

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовео комисију: Декан Факултета техничких наука на основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука; Решење број 012-199/25-2022 од 01.12.2022.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. др Никола Теслић	редовни професор	Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 14.04.2011.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Мирослав Поповић	редовни професор	Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 17.07.2002.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Иван Каштелан	ванредни професор	Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 01.12.2019.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Марио Врањеш	ванредни професор	Техничке науке, електротехника, 30.05.2018
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет електротехнике, рачунарства и информацијских технологија (ФЕРИТ) Осијек, Хрватска		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. др Милан Бјелица	ванредни професор	Рачунарска техника и рачунарске комуникације, 21.02.2019.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:
Милена, Богдан, Милошевић
2. Датум рођења, општина, држава:
06.01.1990., Требиње, Босна и Херцеговина
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:
Факултет техничких наука, мастер студије на студијском програму Рачунарство и аутоматика, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
2013., Рачунарство и аутоматика

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Предлог архитектуре средњег слоја софтвера за рачунарски систем у возилима
(енгл. One proposal of software middleware for heterogeneous in-vehicle environments)

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација написана је на српском језику и има 228 страница, 7 поглавља, 3 додатка, 212 референци, 44 табеле и 70 слика. Испред основног дела текста, у раду су дати: наслов рада, кључна документацијска информација, захвалнице, садржај рада, списак слика, списак табела, списак коришћених појмова и скраћеница, као и сажетак на српском и енглеском језику.

Рад је подељен у једанаест логичких целина.

Уводно поглавље представља предмет и циљ истраживања, научни допринос и приказује организацију дисертације. У овом поглављу је резимиран избор научне области и мотивација. Поглавље је подељено на целине:

- 1.1 Предмет истраживања
- 1.2 Циљ истраживања
- 1.3 Научни допринос
- 1.4 Организација дисертације

У другом поглављу (под називом „Преглед области и поставка циљева истраживања“) је дато тренутно стање у области, преглед, изазови, недостаци и еволуција Е/Е архитектура за рачунарске системе у возилима са посебним освртом на прелазак на централне рачунарске системе. Такође је дат опис релевантних информација за израду ове тезе. Приказане су теоријске основе централних рачунарских система са елементима које носе са собом, са посебним освртом на постојећа решења средњег слоја софтвера у рачунарским системима у возилу. Представљена је и анализа нефункционалних аспеката: безбедносних, сигурносних и архитектурних аспеката. На крају је дата поставка циљева истраживања у односу на изложено. Поглавље је подељено на целине:

- 2.1 Е/Е архитектуре
- 2.2 Централна интеграциона платформа
- 2.3 Преглед решења средњег слоја
- 2.4 Поставка циљева истраживања

Треће поглавље (под називом „Предлог архитектуре средњег слоја софтвера“) представља

анализу захтева и предлог архитектуре средњег слоја софтвера за рачунарски систем у возилима. Такође су размотрена ограничења у погледу сложености, квалитета и могућности предложеног решења. Поглавље је подељено на целине:

- 3.1 Анализа захтева
- 3.2 Предлог архитектуре

Четврто поглавље (под називом „Предлог мера за оцену квалитета решења“) даје предлог мера за оцену квалитета решења укључујући експерименталне тестове, мере за перформансе, софтверске мере, и мере атрибута квалитета софтвера. Поглавље је подељено на целине:

- 4.1 Експериментална провера
- 4.2 Провера перформанси
- 4.3 Софтверске метрике
- 4.4 Компатибилност са нефункционалним захтевима
- 4.5 Поређење са другим решењима

Референтни пример реализације предложеног средњег слоја је дат у петом поглављу (под називом „Пример реализације“), са приказом одговарајућег окружења (платформи) на којима је решење реализовано. Поглавље је подељено на целине:

- 5.1 Слој апстракције платформе *s820a*
- 5.2 Слој апстракције платформе *ALPHA AMV*
- 5.3 Слој апстракције платформе Линукс x86
- 5.4 Дискусија

У шестом поглављу (под називом „Провера решења“) су дати резултати мерења. Експериментална провера је извршена на неколико различитих платформи, да би се испитала платформска независност предложеног решења. Такође су измерене перформансе решења. У оквиру провере решења дати су резултати оцена квалитета решења у односу на мере које су предложене, као и поређење предложеног решења са другим решењима. Поглавље је подељено на целине:

- 6.1 Експериментална провера
- 6.2 Перформансе решења
- 6.3 Оцена квалитета у односу на предложене метрике
- 6.4 Поређење са другим решењима
- 6.5 Додатна разматрања

У седмом поглављу (под називом „Закључак“), дат је закључак истраживања са освртом на правце даљег развоја.

Даље су приложени додаци који садрже преглед постојећих софтверских решења и иницијатива (иницијативе за стандардизацију, доступна решења, библиотеке отвореног кода, свеобухватне платформе у возилу), преглед референтних коришћених тестних корисничких случајева, као и преглед софтверских метрика (алати, преглед метрика доступних у алату, вредности добијене из алата, и вредности израчунатих метрика на основу вредности из алата). Следећа три додатка су приложена:

- Додатак А: Преглед постојећих решења и иницијатива
- Додатак Б: Преглед тестних корисничких случајева
- Додатак В: Софтверске метрике

На крају дисертације се налази списак литературе коришћене при њеној изради, који броји 212 референци.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом уводном поглављу представљени су предмет, циљ и хипотезе истраживања, као и фазе истраживања кроз структуру докторске дисертације.

Полази се од значаја преласка на једну или више централних платформи у модерној аутомобилској индустрији. До овог тренда долази због све разноврсније природе система и чињенице да произвођачима аутомобила постаје све теже да рукују бројним ECU-овима, а са друге стране све је већа доступност софистицираног хардвера који се може користити за реализацију више функција. У склопу овог преласка, указује се на потребу консолидације првенствено софтверског слоја, а затим преноса софтвера на исту хардверску платформу. Посебна пажња је посвећена истраживању софтверских платформи које омогућавају лакши развој апликација у системима за помоћ возачу. Овим платформама се постиже раздвајање софтвера од хардвера коришћењем средњег слоја који апстрахује хардверске могућности и пружа их доступним преко функција и сервиса користећи стандардизовану програмску спрегу. Развој софтверских платформи у транзицији ка централним платформама уједно представља и предмет ове докторске дисертације. Указано је на потребу за истраживањем са циљем да се обезбеди средњи слој софтвера као први корак у процесу преласка на једну или више централних платформи, што доноси бржи и једноставнији развој апликација у окружењима са присуством хетерогених платформи, као и са циљем да предложено решење обрати пажњу на изазове једне такве централне рачунарске платформе у возилима.

У складу са предметом и циљем истраживања, постављена је основна хипотеза дисертације којом се тврди да је могуће предложити архитектуру која систематском анализом стања у области и доступних релевантних информација доноси организацију и раслојавање новог софтверског слоја за примене у извршавању апликација за нова возила у складу са описаним проблемима.

Истраживање се вршило у неколико главних фаза које су представљене кроз поглавља у дисертацији: истраживање расположивих информација, предлог архитектуре средњег слоја, предлог мера за оцену квалитета решења, релевантни примери реализације решења и провера решења.

Проблем изложен у уводном поглављу је адекватан и актуелан, а хипотеза дисертације је јасно изложена.

У оквиру дисертације истражени су расположиви извори информација: базе академских радова, као и постојећа техничка решења. Главне области истраживања које дисертација обухвата, а утичу на архитектуру средњег слоја софтвера су хардверске хетерогене платформе, разни сензори и актуатори, разне магистрале у возилу, хипервизори, постојећа решења средњег слоја која је потребно уважити (компатибилност са стандардима, и сл.), безбедносни, сигурносни и архитектурни аспекти. Преглед стања у области структуриран је исправно и дат је преглед релевантне и актуелне литературе у вези са обрађеним темама, на основу чега су постављени подциљеви истраживања.

Предлог архитектуре средњег слоја софтвера је изложен јасно и сажето. Предлог је поткрепљен одговарајућом литературом – предлог произилази из анализе стања у области дате у Поглављу 2., као и резултата анализе разних аутора који дискутују изазове и захтеве које софтверска платформа треба да испуни.

У процесу верификације систематично су дефинисане мере оцене квалитета решења, обухватајући више аспеката (експериментална провера са провером перформанси, софтверске метрике, поређење са другим решењима и компатибилност са нефункционалним захтевима), чинећи верификацију адекватном и комплетном.

Практичан допринос дисертације у виду примера реализације предложеног средњег слоја софтвера је приказан на три циљне хардверске платформе које покривају различите домене и корисничке случајеве демонстрирајући независност решења од саме хардверске платформе (инфо-забавни домен, домен за системе помоћи возачу, и развојни рачунар (у случају развоја алгорита и бржег пребацивања на циљну платформу)).

Квалитет предложеног решења је оцењен одговарајућим метрикама, као и верификацијом у симулираном стационарном окружењу у реалном времену у лабораторијским условима. Експерименти су правилно постављени и јасно описани. Такође, врши се поређење аутору познатих постојећих решења у односу на решење представљено у дисертацији, као и новине које уноси реализовано решење у односу на постојећа анализирана решења. Изведба и валидација су адекватно образложени.

Закључак рада је сажет, прецизан, уз навођење правца за даља истраживања који су оправдани.

Укупно посматрано, дисертација је систематична, јасна и садржајна. Предложено решење је теоријски добро засновано, коректно имплементирано и евалуирано на одговарајући начин. При излагању и евалуацији коришћене су примерене методе. Коришћена литература је одговарајућа.

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 складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22):

M. Milosevic, M. Z. Bjelica, T. Maruna, N. Teslic, „Software Platform for Heterogeneous In-Vehicle Environments,” *IEEE Transactions On Consumer Electronics*, Vol. 64, No. 2., May 2018, pp. 213-221.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

D. Kenjic, **M. Milosevic**, M. Antic, N. Teslic, "One Solution for Deterministic Scheduling on GPU for Automotive Algorithms," *2021 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, May 2021, pp. 264-268.

I. Vido, I. Skoric, D. Mitrovic, **M. Milosevic**, "Automotive Vision Grabber: FPGA design, cameras and data transfer over PCIe," *2019 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, May 2019, pp. 103-108.

I. Benke, B.E. Markovic, I. Pavlovic, **M. Milosevic**, R. Grbic, "Software solution stack for data transfer on a frame grabber platform," *2019 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, May 2019, pp. 39-43.

V. Gojak, J. Janjatovic, N. Vukota, **M. Milosevic**, M. Z. Bjelica, "Informational bird's eye view system for parking assistance," *2017 IEEE 7th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, September 2017, pp. 103-104.

I. Nikolic, M. Ilic, N. Popovic, **M. Milosevic**, "Application Environment for Browser-based In-Vehicle Infotainment Units," *2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, January 2017, pp. 269-270.

K. Omerovic, J. Janjatovic, **M. Milosevic**, T. Maruna, "Supporting Sensor Fusion in Next Generation Android In-Vehicle Infotainment Units," *2016 IEEE 6th International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, September 2016, pp. 187-189.

A. Simic, O. Kocic, M. Z. Bjelica, **M. Milosevic**, "Driver monitoring algorithm for Advanced Driver

Assistance Systems," 2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR), November 2016, pp. 1-4.

Прототип, нова метода, софтвер, стандард или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорг.(уз доказ) (M85):

M. Milosevic, M. Pranjic, M. Kovacevic, Z. Lukac, O. Djekic, "Balansiranje opterećenja ADAS sistema na više SOC-ova", *Tehničko rešenje razvijeno u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32031, ciklus istraživanja u periodu 2011-2017.*

M. Milosevic, N. Kolarovic, N. Zmukic, O. Djekic, M. Kovacevic, "AMV - Softver za razvoj ADAS aplikacija i pojedinačnih algoritama", *Tehničko rešenje razvijeno u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32031, ciklus istraživanja u periodu 2016.*

Регистрован патент на националном нивоу (M92):

M. Z. Bjelica, M. Kovacevic, **M. Milosevic**, B. Pavkovic, "Postupak za realizaciju distribuiranih korisničkih servisa u vozilu sa centralizovanim upravljanjem", *Patentna prijava broj P-2017/1207, Zavod za intelektualnu svojinu*

Национална пријава објављена у гласнику (M94):

M. Z. Bjelica, I. Papp, Z. Lukac, **M. Milosevic**, "Postupak za ažuriranje softvera u automobilu korišćenjem proksija", *Patentna prijava broj P-2018/0553, Zavod za intelektualnu svojinu*

D. Rikalovic, **M. Milosevic**, G. Stupar, G. Velikic, "Postupak integracije panoramskog pogleda i pogleda odozgo u virtuelnom okruženju vozila ", *Patentna prijava broj P-2017/1120, Zavod za intelektualnu svojinu*

Z. Lukac, **M. Milosevic**, O. Djekic, U. Zivkovic, "Postupak i sistem za raspoređivanje i profilisanje delova algoritma za testiranje sa hardverom u petlji", *Patentna prijava broj P-2019/1159, Zavod za intelektualnu svojinu*

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У оквиру дисертације је предложена архитектура средњег слоја софтвера са циљем да се обезбеди софтверска платформа као први корак у преласку на једну или више централних платформи, што доноси бржи и једноставнији развој апликација у окружењима са присуством хетерогених платформи. Такође је извршена верификација решења. Решење је дефинисано кроз скуп модула и спрега за развој апликација, водећи рачуна о платформској независности.

У оквиру истраживања анализирани су академски радови, постојећа решења, потребе и захтеви тржишта, произвођача и доступне технологије са циљем да се установи тренутно стање. Анализа захтева обухвата преко 50 академских радова, од чега преко 30 радова представља решења других аутора из области (разне архитектуре, платформе, функције), а преко 15 радова представља прегледне анализе аутора о недостацима, изазовима и стању у области. Такође, анализиран је велики број решења на тржишту (преко 50) у складу са доступним информацијама (решења отвореног кода, комерцијална решења, стандарди и иницијативе), чији је преглед дат у Додатку А. Фокус је стављен на развој апликација за системе помоћи возачу и интеграцију са другим блиско-повезаним доменима, као и концепт софтверске платформе која се извршава на више хардверских платформи.

Током анализе идентификовани су, дефинисани и јасно изложени захтеви које предложено решење треба да испуни – захтеви су груписани у 4 велике групе: апстраховање хетерогености, руковање животним циклусом апликација и интеграција апликација у реалном времену, помоћне функције за развој и тестирање, и нефункционални аспекти.

Доступна решења су груписана у односу на примарни аспект, и преглед је дат по групама: решења заснована на технологијама потрошачке електронике, решења заснована на проточној обради података, решења специфична за чип, решења везана за оперативни систем, решења за

комуникацију између сервиса, и решења у развоју за централне платформе. Анализа показује да тренутно не постоји јединствено свеобухватно решење које омогућава развој апликација на централним интеграционим платформама уважавајући све захтеве возила нове генерације.

Такође, током анализе су идентификовани оквири решења са становишта очекиване сложености средњег слоја и скупа функционалности од интереса који ће допринети брзој транзицији на централну интеграциону платформу.

Основни реализовани циљеви су омогућавање развоја апликација независно од саме платформе/језгра на коме се извршавају, омогућавање на једноставан начин спајања са другим компонентама и омогућавање раног развоја апликација на циљној платформи, уместо на персоналном рачунару. Свеукупно, основни циљеви истраживања обухваћеног дисертацијом су успешно реализовани.

У оквиру истраживања дошло се до две групе важних резултата. Један од главних резултата је предлог архитектуре средњег слоја софтвера за извршавање апликација у хетерогеном окружењу возила нове генерације. Дефинисани су основни софтверски блокови, као и њихове спреге који могу да послуже као основа за будућа истраживања и унапређења. Додатно, реализација софтверске платформе је спроведена на одређеном броју хардверских платформи, које могу да послуже као основа за брзи развој и интеграцију прототипа апликација и система, при чему се реализовани средњи слој поред основне намене може користити и као алат, нпр. за олакшавање поређења и одабира платформи при развоју апликација. Друга група резултата доприноси идентификацији кључних аспеката за потребе развоја апликација у централној интеграционој платформи, а то су резултати који обухватају детаљну евалуацију и дефинисање захтева возила нових генерација при развоју апликација, као и детаљну евалуацију доступних сличних решења, ради поређења са предложеним решењем. Остали резултати обухватају оптимизацију извршавања појединих делова средњег слоја на конкретној платформи. Представљени резултати се могу користити како за академска истраживања, тако и у пољу индустријских истраживања.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

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

Анализом структуре и садржаја докторске дисертације закључено је да су истраживање и резултати представљени јасно и систематично, у складу са темом дисертације. Тумачење резултата је аргументовано образложено, а изведени закључци проистичу из добијених резултата вишегодишњег истраживања, који су објављени на међународним скуповима и часописима, чиме се додатно потврђују.

Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

Докторска дисертација је проверена у софтверу *iThenticate* и не представља плагијат.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ 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?

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Дисертација даје допринос истраживању области централних рачунарских платформи у модерним окружењима возила. Анализом академских радова, установљено је да су претходна истраживања углавном адресирала одређени аспект и као последица тога решења развијена у тим истраживањима нису директно примењива и адекватно обрађена за централне платформе јер су специфична у једном или више следећих аспеката: (I) односе се на одређену функцију у возилу и не пружају спреге за развој других функција из истог или другог домена, (II) адресирају одређени домен и не пружају могућност комуникације са другим доменима, (III) везана су за специфични чип, потребно је познавање чипа за коришћење свих ресурса, (IV) везана су за одређени оперативни систем, (V) пружају комуникационе спреге, без адресирања хардверских ресурса, (VI) заснована су на технологијама потрошачке електронике и као таква не адресирају нефункционалне аспекте система у возилима (нпр. безбедност). На основу анализе и доступне литературе аутор је дефинисао захтеве и предложио решење уважавајући установљене недостатке: (I) апстраховање хетерогености (пружање подршке за извршавање апликације на једној или више различитих хардверских платформи (узимајући у обзир сензоре, актуаторе, магистрале)), (II) руковање апликацијама и интеграција у систем (укључујући могућност рада у реалном времену, спрегу са другим доменима и коришћење постојећих библиотека и спрега), (III) додатне функционалности за развој и тестирање ради убрзавања процеса развоја и тестирања (симулатори, извршавање на персоналном рачунару, добављање додатних информација), (IV) нефункционални захтеви који утичу на квалитет софтвера (у смислу проширивости, модуларности, степена сложености, портабилности, тестабилности, поновног искориштења софтвера), и који се односе на компатибилност са стандардима и развојним праксама у аутомобилској индустрији.

Допринос се огледа у идентификацији кључних аспеката за потребе развоја апликација у централној интеграционој платформи, изналажењу предлога решења које пружа једноставнији начин развоја апликација у хетерогеном окружењу возилу, дефинисању основних блокова и спрега који могу да послуже као основа за будућа истраживања и унапређења, као и у реализацији софтверске платформе која је спроведена на одређеном броју хардверских платформи, које могу да послуже као основа за брзи развој и интеграцију прототипа апликација и система.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

У дисертацији нису уочени битни недостаци који би негативно утицали на резултат истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу наведеног, комисија предлаже:

а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;

б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);

в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:
Нови Сад, _____

1. др Никола Теслић, редовни професор
_____, председник
2. др Мирослав Поповић, редовни професор,
_____, члан
3. др Иван Каштелан, ванредни професор,
_____, члан
4. др Марио Брањеш, ванредни професор,
_____, члан
5. др Милан Бјелица, ванредни професор,
_____, члан/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 и да исти потпише.