

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА НОВИ САД

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>Решењем бр. 012-199/41-2019, од 02. 27. 2020. године, декан Факултета техничких наука, именовao је комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. др <b>Душко Бекут</b>, редовни професор, Електроенергетика, 13.10.2004, Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије</li> <li>2. др <b>Александар Ердељан</b>, редовни професор, Аутоматика и управљање системима, 14. 07. 2016, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан</li> <li>3. др <b>Јелица Протић</b>, редовни професор, 01.11.2017, Рачунарска техника и информатика, Електротехнички факултет, Београд, члан</li> <li>4. др <b>Дарко Чапко</b>, ванредни професор, 12.07.2017, Аутоматика и управљање системима, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан</li> <li>5. др <b>Драган Поповић</b>, редовни професор, Електроенергетика, 13.10.2004, Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор</li> </ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Мита, Милан, Чокић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>05.11.1985, Зрењанин, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:</p> <p>Факултет техничких наука, Рачунарство и аутоматика, Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства – мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:</p> <p>2016, Енергетика, електроника и телекомуникације</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
<p>Управљање комуникационом мрежом електроенергетске паметне мреже са променљивим комуникационим захтевима</p>

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

У докторској дисертацији је представљено решење за управљање комуникационом мрежом електроенергетске паметне мреже, у наставку (краће писано) паметне мреже. У односу на остала решења, представљено решење се издваја по томе што омогућава управљање комуникационом мрежом уважавајући динамичке захтеве апликација паметне електроенергетске мреже са аспекта: (1) приоритета и (2) квалитета услуге. Наглашено је због чега традиционална решења као и оптимизације на апликативном нивоу нису одговарајући приступи. Решење је засновано на програмски дефинисаним комуникационим мрежама које представљају нов приступ управљања комуникационом мрежом. Код програмски дефинисаних комуникационих мрежа, мрежна инфраструктура је подељена на три слоја – слој података, контролни слој и апликативни слој. Имплементираним контролером програмски дефинисане комуникационе мреже омогућава се динамичка измена приоритета и захтева у комуникационој мрежи од стране саме паметне електроенергетске мреже. Контролером, заснованим на OpenFlow протоколу, се на основу приказаног алгоритма инсталирају правила за руковање мрежним саобраћајем на мрежне елементе (свичеве). Како би се решење верификовало на реалним тест случајевима развијена је платформа за евалуацију решења којом се емулира рад комуникационе мреже.

Примена решења представљеног у докторској дисертацији је верификована на шест тест случајева где су добијена мерења упоређена са мерењима на традиционалним комуникационим мрежама.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Паметне мреже
4. Програмски дефинисане мреже
5. Дизајн и имплементација решења
6. Платформа за евалуацију решења
7. Тест резултати
8. Закључак

Физички опис рада: 8 поглавља, 110 страна, 96 цитата, 4 табеле и 28 слика.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У уводу је дат преглед докторске дисертације уз објашњење појмова потребних за њено разумевање. Наведена су три приступа за обезбеђење довољног пропусног опсега комуникационе мреже – (1) статичко алоцирање пропусног опсега приликом дизајна комуникационог система, (2) смањивање послатог мрежног саобраћаја оптимизацијом на апликативном нивоу и (3) увођење квалитета услуге на инфраструктурном нивоу. Објашњена су сва три приступа, а решење које се разматра у овој дисертацији је засновано на трећем. За њега је дефинисан проблем који се решава, као и захтеви које је потребно испунити: (1) поштовање чврстих захтева са аспекта квалитета мрежне услуге, (2) дугачак животни век решења, (3) изузетно ниско кашњење мрежних пакета и (4) висока пропусност комуникационе мреже.

У глави 2 је дат преглед стања из области од интереса.

У глави 3 су дате основне карактеристике и функције паметне мреже. Објашњено је од којих се сегмената паметна мрежа састоји. Такође, представљене су основне апликације паметне мреже. Како је фокус докторске дисертације на управљању комуникационом мрежом паметне мреже, представљени су основни критеријуми комуникационе мреже као и на које сегменте се комуникациона мрежа паметне мреже дели и технологије које се користе. Објашњено је како се дефинише квалитет услуге комуникационе мреже, као и како га је могуће достићи.

У глави 4 су представљене програмски дефинисане комуникационе мреже. Објашњена је архитектура програмски дефинисане комуникационе мреже као и подела на равни: података, контроле и апликације.

У глави 5 су наведени дизајн и имплементација решења. Прво је представљен модел комуникационог подсистема коришћен у тези као и почетне претпоставке. Модел се састоји од топологије комуникационе инфраструктуре и апликација, односно, токова података који припадају апликацијама паметне мреже. Представљен је алгоритам за динамичко одређивање приоритета као и имплементација контролера.

У глави 6 је описана платформа за евалуацију решења која је заснована на Мининет решењу. Представљена платформа служи да подеси конфигурацију чворова над којим ће се емулирати комуникациони токови, прикупљати и анализирати подаци. Да би ово било могуће, направљени су генератори мрежног саобраћаја и поступци за прикупљање мерења пропусног опсега по току података као и извршавање синхроних команди. На овај начин је омогућено да се различити сценарији једноставно опишу као и њихово вишеструко покретање.

У глави 7 су представљени резултати тестирања. Динамика паметне мреже је посматрана из два угла – (1) променљиве количине послатих података и (2) ограниченог капацитета комуникационе мреже. Предложено решење је верификовано са шест тестова. Анализиран је пропусни опсег привилегованих апликација паметне мреже и мрежног саобраћаја. Резултати указују на успешност предложеног решења за динамичко обезбеђивање квалитета услуга апликацијама паметне мреже.

У глави 8 су дати закључци докторске дисертације и могући правци евентуалног даљег наставка рада. Новина коју дисертација уводи, у односу на досадашње радове је динамичко обезбеђивање квалитета услуге комуникационе мреже, засноване на програмски дефинисаним мрежама, за паметне мреже у односу на:

- динамичке промене приоритета и
- захтева за пропусним опсегом апликација паметне мреже

У глави 9 је дат списак коришћене литературе.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно, са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Mita Cokic**, Ivan Seskar, "Software defined network management for dynamic smart GRID traffic", Future Generation Computer Systems, Volume 96, July 2019, Pages 270-282., ISSN: 0167-739X, DOI: 10.1016/j.future.2019.02.022. (Computer Science, Theory &

Methods: 8 / 105; IF 2018 = 5.768), **M21a**.

2. **M. Cokic** and I. Seskar, "Analysis of TCP Traffic in Smart Grid Using SDN Based QoS," 2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, 2018, pp. 1-4, ISSN: 2334-9905, DOI:10.1109/telfor.2018.8611800, **M33**.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Услед раста броја уређаја који приступају глобалној Интернет мрежи, расту и потребе за доступним мрежним саобраћајем. Електроенергетске мреже се трансформишу у паметне мреже што доводи и до раста броја уређаја који ће учествовати у раду и управљању електроенергетском мрежом. За пуно искоришћење потенцијала паметне мреже је неопходна одговарајућа комуникациона инфраструктура које ће обезбедити квалитет услуге за несметано функционисање. Образложено је јасно због чега је решавање проблема на инфраструктурном нивоу погодније од оптимизације послатих података на на апликативном нивоу и статичког алоцирања пропусног опсега.

У докторској дисертацији је објашњено због чега је обезбеђивање динамичког квалитета услуге кључно за рад паметне електроенергетске мреже која има динамичку природу. Паметна електроенергетска мрежа ће подржавати велики број апликација. Ове апликације немају статичке приоритете већ се ти приоритети мењају у зависности од ситуације у паметној мрежи. На пример – читање паметних бројила због обрачуна потрошње електричне енергије има нижи приоритет него у случају када се врши провера да ли је управљање потрошњом успешно извршено.

Динамичке измене приоритета и измене захтева пропусног опсега су биле главни мотив да се у овој докторској дисертацији предложи и развије одговарајуће решење кроз иновативан приступ обезбеђивања квалитета комуникационе услуге за паметне електроенергетске мреже. Представљено решење је базирано на обезбеђивању квалитета услуге на инфраструктурном нивоу коришћењем програмски дефинисаних мрежа са динамичким променама приоритета и мрежних захтева апликација паметне мреже. Да би се то практично реализовало, прво је дефинисан модел комуникационе инфраструктуре паметне мреже. Модел подразумева комуникациону топологију, доступне пропусне опсеге између чворова као и захтеве апликација паметних електроенергетских мрежа. Мрежни саобраћај је подељен на класе спрам апликација паметне мреже којима припада. Полазећи од овог модела дефинисан је алгоритам за динамичко одређивање приоритета мрежног саобраћаја апликација паметне електроенергетске мреже. Сваки захтев за третирање апликације паметне мреже као приоритетне подразумева проверу да ли се нова апликација може додати као приоритетна узевши у обзир остале апликације као и уписивање нових правила на мрежне свичеве који подржавају софтверски дефинисане мреже.

Како би се алгоритам верификовао, у дисертацији је развијена платформа за евалуацију. Платформа за евалуацију има за сврху да омогући: (1) дефинисање произвољне комуникационе топологије паметне електроенергетске мреже као и различите типове мрежног саобраћаја, (2) емулирање токова података кроз мрежу, (3) снимање протока података као и трајање операција у току тестова и (4) прикупљање и парсирање резултата. Платформа за евалуацију омогућава вишеструко понављање истих тестова у циљу репродукције резултата као и једноставно дефинисање и покретање нових.

Решење је верификовано кроз шест тестних случајева. Прво је направљен модел комуникационе мреже где је као подлога коришћен један део мреже на подручју Србије од око 227.000 потрошача. Затим је верификација урађена кроз следеће тестне случајеве:

1. Извршавање регулације учесталости и активних снага током максималног оптерећења комуникационе мреже.
2. Анализа мрежног саобраћаја приликом извршавања регулације учесталости и активних снага уз константно оптерећење комуникационе мреже.
3. Извршавање Волт-Вар оптимизације током максималног оптерећења комуникационе мреже.
4. Утицај варијабилног оптерећења комуникационе мреже на аквизицију података са терена.
5. Утицај константног оптерећења комуникационе мреже на аквизицију података са терена.
6. Дисагрегација потрошачких профила.

Резултати свих тестова недвосмислено показују да предложено решење даје драстично боље резултате од других наведених приступа као и да има своју практичну примену. Конкретно, комуникационо време потребно за извршавање команди у првом тестном случају је преко 75 пута краће када се користи предложено решење, у односу на традиционално решење. Време за надгледање система након Волт-Вар оптимизације је 25% дуже коришћењем предложеног

решења што даје више времена за посматрање система. Код аквизиције приоритетних података са терена, приликом загушења комуникационе мреже, долази до пада од 5% до 7% пропусног опсега када се користи традиционална мрежа што није присутно код решења представљеног у дисертацији. Предложено решење омогућава минимално кашњење приоритетног саобраћаја без обзира на оптерећење саобраћаја нижег приоритета докле год има довољно пропусног опсега за приоритетан саобраћај. Овим се потврђује да је могуће коришћење програмски дефинисаних мрежа како би се обезбедио динамички квалитет мрежне услуге за апликације паметне мреже са променљивим приоритетима и захтевима за мрежним саобраћајем.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Докторском дисертацијом су свеобухватно, систематично и прецизно:

- (1) Описани постојећи приступи за обезбеђивање квалитета мрежне услуге у паметним електроенергетским мрежама,
- (2) Предложено је решење базирано на програмски дефинисаним мрежама. Решење обезбеђује квалитет комуникационе услуге за динамичке приоритете и променљиве пропусне захтеве апликација паметних мрежа. Решење је адекватно за динамичку природу паметне електроенергетске мреже.
- (3) Имплементирана је платформа за верификацију решења.
- (4) Предложено решење је верификовано коришћењем верификационе платформе и шест тестних случајева.
- (5) Резултати потврђују да предложено решење може имати практичну примену и тиме значајно допринети квалитету услуга комуникационе инфраструктуре паметних мрежа.
- (5) Дати су закључци и даљи могући правци истраживања.

Тумачење закључака је јасно, недвосмислено и истраживачки коректно. Сви добијени резултати су стављени у добар контекст и приказани прегледно.

Текст дисертације додатно је проверен путем софтвера за детекцију плагијаризма iThenticate и нису пронађене сличности које би указивале на било какву врсту плагијаризма.

**Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата.**

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Докторска дисертација објашњава због чега статичко алоцирање пропусног опсега и оптимизације на апликативном слоју нису адекватно решење за обезбеђивање квалитета услуге комуникационих мрежа паметних електроенергетских мрежа. Динамичка природа паметне електроенергетске мреже се посматра са аспекта промене приоритета као и потребног квалитета мрежне услуге апликација паметне мреже у току рада. Предлаже се оригинално решење којим се адресира динамична природа електроенергетске паметне мреже. Решење омогућава динамичке измене приоритета апликација паметне мреже као и захтева за квалитетом услуге у току рада од стране саме паметне мреже. Ово је суштинска разлика између решења у дисертацији и других доступних приступа.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака који би имали утицај на остварене резултате истраживања.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- **да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана**

На основу претходно изнетих чињеница, Комисија предлаже да се докторска дисертација под називом „Управљање комуникационом мрежом електроенергетске паметне мреже са променљивим комуникационим захтевима“ кандидата Мите Чокића прихвати и кандидату одобри одбрана.

---

Др Душко Бекут, ред. проф., председник

---

Др Александар Ердељан, ред. проф., члан

---

Др Јелица Протић, ред. проф., члан

---

Др Дарко Чапко, ванр. проф., члан

---

Др Драган Поповић, ред. проф., ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.