

Розробка теоретичних основ, методів та засобів проектування сучасних високопродуктивних комп'ютерних систем у середовищах Грід- та хмарних систем
Разработка теоретических основ, методов и способов проектирования современных высокопроизводительных компьютерных систем в среде Грід- и облачных систем
Development of theoretical basics, methods and tools for design of modern high speed computer systems in Grid and Cloud systems

1. Номер державної реєстрації теми – 0112U001585, НТУУ “КПІ” – 2502-ф.

2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Сімоненко В.П., Сімоненко В.П., Simonenko Valeriy.P.

3. Суть розробки, основні результати.
(укр.)

Розроблена нова архітектурна концепція організації паралельних обчислень у Грід-системах та хмарному середовищі з використанням програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС) як високопродуктивного гетерогенного обчислювального ресурсу з архітектурою програмованого операційного блоку з обробкою потоків даних, що дає змогу досягати оптимізованого відношення продуктивність-енергоспоживання та спростити програмування обчислювальних задач для цих систем. Розроблені нові підходи до диспетчеризації обчислювальних процесів у гетерогенних Грід-системах, які дозволяють оптимізувати завантаженість обчислювальних ресурсів, ефективно виконувати їх моніторинг. Розроблено новий метод ресинхронізації графів синхронних потоків даних, який забезпечує проектування конвеєрних схем для реалізації в ПЛІС, що відрізняються мінімізованими апаратними витратами при оптимізованій продуктивності. На базі цього методу створено систему автоматизованого проектування (САПР) паралельних обчислювальних схем, що описані мовою VHDL і конфігуруються в ПЛІС, яка впроваджується як застосунок у хмарне середовище. Клієнтська частина експериментальної САПР розміщена на Web-браузері користувача, а серверна частина – на сервері HP Blade server C3000, який встановлено в НТУУ „КПІ“.

Розроблено генератори модулів ділення, добування квадратного кореня, рекурсивних цифрових фільтрів на базі онтології структур фільтрів та прикладної бази знань, які призначені для генерування віртуальних модулів для ПЛІС і впроваджуються у хмарному середовищі. Цифрові фільтри, що генеруються, мають мінімальні апаратні витрати та максимальну частоту дискретизації, яка досягає 400 МГц.

За допомогою САПР паралельних обчислювальних схем розроблено ряд віртуальних обчислювальних модулів, таких як контролер локальної мережі Ethernet, декодер Ріда-Соломона, процесори швидкого перетворення Фур'є, двовимірною дискретного косинусного перетворення, ядро мікропроцесора ARMv.3, ядро мікроконтролера i8051, яке має підвищену швидкодію до 100 млн. команд за сек.

(рос.)

Разработана новая архитектурная концепция организации параллельных вычислений в Грід-системах и облачной среде с использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) как высокопроизводительного гетерогенного вычислительного ресурса с архитектурой программируемого операционного блока с обработкой потоков данных, что позволяет достигать оптимизированного отношения производительность-энергопотребление и упростить программирование вычислительных задач для этих систем. Разработаны новые подходы к диспетчеризации вычислительных процессов в гетерогенных Грід-системах, которые позволяют оптимизировать загруженность вычислительных ресурсов, эффективно выполнять их мониторинг. Разработан новый метод ресинхронизации графов синхронных потоков данных, который обеспечивает проектирование конвейерных схем для реализации в ПЛИС, отличающихся минимальными аппаратными затратами при оптимизированной

производительности. На базе этого метода создана система автоматизированного проектирования (САПР) параллельных вычислительных схем, описанных на языке VHDL и конфигурируемых в ПЛИС, которая внедряется как приложение в облачной среде. Клиентская часть экспериментальной САПР размещена на Web-браузере пользователя, а серверная часть - на сервере HP Blade server C3000, установленном в НТУУ "КПИ".

Разработаны генераторы модулей деления, извлечения квадратного корня, рекурсивных цифровых фильтров на базе онтологии структур фильтров и прикладной базы знаний, которые предназначены для генерирования виртуальных модулей для ПЛИС и внедряются в облачной среде. Генерируемые цифровые фильтры имеют минимальные аппаратные затраты и максимальную частоту дискретизации, достигающую 400 МГц.

С помощью САПР параллельных вычислительных схем разработан ряд виртуальных вычислительных модулей, таких как контроллер локальной сети Ethernet, декодер Рида-Соломона, процессоры быстрого преобразования Фурье, двумерного дискретного косинусного преобразования, ядро микропроцессора ARMv.3, ядро микроконтроллера i8051, имеющее производительность до 100 млн. команд в секунду.

(англ.)

A new architectural concept of parallel computing in GRID systems and cloud environment is proposed, which uses FPGA as a high-performance heterogeneous computing resource. FPGA is used as heterogeneous programmable operating unit for processing data streams, allowing for achievement of optimized performance-related energy consumption. The concept simplifies programming the computational problems for these systems. New approaches to computation scheduling in heterogeneous GRID systems are developed, that allow for optimizing the workload of computing resources, and effectively carry out their monitoring. A new method of resynchronization of synchronous dataflow graphs is proposed, that provides design of pipelined datapaths for FPGAs, which have minimized costs and optimized performance. The CAD tool of parallel computing systems described in VHDL is designed which is based on this method. The tool is implemented as an application in the cloud environment. The client side of the experimental CAD tool is installed on a Web-browser, and the server side is installed in the HP Blade server C3000, which is placed in NTUU "KPI".

The divider, square root, IIR filter core generator is designed, which generates the pipelined IP cores with excellent parameters of speed and hardware volume. The IIR filters are multiplier free, and their structures are found using the filter structure ontology and applied knowledge base. The IP core generators are intended for installing in a cloud environment, or in Web-server. The generated digital filters have minimum hardware costs and maximum sample rate that achieves to 400 MHz.

Developed CAD tools helped to design a number of IP cores such as Ethernet controller, Reed-Solomon decoder, pipelined FFT processors, 2-D DCT processors, microprocessor ARMv.3 core, i8051 microcontroller core, which has a performance of 100 mln. instructions per second.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Ряд розроблених віртуальних обчислювальних модулів, таких як контролер локальної мережі, декодер Ріда-Соломона, ядро мікроконтролера i8051, описані мовою VHDL і є об'єктами інтелектуальної власності.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Розроблені підходи до диспетчеризації обчислювальних процесів у гетерогенних Грід-системах, метод проектування конвеєрних процесорів для обробки потоків даних на основі відображення просторового графу синхронних потоків даних та методики на його основі відповідають світовому рівню. Розроблені САПР та генератори віртуальних модулів вперше у світі дають змогу проектувати такі модулі, застосовуючи Web-браузер. Модулі, що генеруються генераторами віртуальних модулів та інші розроблені модулі відповідають кращим світовим зразкам або перевищують їх. Віртуальні модулі, що розроблені за допомогою

генератора рекурсивних цифрових фільтрів, впроваджено в ультразвуковому вимірювачі товщини, який не має світових аналогів.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Віртуальні обчислювальні модулі таких як контролер локальної мережі Ethernet, декодер Ріда-Соломона, процесори швидкого перетворення Фур'є, ядра мікропроцесора ARMv.3, ядра мікроконтролера i8051 та інші дають змогу при їх впровадженні у ПЛІС відмовитись від придбання ліцензій на аналогічні віртуальні модулі, які коштують від 5 до 100 тисяч грн. Можливий продаж ліцензій на ці модулі.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Галузі, підприємства, в яких розробляються та використовуються засоби електроніки та керування на базі ПЛІС, як наприклад, НВО "Авіант", завод "Арсенал", ДП "УСС", ДП "ДЦБ", ДП ВО "Імпульс", ДП ВО "Київприлад", ДНВП "Дельта", ВАТ Завод "Маяк", ДПНДІ "Квант", ЗАТ "Промзв'язок", ДНВП "Символ", ЗАТ "Софтлайн", ССЗІ, СБУ, СЗР України, ВАТ "Укртелеком" та інших.

8. Стан готовності розробки

Метод проектування конвеєрних процесорів для обробки потоків даних на основі відображення просторового графу синхронних потоків даних та методики на його основі мають рівень формалізації, який є достатнім для їх впровадження у нових системах автоматизованого проектування (САПР) конфігурованих обчислювальних засобів на базі ПЛІС. Експериментальний зразок САПР інстальований на сервері HP Blade server C3000, який знаходиться в НТУУ „КПІ“, проходить випробування та удосконалення. Ряд розроблених віртуальних обчислювальних модулів, таких як контролер локальної мережі, декодер Ріда-Соломона, ядро мікропроцесора ARMv.3, мікроконтролер i8051, мають відповідну документацію і готові для впровадження негайно або після незначних доробок за умовами замовника.

Передбачається: 1) використати методи та методики відображення алгоритмів в ПЛІС при виконанні ряду проектів, як наприклад, ультразвуковий товщиномір з підвищеною точністю (ДКР на кафедрі обчислювальної техніки НТУУ"КПІ"), 3) розробити конфігурований мережевий комп'ютер для мережі хмарних обчислень з підготовкою задач за допомогою САПР віртуальних модулів.

9. Існуючі результати впровадження.

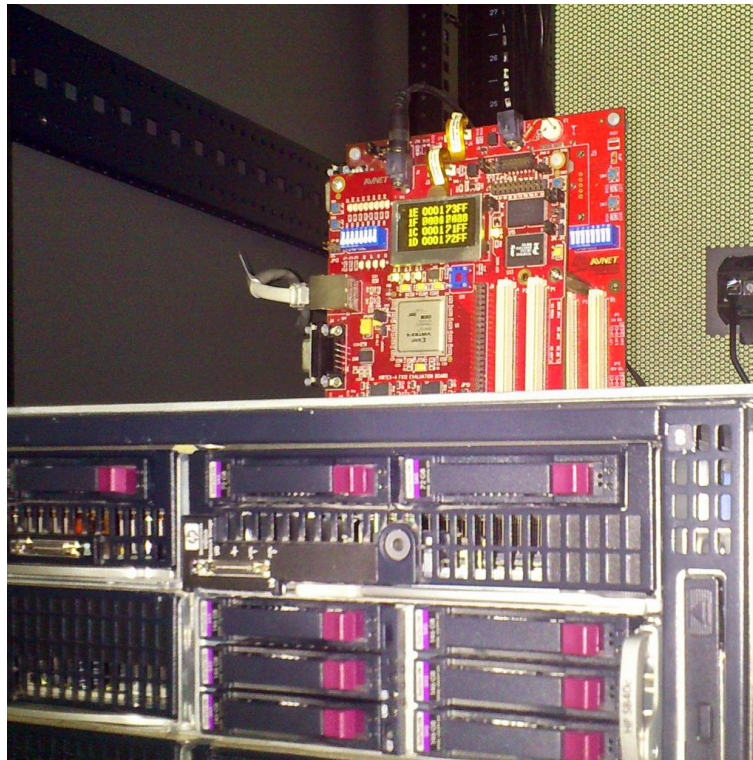
Фільтри, згенеровані генератором рекурсивних фільтрів, впроваджені у ряді приладів промислової діагностики, що виробляються фірмою "Ультраконсервіс", м.Київ. Контролер локальної мережі та деякі інші віртуальні модулі впроваджено у дослідному зразку спеціалізованого суперобчислювача, що використовується в СЗР України.

Метод проектування конвеєрних процесорів на основі просторового графу синхронних потоків даних впроваджено в учбовому курсі "Апаратно-орієнтоване програмування", який викладається в Інституті служби захисту інформації НТУУ"КПІ".

Одержана методологія лягла в основу докторської дисертації Сергієнка А.М. "Моделі, методи та засоби синтезу обчислювальних систем для обробки потоків даних", спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, яка була захищена 23 травня 2011 р. в НТУУ"КПІ".

Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра обчислювальної техніки, 454-93-37, aser@comsys.kpi.ua, сайт лабораторії : <http://kanyevsky.kpi.ua>



Експериментальний зразок конфігурованого комп'ютера, підключеного до HP Blade server C3000

10. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. А.М. Сергиенко, В.Л. Лепеха, Т.М. Лесик. Процесор для безошибочного вычисления обратных матриц. Міжнародна конференція "Високопродуктивні обчислення 2012", Київ, 8-10 жовтня, 2012 р.
2. V. Simonenko. Objective-oriented algorithm for job scheduling in parallel heterogeneous systems. Mathematics and Computer Science. Казахстан, листопад, № 34, 2012 р.
3. А.В. Симоненко. Elements of the theory of increase efficiency the solution of dynamic scheduling problem in the grid systems. Mathematics and Computer Science. Казахстан, листопад, № 34, 2012 р.
4. V. Simonenko. Objective-oriented algorithm for job scheduling in parallel heterogeneous systems. Mathematics and Computer Science. Казахстан, листопад, № 34, 2012.
5. А.В. Симоненко. Elements of the theory of increase efficiency the solution of dynamic scheduling problem in the grid systems. Mathematics and Computer Science. Казахстан, листопад, № 34, 2012.
6. Клименко І.А., Ткаченко В.В., Сторожук О.М. Мультипроцесорна система на базі програмованих процесорних ядер Nios II Altera // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. –2012. – №56. – С. 78 – 87.
7. Sergiyenko A., Lepkha V. Error-Free Computation of Inverse Matrices in FPGA // 3-d Int. Conf. "High Performance Computing" , HPC-UA 2013 (Ukraine, Kyiv, October 7-11, 2013). Proc. HPC-UA 2013. -2013. –р. 344-346. Режим доступу: <http://hpc-ua.org/hpc-ua-13/files/proceedings/64.pdf>
- 8.. Симоненко А.В, Олимпиев Н.Д. (студент) Некоторые вопросы диспетчеризации в Грид-системах. //Сборник материалов 2-й международной конференции «Перспективы развития научных исследований в 21 веке». Москва,31 мая 2013г.
9. Sergiyenko A., Ratuszniak P. Searching for Pythagorean triples in FPGA // Przegląd Electrotechniczny, R. 89, № 10. -2013. –р.134-135.
10. Sergiyenko A., Lepkha V. Error-Free Computation of Inverse Matrices in FPGA // 3-d Int. Conf. "High Performance Computing" , HPC-UA 2013 (Ukraine, Kyiv, October 7-11, 2013).

Proc. HPC-UA 2013. -2013. -р. 344-346. -Available at <http://hpc-ua.org/hpc-ua-13/files/proceedings/64.pdf>.

11. Sergiyenko A., Sergiyenko A. (студентка). Computing Pythagorean Triples in FPGA // 3-d Int. Conf. "High Performance Computing" , HPC-UA 2013 (Ukraine, Kyiv, October 7-11, 2013). Proc. HPC-UA 2013. -2013. -р. 347-349. -Available at <http://hpc-ua.org/hpc-ua-13/files/proceedings/65.pdf>.

12. Аракелян Г.А., Сергієнко А.М. Визначення зольності вугілля за допомогою модельованого відпалювання // Вісник НТУУ «КПІ», сер. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. –Т.58. –2013. –с.70-74.

13. Sergiyenko A., Simonenko V., Vinogradov Y., Gluchenko K. (студент). IP Core Synthesis in a Cloud // 3-d Int. Conf. "High Performance Computing" , HPC-UA 2013 (Ukraine, Kyiv, October 7-11, 2013). Proc. HPC-UA 2013. -2013. -р. 350-353. Режим доступу: <http://hpc-ua.org/hpc-ua-13/files/proceedings/66.pdf>.

14. Сергиенко А.М., Симоненко В.П. Методы оптимизации графов синхронных потоков данных // Электронное моделирование. – 2014. Т. 36, № 6. –С. 47-56.

15. Сергиенко А.М., Аракелян Г.А. Определение зольности угля с помощью моделируемого отжига // Матеріали 16-ї міжн. Наук.-тех. конф. Системний аналіз та інформаційні технології, SAIT'2014, Київ, 26-30 травня 2014 р. –Київ: - УНТК «ПСА» НТУУ «КПІ». -2014. – С. 260-261.

16. Сергієнко А.М., Глухенько К.А. (студент), Виноградов Ю.М. Синтез конвеєрних віртуальних модулів у хмарному середовищі // Матеріали 16-ї міжн. Наук.-тех. конф. Системний аналіз та інформаційні технології, SAIT'2014, Київ, 26-30 травня 2014 р. –Київ: - УНТК «ПСА» НТУУ «КПІ». -2014. – С. 443-444.

17. Sergiyenko A., Glukhenko K. (студент), Regida P. (студент). Combined Method for Retiming and Folding SDFs // Proc. 4-th Int. Conf. "High Performance computing", HPC-UA, Kyiv, October 14, 2014. –Kyiv: Glushkov Institute of Cybernetics NASU. -2014. - P.112-115. – Режим доступу: <http://hpc-ua.org/hpc-ua-14/files/proceedings/19.pdf>.

18. Сергієнко А.М., Сергієнко П.А. (студент). Реалізація функції квадратного кореня у ПЛІС // Вісник НТУУ «КПІ»: "Інформатика, управління та обчислювальна техніка": зб. наук. праць. –2014. –Т.60, –С. 40-45.

19. Bal V., Grigorjev N. (студенти). Virtual Reality Headset //Матеріали 13 міжн. конф. Інновації в науці та техніці, Київ, НТУУ «КПІ», 28 листопада 2014. –Київ. -2014. -с.7-9. (студенти Григор'єв Н., Баль В.)

20. Buberenko V. (студент). The Next Stage of Cloud Computing//Матеріали 13 міжн. конф. Інновації в науці та техніці, Київ, НТУУ «КПІ», 28 листопада 2014. –Київ. -2014. -с.18-19. (студент Буберенко В.)

21. Grygorjev N., Bal V. (студенти). Electronic Iris for Low Power and Space-Limited Devices //Матеріали 13 міжн. конф. Інновації в науці та техніці, Київ, НТУУ «КПІ», 28 листопада 2014. –Київ. -2014. -с.43-44. (студенти Григор'єв Н., Баль В.)

22. Lurunos A. (студентка). The Semantic Web //Матеріали 13 міжн. конф. Інновації в науці та техніці, Київ, НТУУ «КПІ», 28 листопада 2014. –Київ. -2014. -с. 76-77.

Перелік підручників, навчальних посібників:

1. Підручник під грифом МОН. Симоненко В.П., Дехтярук М.Т., Забара С.С. Програмне забезпечення комп'ютерних мереж. – К.: Університет «Україна», 2014.-220 с.

2. Навчальний посібник Сергиенко А.М., Кучмий О.А., Корнейчук В.И., Долголенко А.Н., Шлендык П.А. Цифровая схемотехника на примерах.- К.: «Корнійчук», 2014.- 192 с.