

ПРИРОДНО МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 18.07.2019. године, Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду</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> <ul style="list-style-type: none"> - др Срђан Шкрбић, ванредни професор, Информациони системи, 15.10.2014. године, Природно-математички факултет Нови Сад, председник - др Милош Рацковић, редовни професор, Рачунарске науке, 02. 03. 2006. године, Природно-математички факултет Нови Сад, ментор - др Милош Савић, доцент, Рачунарске науке, 17.11.2015. године, Природно-математички факултет Нови Сад, члан - др Наташа Лукић, доцент, Хемијско инжењерство, 01.10.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Јелена, Бранко, Текић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 21.03.1980. године, Бачка Паланка, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2013, Докторске академске студије – Информатика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Природно-математички факултет Нови Сад, Моделирање и имплементација библиотечких каталожких листића помоћу помоћу софтверског пакета FreeMarker, 05.06.2006.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Информатика</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Оптимизација CFD симулације на групама вишејезгарних хетерогених архитектура

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација припада научној области Информатика, ужа научна област Паралелно програмирање. Написана је на српском језику (ћирилица), а извод тезе је српски/енглески. Садржи 7 поглавља, 177 страна Б5 формата, 58 табела, 31 слику и 232 литерарна цитата.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Основни концепти паралелног програмирања
3. Преглед технологија и алата коришћених за развој апликације за симулацију динамике флуида
4. Алгоритми за паралелизацију Lattice Boltzmann методе
5. Приказ и анализа резултата извршавања
6. Имплементација солвера у микросервис архитектури
7. Закључак

У првом поглављу дати су мотивација и циљеви истраживања, описан је научни допринос изведених истраживања. Такође дат је преглед досадашњих истраживања из доступне литературе предметне области.

У другом поглављу дат је преглед развоја паралелног програмирања. Приказан је историјат развоја НРС архитектура и софтвера за рад са НРС архитектурама. Првобитно је паралелно програмирање било уско повезано са НРС рачунарима. Појавом кластера, изменама архитектуре персоналних рачунара и појавом нових програмских модела паралелно програмирање постаје доступно широком кругу истраживача.

У трећем поглављу дат је опис технологија и алата који су коришћени за развој апликације. Приказан је OpenCL стандард који је искоришћен за паралелизацију и архитектура микросервиса, као и Spring Boot и ReactJS који су омогућили креирање ефикасног, портабилног и лако проширивог решења које корисници могу једноставно покренути и користити на персоналним рачунарима.

У четвртном поглављу прво је описана Lattice Boltzmann метода и основни алгоритам за решавање Lattice Boltzmann методе. Затим су детаљно описани различити алгоритми, који имплементирају симулацију Lattice Boltzmann методе у OpenCL коду, уз навођење предности сваког алгоритма. Сви описани алгоритми пружају могућност извршавања симулације на више хетерогених уређаја истовремено.

У петом поглављу су тестирани и детаљно анализирани сви понуђени алгоритми, на тај начин верификоване су предности одређеног алгоритма за одговарајући хардвер. Дат је табеларни и графички приказ резултата извршавања симулације на девет различитих хардверских конфигурација. Детаљно је анализирано како коришћење различитих алгоритама утиче на брзину симулације за различите групе хардвера.

Шесто поглавље описује два креирана микросервиса. Први микросервис обухвата кориснички интерфејс који пружа могућност лаког покретања и коришћења апликације. Други микросервис чини сам солвер за алгоритам и преко постојећих end-point-а могуће га је користити и од стране трећих апликација.

На крају, у седмом поглављу дат је закључак дисертације и дати су предлози за могућа даља истраживања.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прва три поглавља садрже полазне основе за реализацију циља дисертације. Прво поглавље јасно и прецизно дефинише циљеве истраживања и даје релевантан преглед јавно доступне

литературе из предметне области. Друго поглавље даје преглед развоја паралелног програмирања, архитектура и програмских модела који се користе за паралелно програмирање. Детаљан опис технологија и алата који су омогућили паралелизацију на више хетерогених вишејезгарних уређаја и креирање солвера који је лако проширив и једноставан за коришћење од стране корисника и трећих апликација дат је у поглављу три.

Оригинални резултати истраживања приказани су у четвртом, петом и шестом поглављу.

У четвртом поглављу дат је опис Lattice Boltzmann методе и детаљан опис имплементираних алгоритама. Описани алгоритми користе специфичности OpenCL спецификације и различитих архитектура да би се омогућило постизање максималних перформанси симулације имплементиране у OpenCL коду на једном персоналном рачунару.

У петом поглављу дати су резултати тестирања на девет различитих конфигурација и описане предности и мане коришћења сваког од претходно описаних алгоритама за посматрану конфигурацију. За конфигурације су коришћени персонални рачунари свих актуелних произвођача хардвера са вишејезгарним архитектурама и једна НРС конфигурација са ТЕСЛА графичким картицама. На овај начин извршена је верификација алгоритама описаних у поглављу четири. На крају петог поглавља дата је анализа како коришћење различитих алгоритама утиче на брзину симулације за различите групе хардвера.

У шестом поглављу описани су креирани микросервиси који су обезбедили да апликација буде лако проширива и једноставна за употребу за кориснике и преко дефинисаних end-point-а за треће апликације.

Редослед поглавља је такав да се у сваком поглављу наставља опис добијених научних резултата из претходних поглавља. На тај начин дат је јасан и прегледан опис приказаних резултата, који су у потпуности сагласни са циљем, очекиваним резултатама и хипотезама датих у извештају о оцени подобности теме за израду докторске дисертације.

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

M23 - Рад у међународном часопису

J. B. Tekic, P. M. Tekic, M. Rackovic, "Lattice Boltzmann Method Implementation on Multiple Devices using OpenCL," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol.18, no.3, pp.3-8, 2018

Tekic P. M., Radjenovic J. B., Rackovic M., "Implementation of the Lattice Boltzmann Method on Heterogeneous Hardware and Platforms using OpenCL", *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 51-56, 2012

Tečić, P., Rađenović, J., Lukić, N., Popović, S., "Lattice Boltzmann simulation of two-sided lid-driven flow in a staggered cavity" *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, published by Taylor & Francis, Vol. 24, No. 9, October–November 2010, pages 383–390, 2010

M32 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

Marković, J., Lukić, N., Tekić, P., Rađenović, J., "The analysis of fluid flow and vortex formation between two corrugated plates using numerical methods" *XXIII International Congress On Processing Industry, Tara 2010*, str. 64, 2010

Lukić, N., Marković, J., Tekić, P., Rađenović, J., "Vortex formation inside deep cavities applying lattice boltzmann method" *XXIII International Congress On Processing Industry, Tara 2010*. str. 63, 2010

M33 – Рад саопштен на скупу међународног значаја, штампано у целини

Tekić J., Tekić P., Racković M., "Developing distributed multi-core and many-core architecture using java agents" ICIST 2015 - 5th International Conference on Information Society and Technology, Kopaonik 2015, pp. 479-483, 2015

Tekić J., Tekić P., Racković M., "Performance comparison of Lattice Boltzmann fluid flow simulation using OpenCL and CUDA frameworks" ICIST 2014-4th International Conference on Information Society and Technology, Kopaonik 2014, pp. 303-306, 2014

M52 - Рад у домаћем часопису

Lukić, Nataša Lj., Tekić, Predrag M., Radenović, Jelena B. and Šijački, Ivana "Lattice Boltzmann simulation of two-sided lid-driven flow in deep cavities" Acta Periodica Technologica, vol. 46 pp. 157-168, 2015

M63 - Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини

Tekić J., Tekić P., Racković M., "Visualisation of flow and temperature field calculated by lb method in post-processing software Paraview", YU INFO 2014, Kopaonik 2014, pp. 479-483, 2014

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Основни циљ истраживања није било апсолутно убрзавање извршавања описаних симулација већ имплементација симулације у OpenCL коду која ће се извршавати на више уређаја истовремено и омогућити оптимално коришћење свих доступних уређаја персоналних рачунара.

Оригинални резултати истраживања приказани су у четвртом, петом и шестом поглављу.

Добијени научни резултати приказани у четвртом поглављу су:

- (i) Имплементиран је алгоритам у OpenCL коду за решавање Lattice Boltzmann методе на више хетерогених вишејезгарних уређаја истовремено
- (ii) Уведене су и приказане различите структуре података које се могу користити за пренос делова мреже на уређаје за паралелно израчунавање
- (iii) Развијени су и приказани различити алгоритми који користе специфичности OpenCL спецификације и специфичности хардверске архитектуре за убрзање симулације у OpenCL коду.

У поглављу пет извршена је детаљна анализа перформанси извршавања симулације на девет различитих конфигурација за све алгоритме описане у поглављу четири, добијени научни резултати су:

- (i) Показано је да су резултати извршавања симулације на више хетерогених вишејезгарних уређаја у складу са резултатима у доступној литератури
- (ii) Поређене су брзине извршавања симулације када се за исти алгоритам користе различите структуре података за пренос мреже на уређаје за паралелно извршавање на свакој од девет конфигурација и дат је предлог која је структура најбоља за посматрани алгоритам и конфигурацију.
- (iii) Поређене су брзине извршавања симулације за различите алгоритме у оквиру једне конфигурације за свих девет конфигурација
- (iiii) Дата је анализа предности алгоритма по групама уређаја свих актуелних произвођача.

У поглављу шест приказана је архитектура проширеног софтвера за симулацију тока флуида на више хетерогених вишејезгарних уређаја:

- (i) Дат је предлог имплементације микросервиса за кориснички интерфејс који треба да омогући једноставно покретање и коришћење симулације
- (ii) Дат је предлог имплементације микросервиса за извршавање симулације који пружа могућност лаког проширења апликације (додавање решења за додатне проблеме, на пример флуиде који се греју) и могућност коришћења апликације од стране трећих апликација креирањем два endpoint-а.

На основу наведених научних резултата креирана је проширива софтверска платформа за симулацију тока флуида на више хетерогених вишејезгарних уређаја и представљени су алгоритми који на основу специфичности уређаја на којима се ради треба да обезбеде максималне перформансе извршавања симулације.

Добијени резултати у дисертацији су актуелни, оригинални и квалитетни у области методологије у рачунарству.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Избор методологија и стандарда за развој прошириве апликације за CFD симулацију је савремен, одговарајући и флексибилан за реализацију постављених циљева. Тумачење резултата истраживања приказано је јасно, прегледно и систематично уз употребу табела и графичких приказа.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

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

Дисертација је у потпуности написана у сагласности са планом датим у извештају о оцени подобности теме за израду докторске дисертације.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе. У прва три поглавља описани су сви битни познати резултати на које се дисертација ослања. Детаљан приказ резултата добијених у овој дисертацији је дат у преосталим поглављима. Списак референци садржи релевантне радове и сведочи да кандидат одлично познаје област истраживања. Дисертација је прегледна и добро организована.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригиналан допринос науци је реализација прошириве портабилне апликације за CFD симулацију на више хетерогених вишејезгарних уређаја коришћењем OpenCL стандарда. У дисертацији је приказано више варијација алгоритама и различите структуре података које се могу искористити за постизање оптималних перформанси у складу са специфичностима архитектуре која се користи. Показано је да су резултати који се добијају имплементацијом LB методе на више хетерогених вишејезгарних уређаја сагласни са резултатима у литератури и да су бржи у односу на извршавање на само једном хетерогеном вишејезгарном уређају.

Приказано је како креирање микросервис архитектура са корисничким интерфејсом пружа могућност једноставног покретања и коришћења CFD апликације. Такође креирана су два end-point-а помоћу којих је омогућен приступ трећих апликација CFD симулацији.

Значајан допринос је и приказана анализа перформанси на различитим конфигурацијама приликом извршавања симулације тока флуида. Анализа пружа увид у побољшање перформанси извршавања симулације коришћењем одговарајућег алгоритма на основу специфичности архитектура свих тренутно актуелних произвођача.

О оригиналном доприносу дисертације сведоче наведени научни радови из одељка VI од којих су прва три наведена публикована у међународним часописима са SCI листе.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Утврђено је да дисертација нема недостатака који би утицали на резултате истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација под називом Оптимизација CFD симулације на групама вишејезгарних хетерогених архитектура прихвати, а кандидату мр Јелена Текић одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Срђан Шкрбић, ванредни професор, председник
Природно-математички факултет, Нови Сад

др Милош Рацковић, редовни професор, ментор
Природно-математички факултет, Нови Сад

др Милош Савић, доцент, члан
Природно-математички факултет, Нови Сад

др Наташа Лукић, доцент, члан
Технолошки факултет, Нови Сад