

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор” по докторска програма „Компютърни системи, комплекси и мрежи“, професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“

Автор на дисертационен труд: ас. маг. инж. Милен Георгиев Ангелов

Тема на дисертационния труд: „Архитектура на маршрутизатор за MPP и NUMA компютри с DLH мрежова топология”

Рецензент: проф. д-р Пламенка Боровска

Представеният за рецензиране дисертационен труд съдържа увод, изложение от четири глави, заключение, справка за приносите, списък на цитираните литературни източници, списък на публикациите и две приложения. Общият обем на текста е 187 страници, в които се съдържат 101 графични фигури и 5 таблици. Списъкът на цитираната литература (общо 130 източника) съдържа 129 заглавия на английски език и 1 на български език.

1. АКТУАЛНОСТ НА РАЗРАБОТВАНИЯ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД ПРОБЛЕМ В НАУЧНО И НАУЧНО-ПРИЛОЖНО ОТНОШЕНИЕ

Едно от главните направления в развитието на съвременните компютърни архитектури с висока производителност касае мащабируемите паралелни системи с разпределена памет, съставени от десетки и стотици хиляди изчислителни възли. Тясното място за тези архитектури е обменът на данни между процесорните елементи, осъществяван чрез комуникационната подсистема. В този аспект търсенето на ефективни решения за реализиране на високоскоростни комуникационни мрежи, осигуряващи скалируемостта на паралелните компютърни системи е много актуален проблем. Дисертационният труд е посветен на маршрутизаторите за системните комуникационни мрежи на този клас паралелни компютри, предназначени за осъществяване на обмена на съобщения между отделните изчислителни възли. В него се анализират методи и средства за високоскоростен трансфер на пакети през маршрутизаторите, изграждащи мрежовата топология, използваните в тях видове маршрутизации и техники за управление на потока.

Решаваните от автора задачи са свързани с отличното познаване на използваните апаратни методи, средства и алгоритми, свързани с проектирането на такива устройства, както и на необходимия за провеждането на научните изследвания инструментариум за оценка и анализ на получаваните експериментални резултати.

Целта на дисертационния труд е създаването на архитектурна платформа на високоскоростен маршрутизатор за паралелен компютър, използващ Double-Loop Hypercube (DLH) мрежова топология за реализация на своята комуникационна подсистема. Маршрутизаторът трябва да се отличава с висока пропускателна способност и ниска латентност.

Направената от докторанта обосновка на актуалността и изложените съображения са коректни и основателни.

2. СТЕПЕН НА ПОЗНАВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ЛИТЕРАТУРНИЯ МАТЕРИАЛ

Докторантът прави задълбочен обзорен преглед и анализ на съвременното развитие на архитектурите на паралелните компютри и използваните съвременни статични комуникационни мрежи. Извършен е подробен анализ на основните видове архитектури на маршрутизатори и на техните функционални блокове, като е демонстрирано много добро познаване на изследваната област.

Библиографската справка включва 130 информационни ресурси. Използваните литературни източници преобладаващо датират от последните шест години и по същество са доклади, анализи и резултати от научни изследвания в избраното научно направление, публикувани в авторитетни научни списания и конференции. Анализът на състоянието и дефинираните актуални проблеми в изследваната област, както и формулираната цел и задачи на дисертационния труд, показват добро познаване и осмисляне на проблематиката. Направено е подробно разглеждане на резултатите и изводите от изследванията, отразени в литературните източници, въз основа на което може да се заключи, че докторантът притежава необходимите умения за творческа интерпретация на литературния материал. Доказателство за задълбоченото познаване на проблема са приведените в дисертационния труд анализи и сравнения на различни модели, архитектури, методи и подходи, използвани при проектирането на маршрутизатори за паралелни компютри, посочването на техните предимства и недостатъци, както и акцентирането върху някои особености, използвани за решаване на поставените задачи на дисертационния труд.

3. СЪОТВЕТСТВИЕ НА ИЗБРАНАТА МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ С ПОСТАВЕНАТА ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Решаваните задачи в дисертационния труд са насочени към постигане на неговата основна цел: *„Създаване на архитектурна платформа на високоскоростен маршрутизатор за паралелен компютър, използващ DLN мрежова топология за реализация на комуникационната подсистема. Маршрутизаторът трябва да притежава висока пропускателна способност и ниска латентност.“*

Задачите са правилно определени и формулирани адекватно на целта. Решени са в необходимия обем и на високо научно ниво. Считаю, че избраният метод за изследване на проектираната архитектурна платформа на маршрутизатор, на неговите базови функционални блокове и на проектираните алгоритми за тяхното управление, е подходящо подбран и в пълно съответствие с поставената цел и задачи на дисертационния труд, както и с постигнатите приноси.

Реализацията на поставените задачи в дисертационния труд се базира на общи архитектурни модели на паралелни компютри и комуникационни подсистеми, разширени със съвременни технологични решения. Избран е концептуален архитектурен модел на маршрутизатор с VCT комутация на пакети за DLN мрежова топология и минимална адаптивна маршрутизация. На тази база са разработени тристепенна конвейерна архитектура в комбинация с алгоритъм за минимална адаптивна маршрутизация, адаптирани към избраната топология. Решението се

характеризира с максимално възможна скорост на превключване и максимално натоварване на изходните канали на маршрутизатора. Реализирани са иновативни архитектурни решения на входните буфери, позволяващи увеличаване на пропускателната способност на маршрутизатора и отсъствие на проблема взаимна блокировка. Управлението на функционалните блокове на маршрутизатора и тяхната координация чрез множеството от дефинирани сигнали се основава на проектирането на автоматни модели с необходимия брой състояния.

Разработени са програми, описващи работата на модулите на маршрутизатора в тяхната взаимосвързаност, като са използвани доказани в световната практика програмно-инструментални средства (Verilog, PlanAhead v14.6). Извършените експерименти чрез симулации са удачни за целта на провежданите изследвания. Доказана е работоспособността и ефективността на предложената архитектурна платформа и ниската латентност при трансфера на пакети.

4. ОБЩА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е оформен в увод, четири глави, заключение, приноси, библиография, списък на публикациите по темата на дисертацията и две приложения. Общият обем е 187 страници. Представени са 101 фигури и 5 таблици. Списъкът с литературни източници в изследваната научна област наброява 130, което говори за едно много добро познаване на проблематиката и постиженията в областта. Авторът е структурирал много добре представената работа. Първа глава има обзорен характер. В нея са разгледани паралелните компютри и използваните в тях статични мрежи. Във втора глава е направен сравнителен анализ на архитектурни решения, видове маршрутизации, начини и подходи, използвани при проектирането на маршрутизатори за паралелни компютри, на чиято основа са направени обосновани избори на използваните принципи, подходящи за решаване на поставените задачи. В трета глава са синтезирани същинският проект на концептуалната платформа на маршрутизатор за статична DLN мрежова топология, използваният алгоритъм за маршрутизация и основните функционални възли, изграждащи един такъв маршрутизатор. В четвърта глава са приведени изследвания, резултати и анализи на разработената архитектура, фокусирани върху изследването на латентността при трансфера на пакетите.

В заключение към трета и четвърта глава, които съдържат оригиналните постигнати резултати, са представени обобщени изводи и са оформени претенциите за приноси, които са много добре систематизирани. Дисертационната работа като цяло е много добре оформена. Описанието е коректно и задълбочено. Текстът е оформен ясно и грамотно написан, което е показателно за професионализма на автора. Стилът и начинът на изложение на дисертационния труд потвърждават неговото авторство.

5. ОЦЕНКА НА ПРИНОСИТЕ В ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА И ТЯХНАТА ЗНАЧИМОСТ

Приемам резултатите, получени в дисертационния труд и ги оценявам като **значими**.

Като **научно-приложни** оценявам следните приноси:

- Предложена е концептуална платформа за проектиране на високоскоростен маршрутизатор за паралелни компютри, изградени на базата на DLN мрежова топология, осигуряващ ниска латентност, висока отказоустойчивост и липса на взаимна блокировка;
- Разработен е алгоритъм за минимална адаптивна маршрутизация на пакети за комуникационна мрежа с DLN топология, подходящ за реализация чрез апаратни средства, чрез който само за един такт се определя посоката на предаване на един пакет;
- Предложена е архитектура на високоскоростен маршрутизатор, който се характеризира с тристепенен конвейер, пряко свързване на входните опашки към комутатор, арбитраж при всеки от изходните канали и Cut-Through техника за комутация;
- Предложена е архитектура и е разработен алгоритъм на функциониране на входен буфер на маршрутизатора на базата на пул от FIFO опашки, директно свързани към комутационните канали и позволяващи в даден интервал от време от един и същ входен буфер към изходните канали да бъдат изпращани множество пакети за осигуряване на висока пропускателна способност. Подходът позволява достигане на пълно натоварване на изходните канали.

Като **приложен** оценявам характера на следните приноси:

- Разработен е блок за маршрутизация и арбитраж – двустепенен разпределител с iSLIP алгоритъм, изграден от арбитри за всяка от опашките на входните буфери и за всеки от изходните канали. Разпределението се извършва с една итерация във всеки времеви интервал;
- Разработени са структурите и алгоритмите на функциониране на основните възли на един маршрутизатор за DLN мрежова топология – буфери, опашки, арбитри и канали, в тяхната цялост и взаимосвързаност в маршрутизатора;
- На основата на симулационни експерименти в среда Verilog при подходящо подбрани входни вектори, отразяващи критични за производителността на маршрутизатора ситуации, е доказана работоспособността на основните функционални възли на маршрутизатора и минималната латентност от два такта при трансфера на един пакет.

6. ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА НА ЛИЧНО УЧАСТИЕ НА ДОКТОРАНТА В ПРИНОСИТЕ

Анализът на дисертационния труд по отношение на съдържание и стил на излагане на резултатите от изследванията, както и на база на представения списък на направените по дисертацията публикации, ми дава основания да направя заключение, че авторът познава много добре състоянието на проблема и считам, че личното му участие в проведените изследвания и в написването на дисертацията не подлежи на съмнение.

7. ПРЕЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Авторът е представил своите дисертационни резултати в общо 6 публикации, от които 5 са на конференции с международно участие и една статия в рецензирано научно списание. Пет от публикациите са самостоятелни. Периодът на отпечатване на статиите е 2014 – 2017. Съпоставянето на отделните глави в дисертационния труд с представения от автора списък в края на дисертацията дава основание да се заключи, че публикациите изцяло покриват тематика на дисертационната работа, коректно отразяват достигнатите съществени приноси, като резултатите са станали известни на научната общественост.

8. ОЦЕНКА НА СЪОТВЕТСТВИЕТО НА АВТОРЕФЕРАТА С ИЗИСКВАНИЯТА ЗА ИЗГОТВЯНЕТО МУ, КАКТО И НА АДЕКВАТНОСТТА НА ОТРАЗЯВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Представеният автореферат е правилно оформен и обемът му е добре премерен. Отговаря на всички изисквания за изготвянето му. Изложеното в него отразява адекватно основното съдържание, приносите и публикациите на докторанта по дисертационния труд.

9. МНЕНИЯ, ПРЕПОРЪКИ И БЕЛЕЖКИ

Нямам принципни забележки към дисертационния труд в настоящия му вид.

Мнението ми за дисертационния труд е, че е изготвен прецизно и на високо професионално ниво. Тематиката е изключително трудна и е апаратно насочена в областта на компютърните архитектури. Получените приноси са значими и полезни за теорията и могат да имат практическа насоченост.

По дисертацията могат да се направят следните бележки и препоръки:

- Препоръчвам към отделните глави да се добавят виждания за бъдещи посоки на изследвания на докторанта.
- Считаю, че трудът е стойностен и препоръката ми е авторът да продължи изследванията в избраните научни направления.

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценката ми за дисертационния труд е положителна. Дисертационният труд е в актуална научно-приложна област. Докторантът постига поставените цели и задачи. Приносите, за които претендира, са действително получени, лично дело са на докторанта и са отразени в престижни научни форуми. Дисертационният труд е изпълнен прецизно, на високо професионално ниво, съдържа резултати, които представляват принос в науката и отговаря на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на закона и съответния правилник на Техническия Университет – Варна.

Кандидатът инж. Милен Ангелов притежава задълбочени знания по специалността „Компютърни системи, комплекси и мрежи“ и способности за провеждане на научни изследвания. Въз основа на анализа на постигнатите приноси и оценката на достойнствата на дисертационните изследвания като цяло по отношение на тяхната *актуалност, значимост и практическа полезност*, давам своето положително заключение за представения ми за рецензиране дисертационен труд на ас. маг. инж. Милен Георгиев Ангелов, и предлагам на научното-жури да присъди образователната и научна степен „**доктор**“ по професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, докторска програма „Компютърни системи, комплекси и мрежи“.

14.08.2018г.
гр.София

Рецензент:
/проф. д-р Пламенка Боровска/