаје Универзитет у Нишу. На основу наведеног, Комисија предлаже покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације

Докторска дисертација кандидата мастер инж. Данијела Чабаркапе садржи 131 страну текста А4 формата. Садржи десет поглавља, укључујући Увод, која чине логичку целину, и попис литературе. Поред тога, докторска дисертација садржи одговарајући кратак резиме на српском и енглеском језику, попис слика, попис табела и кратку биографију кандидата.

У првом поглављу, поред уводних разматрања, наведени су значај, циљеви истраживања, примењене методе и очекивани резултати.

У другом поглављу описани су основни концепти мрежних напада одбијањем сервиса. Представљени су основни механизми извршавања DDoS напада на рачунарске мреже, и извршена њихова таксономија према различитим критеријумима. Такође, наведена је статистика извршавања DDoS напада и описано је неколико најдеструктивнијих напада овог типа.

У трећем поглављу приказан је концепт софтверски дефинисаних мрежа (SDN), као нове мрежне парадигме. Кроз опис референтног модела и механизма мрежне комуникације, представљене су најважније карактеристике, предности као и недостаци овог мрежног концепта.

У четвртном поглављу разматрани су главни аспекти безбедности SDN мрежа. Утврђени су основни типови и механизми DDoS напада у оквиру ових мрежа, и анализирана је методологија њиховог извршавања на конкретном примеру SDN мрежне топологије.

У петом поглављу изложен је преглед постојећих истраживања и решења која су у релацији са овом дисертацијом. Навођењем референци које се односе на најзначајније приступе решавању проблема детекције DDoS напада, посебан акценат је стављен на радове који се конкретно баве проблематиком напада у SDN мрежама, која представља основу ове дисертације.

У шестом поглављу разматране су најважније теоријске основе и технологије које су се користиле за реализацију предложеног решења детекције напада. Први део овог поглавља посвећен је ентропијским методама које се користе у појединим решењима за детекцију напада, а које су примењене у поступку предобrade података током истраживања. У другом делу поглавља дат је свеобухватан приказ алгоритама и метода надгледаног машинског учења које су употребљене у другом делу решења. Такође су описани основни критеријуми за оцену ефикасности система за детекцију напада, а који се заснивају на принципима машинског учења.

У седмом поглављу детаљно је описано предложено решење за детекцију DDoS напада. У складу са спроведеним фазама истраживања, ово поглавље се састоји од неколико целина. У првом делу је приказана архитектура предложеног решења, са детаљним описом оба модула: за прорачун ентропије и класификацију напада машинским учењем. Представљен је концепт решења, методологија његовог развоја, као и поступци анализе и претпроцесирања специфичних мрежних података. У другом делу је изложена спецификација хардвера и софтвера симулационог мрежног окружења. Опис мрежне топологије у оквиру које је примењено решење за детекцију напада изложен је у трећем делу. Алгоритам за прорачун ентропије и детекцију аномалија детаљно је представљен у четвртном делу. У петом делу презентовани су јавни скупови података и скуп података генерисан из симулационе топологије, који су затим коришћени у алгоритмима машинског учења.

У осмом поглављу, на основу предложеног решења за детекцију DDoS напада, представљени су резултати добијени детаљно изложеним експерименталним тестовима, а на основу којих је извршена

валидација предложене методе детекције.

Поглавље девет презентује закључке.

У десетом поглављу изложени су потенцијални правци даљег развоја и предложени могући кораци који могу бити занимљиви за ову област истраживања.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације

Увидом у Извештај о научној заснованости ове теме, и на основу садржаја докторске дисертације кандидата мастер инж. Данијела Чабаркапе, Комисија закључује да су постављени циљеви успешно реализовани.

Докторска дисертација представља свеобухватан истраживачки рад и садржи оригиналне резултате из области безбедности софтверски дефинисаних мрежа. Рад има практичну примену као новоразвијена метода за детекцију DDoS напада, првенствено у мрежним окружењима провајдера и центара података, чије се управљање заснива на софтверски дефинисаним мрежама.

Извршена је верификација предложене методе детекције DDoS напада и представљени експериментални резултати, заједно са компаративним анализама алгоритма надгледаног машинског учења примењених на симулационо генерисане и јавне скупове података. Полазна основа истраживања била је чињеница да је могуће извршити ефикасну детекцију DDoS напада у мрежама са интензивним мрежним саобраћајем, ефикасном применом напредних алгоритма надгледаног машинског учења, у комбинацији са методом детекције напада која се базира на промени ентропије. Циљ је остварен кроз реализовану методу и унапређени модел детекције DDoS напада који је омогућио детекцију мрежних аномалија и током нормалног рада SDN мрежа, при чему је очувана доступност и ефикасност њихових мрежних сервиса. За реализацију методе детекције искоришћена је чињеница да се програмабилношћу ивичног OpenFlow свича може постићи мање кашњење током детекције DDoS напада.

За предложену методу детекције DDoS напада је извршеном мрежном симулацијом и детаљном анализом прикупљених података потврђено да може да омогући висок ниво безбедности, нарочито у мрежним окружењима специфичним искључиво за SDN мреже. Поред тога, предложеном методом значајно је повећана брзина детекције и ефикасност мрежних класификатора надгледаног машинског учења, а развијеним софтверским модулима омогућена је ефикасна детекција различитих типова DDoS напада, укључујући и оне који су у обучавајућем скупу података описани малим бројем атрибута.

Експериментални резултати доказују да је представљена метода детекције DDoS напада једна од ретких која комбинује ентропију и технике надгледаног машинског учења, а која је применљива у SDN мрежама са великим бројем мрежних чворова и интензивним саобраћајем. Поред тога, ова метода такође доприноси развоју нових поступака решавања проблема безбедности SDN мрежа, као и анализе различитих структура мрежног саобраћаја.

Резултати научног истраживања су јасно наведени и описани и сви постављени циљеви из пријаве докторске дисертације у потпуности су остварени.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације

По оцени чланова Комисије, на основу истраживања, анализа, развоја методе детекције и резултата спроведених у пракси и представљених у дисертацији, најзначајнији доприноси дисертације мастер инж. Данијела Чабаркапе су:

- анализа и преглед постојећег стања у области детекције DDoS напада у SDN мрежама
- систематизација и критичка анализа постојећих метода детекције DDoS напада у SDN мрежама,
- усмерења за идентификовање и дефинисање проблематике детекције DDoS напада у SDN мрежама
- пројектовање симулационог окружења и софтверско генерисање скалабилне Fat-Tree SDN топологије високих перформанси тестиране у Mininet емулятору
- развој нове методе за детекцију DDoS напада засноване на анализи параметара мрежног саобраћаја, применом комбиноване методе прорачуна ентропије и алгоритма надгледаног машинског учења
- дизајн алгоритма за детекцију мрежних аномалија, који прорачуном ентропије и мрежних токова на ивичном свичу извршава брзу детекцију напада
- примена посебно изабраних класификационих алгоритма надгледаног машинског учења који се

извршавају на SDN POX контролеру

- класификација мрежног саобраћаја над јавним скуповима података, као и над подацима прикупљеним из симулационе SDN топологије са малим бројем мрежних атрибута обучавајућег скупа
- верификација ефикасности предложене методе детекције и одређивање процента исправно детектованих DDoS напада

Оцена самосталности научног рада кандидата

Кандидат мастер инж. Данијел Чабаркапа је у току бављења научно-истраживачким радом и у поступку израде докторске дисертације показао самосталност и напредак у сагледавању обрађене проблематике. Главни појмови истраживања су добро дефинисани и анализирани. Дисертација садржи све неопходне елементе научног истраживања. Концизно и иновативно је написана. Резултати истраживања су објављени у релевантним међународним и домаћим научним публикацијама и самој дисертацији и представљају основу за даљи наставак истраживања.

ЗАКЉУЧАК

Прегледом докторске дисертације кандидата мастер инж. Данијела Чабаркапе, утврђено је да дисертација садржи научне доприносе, како из актуелне области детекције DDoS напада, тако и из области класификације мрежног саобраћаја заснованог на етропији и надгледаним машинским учењем, као и из области софтверског пројектовања SDN мрежа високих перформанси.

На основу свега наведеног, Комисија закључује да су испуњени услови за јавну одбрану ове докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета, Универзитета у Нишу, да се кандидату мастер инж. Данијелу Чабаркапи одобри јавна одбрана докторске дисертације под насловом "Нова метода детекције DDoS напада применом софтверски дефинисаних мрежа".





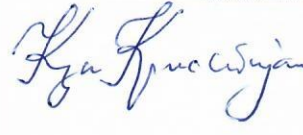
КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије

8/20-01-006/23-034

Датум именовања Комисије

10.07.2023.

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Александар Димитријевић, доцент рачунарство и информатика (Ужа научна област)	председник Универзитет у Нишу, Електронски факултет (Установа у којој је запослен)	
2.	др Дејан Ранчић, редовни професор рачунарство и информатика (Ужа научна област)	ментор, члан Универзитет у Нишу, Електронски факултет (Установа у којој је запослен)	
3.	др Александар Милосављевић, редовни професор рачунарство и информатика (Ужа научна област)	члан Универзитет у Нишу, Електронски факултет (Установа у којој је запослен)	
4.	др Братислав Предић, ванредни професор рачунарство и информатика (Ужа научна област)	члан Универзитет у Нишу, Електронски факултет (Установа у којој је запослен)	
5.	др Кристијан Кук, ванредни професор Софтверско инжењерство (Ужа научна област)	члан Криминалистичко-полицијски универзитет у Београду (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

14.07.2023. године, Ниш