

Рецензия

върху дисертационен труд за получаване на научната степен „Доктор”

Автор на дисертационния труд: **инж. Милен Георгиев Ангелов**

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

Научен ръководители: **доц. д-р инж. Надежда Стефанова Рускова**, катедра "Компютърни науки и технологии" при ФИТА, Технически университет - Варна
Рецензент: **доц. д-р инж. Стефан Станчев Димитров**, Факултет по математика и информатика към Софийски университет „Св. Климент Охридски”

1. Актуалност на разработвания проблем

Научни изследвания, свързани с повишаване на компютърната производителност се правят откакто съществуват компютрите. Те са насочени главно в намиране на интензивни подходи – изчислителни модели, излизащи от рамките на традиционния модел на Фон Нойман – търсене на паралелизми в изпълнението на конкретна задача, разпределение на изчислителната мощност между различни модули. В днешно време все по-актуални стават високопроизводителните системи с огромна изчислителна мощност (суперкомпютрите), които изискват и високопроизводителна и отказоустойчива инфраструктура. Задачата за създаване на свръх високопроизводителен компютър в края на краищата опира до това отделните негови възли (изчислителни модули) да могат да работят съвместно за решаване на задачи, които не са по силите на една обикновена изчислителна машина. Казано по-просто, отделните възли да могат да “говорят” помежду си – да работят съвместно. По тези причини в научната литература има доста разработки на системни мрежи за свързване на изчислителни модули на паралелни компютри.

Дисертантът си е поставил амбициозната задача да създаването на архитектурна платформа на високоскоростен маршрутизатор за паралелен компютър, използващ Double-Loop Hypercube (DLH) модифицирана хиперкубична мрежова топология за реализация на комуникационната подсистема. Проектираният маршрутизатор трябва да притежава висока пропускателна способност, ниска латентност, липса на блокиране от тип “задънена улица” (deadlock) и висока степен на толерантност към откази.

2. Степен на познаване на състоянието на проблема и творческо оценяване на литературния материал

Милен Ангелов е цитирал 130 литературни източника. Преобладаващите, повече от 100, са от 2010 г. насам. В разработването на дисертацията са ползвани четири учебника (от 2006 г., 2004 г., 2003 г. и 2001 г.), Дисертантът се позовава и на фирмена литература, което е доказателство и за научно-приложния характер на работата. Цитиранията са от доклади и сборници на престижни международни конференции. В 1 глава е изложен извършеният литературен обзор, обхващащ проблемите, на които е посветена работата. Разгледани са и са анализирани паралелните компютри и техните основни характеристики, свързани най-вече с организацията на паметта. Авторът се фокусира върху анализ на топологиите за свързване на възлите в паралелна система и на комуникационните мрежи за обмен на данни в такава система. Въз основа на направените анализи и изведени сравнителни характеристики инж. Ангелов обосновава изводи и формулира основните цели и задачи на дисертационния труд.

От съдържанието на 1 глава и обема на цитираната най-съвременна литература по темата може да се заключи, че Милен Ангелов има задълбочени познания по поставените проблеми. Представените анализи, обзора на толкова голямо количество възможно най-актуални литературни източници е сериозен принос на дисертанта. До тук може да се заключи, че първата от целите на дисертацията - да се направи сравнителен анализ и избор на маршрутизация и техника за комутация за комуникационна мрежа с DLN топология, които да послужат при разработване на алгоритъм за маршрутизация, адаптиран към избраната мрежа, е изпълнена.

3. Оценка на разработената методология и приносите на автора

Съществените приноси на предоставения за рецензиране труд са концентрирани в Глави 2, 3 и 4.

Дисертантът прави задълбочени сравнителни анализи на възможните реализации на комуникационната система и по-конкретно, на архитектурата на маршрутизаторите, алгоритъма за маршрутизация и протокола за трансфер. Архитектурата е пряко зависима от техниката на комутация. Инж. Ангелов стига до извода, че от наложилите се два метода за комутация - Wormhole и Virtual Cut-Through, вторият, макар и да изисква по-големи буфери, постига максимална скорост при последователното предаване на флитове на един пакет и гарантира срещу взаимна блокировка на пакетите.

Принос на автора е прилагането на подобрения в тази техника, намерили приложение при избора на архитектура на маршрутизатора. Използваните принципи за изграждане на структурите на основните блокове дават основата за създаване на архитектурна платформа на маршрутизатор, притежаващ висока пропускателна способност и ниска латентност.

Прякото свързване на входните буфери към комутатора намалява латентността на пакетите и позволява свързване на повече от една опашка от един буфер към изходите. Арбитражът при всеки от изходните канали решава конфликтите при изходите и позволява максимално да се използва пропускателната способност на маршрутизатора. Премахва се опасността от deadlock блокиране. За това допринася и решението за реализация на входния буфер като пул от FIFO опашки, който освен това осигурява и максимална скорост при приемане на флитове. Комутаторът е изпълнен като матрица (Crossbar) с независимо мултиплексиране на входните опашки към изходите. Усилията на автора са насочени към преодоляване на вродения недостатък на тази технология в "чистия" ѝ вид - "Head of Line" (HOL) блокирането. Ако два пакета постъпят в комутатора по едно и също време и са насочени към различни изходни портове, единият от тях е блокиран, докато се извърши прехвърлянето на другия. Това води до нареждане на пакетите в опашка и, ако няма достатъчно буферно пространство, някои от тях се изхвърлят.

Решението за изходния канал с кръгов арбитър за справедлив избор на входна опашка, която да бъде свързана към изхода, преодолява недостатъците на линейната комутация и обикновените FIFO опашки, като осигурява висока пропускателна способност на канала и на маршрутизатора като цяло. За буфериране на изхода се използва само регистър, което води до намаляване на апаратната част, спестяване на място върху чипа и намалена консумация на енергия.

Направените изводи се прилагат при проектирането на маршрутизатора и съответния алгоритъм - за минимална адаптивна маршрутизация на пакети, адаптиран към комуникационна мрежа с DLN топология. В блоковата схема на маршрутизатора са "вградени" изведените основни принципи като тристепенен конвейер за трансфер на флитове, директно свързване на опашките на входните буфери към комутатора,

арбитраж при всеки от изходните канали и използване на Cut-Through техника. Разработен е управляващ автомат за блока за инициализация на маршрутизатора. Входният буфер за входните канали на маршрутизатора е пул от FIFO опашки, пряко свързани към комутатора. Така във всеки даден интервал от времето от един входен буфер могат да бъдат изпращани повече от един пакети към изходните канали, с което се осигурява максимална пропускателна способност. Блокът за маршрутизация и арбитраж е двустепенен разпределител с iSLIP алгоритъм – арбитър, който управлява отделните връзки и планира трафика така, че crossbar матрицата да постигне 100% пропускателна способност. Създадени са арбитри за всяка от опашките на входните буфери и за всеки от изходните канали. Архитектурните решения са обосновани от представената обобщена времедиаграма за трансфер на пакети между изходен и входен канал на два съседни маршрутизатора, използващи Cut-Through техника за комутация. Експериментално е доказана работоспособността на блока за инициализация, като са изследвани различни комбинации от възможни входни последователности от сигнали и е показана правилността на работата на входните буфери на маршрутизатора. Със симулации и техните времедиаграми дисертантът доказва адекватното управление на входните опашки на буфера, както и работата на един от основните елементи - FIFO опашка, управлявана от своя автомат и от входния буфер на маршрутизатора. Времедиаграмите на симулациите на трансфер на пакети от изходен канал на текущия маршрутизатор към входен буфер на съседен маршрутизатор доказват точно управлението на канала съгласно алгоритъма за предаване, както и малката латентност.

4. Относно автореферата към дисертационния труд

Авторефератът към дисертационния труд е изложен на 26 машинописни страници. От него читателят може да придобие достатъчно пълна представа за съдържанието и приносите на дисертационния труд.

5. Оценка на публикациите на автора

Основните научни и научно-приложни резултати на Милен Ангелов са изложени в цитираните **6 публикации**. Всички те отразяват основните приноси на дисертацията. В една от публикациите (под номер 2):

- Angelov M., Ruskova N. Packet Transfer in DLH Networks, IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), e-ISSN: 2278-0661, p-ISSN: 2278-8727, Vol.19, Issue 5, Ver. II (Sep.- Oct. 2017), pp. 08-13

М. Ангелов е съавтор с научния ръководител. Списанието, в което е публикувана статията, е с Impact Factor 3.712 за 2018 г. и има над 70% цитируемост.

Другите пет публикации са самостоятелни:

1. Angelov M. Routers for MPP Computers, Using Direct Communications Networks, John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS'2014 October 1-3, 2014, Sofia, Bulgaria, ISSN 1313-1869;
3. Ангелов М. Арбитраж на пакети в маршрутизатор за MPP компютри с DLH мрежова топология, Трета научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 25-26 Септември, 2015, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2015, стр. 38-45;
4. Ангелов М. Един вариант за Cut-Trough управление на потока в маршрутизатор за MPP компютри, Трета научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 25-26 Септември, 2015, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2015, стр. 46-54;

5. Ангелов М. Маршрутизация на пакети в MPP компютри с DLN мрежова топология, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27 Септември, 2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 64-69;

6. Ангелов М. Структура и управление на буфер за входен канал на маршрутизатор за MPP компютри, Втора научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 26-27 Септември, 2014, Варна, България, ISSN 1312-3335, Бр.1/2014, стр. 71-76.

Всички те са публикувани в сборници на авторитетни конференции с международно участие, известни са и са достъпни за обсъждане от научната общност. Публикации 3, 4, 5 и 6 са откриваеми в Google Scholar:

https://scholar.google.com/scholar?cites=2793309676248136442&as_sdt=2005&sciodt=0,5&hl=en

https://scholar.google.bg/scholar?start=10&q=Angelov+Milen&hl=bg&as_sdt=0,5

Не бяха открити следи в Scopus и Web of Science.

6. Забележки...

- стр. 6 : Можеше да бъде по-добре обяснено понятието за флит (flit).
- стр. 8 : В Таблица 1.1. "Най-бързите компютри в света според Top500", заглавията на колоните, както и имената на държавите, трябваше да са на български език.
- стр. 10 : "Възможност за upgrade", трябваше да се изпозва първо българският термин "надграждане". На стр. 37 и по-нататък: Необходимо е да се намерят български термини за "Oblivious алгоритъм", "dimension-ordered routing", "Switch Arbiter" и др.
- стр. 37: "Детерминирани алгоритми за маршрутизация установят", трябва да бъде "установяват".
- Означенията във фигурите и диаграмите също трябва да са на български език.

и въпроси:

1. Какво имате предвид, като казвате, че "Разграничаването между статичните и динамичните мрежи е до голяма степен академична класификация."?
2. Защо избирате точно минимална адаптивна маршрутизация?
3. В работата не се аргументирате защо симулациите се извършват точно с помощта на програмен продукт PlanAhead, а сорсовете на програмите са написани на Verilog. Защо избрахте именно тези продукти?
4. Кои от резултатите от работата ви са внедрени в реални системи?
5. Какво е вашето виждане за по-нататъшното развитие на представените в дисертацията проблеми?

7. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд има необходимите качества **инж. Милен Георгиев Ангелов** – докторант към катедра "Компютърни науки и технологии" при

ФИТА на Технически университет - Варна да придобие образователна и научна степен „доктор”, по научна специалност „Компютърни системи, комплекси и мрежи”, тъй като:

- е актуален и има обоснована и значима цел;
- използваният литературен материал е анализиран и оценен творчески;
- използваният подход за решаване на поставените задачи е на съвременно ниво;
- прилагането на разработената методика е довело до положителни практически резултати;
- притежава научно-приложни и приложни приноси.

10.08.2018 г.

Рецензент:

(доц. д-р Стефан Димитров)