

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ЧАСТИНИ РЕКОНФІГУРОВАНОЇ КЛАСТЕРНОЇ СИСТЕМИ НА ТРИВАЛІСТЬ ВИКОНАННЯ АЛГОРИТМУ

В статті обґрунтовано процедуру визначення тривалості виконання алгоритму реконфігурованою кластерною системою з врахуванням параметрів комунікаційної частини апаратного забезпечення. Така задача є актуальною при проектуванні саме реконфігурованих систем, особливістю яких є отримання архітектури, яка максимально близько відображає структуру вузького класу алгоритмів. Тому існує потреба і можливість у розрахунку основних параметрів комунікаційної частини таким чином, щоб вони були узгоджені із часовими параметрами інших частин реконфігурованої комп'ютерної системи.

Показано актуальність підвищення продуктивності комп'ютерних систем. Проведено аналіз факторів впливу на продуктивність такої системи. Наведено опубліковані рішення задач проектування кластерних комп'ютерних систем, такі як вибір ПЛІС та підвищення часових характеристик інформаційних сигналів ПЛІС. Враховано параметри апаратного забезпечення керуючого сервера та обчислювальних вузлів, комунікаційної системи на тривалість опрацювання інформації. При цьому аналіз дав можливість виявити, що тривалість проходження сигналу на фізичному рівні, латентна тривалість та тривалість затримок при передачі даних суттєво впливають на продуктивність комп'ютерної системи. Тому тривалість передачі розподілених завдань та результатів через комунікаційну систему CmS подано як композицію складових тривалостей глобальних операцій та тривалість локальних операцій на одному обчислювальному вузлі CN.

У результаті проведеної роботи побудовано аналітичну залежність, яка дає можливість врахувати вплив параметрів комунікаційної частини реконфігурованої кластерної системи на загальну тривалість виконання алгоритму.

Ключові слова: комунікаційна частина, реконфігурована кластерна система, тривалість виконання алгоритму.

A.S. Lyapandra

Ternopil national economic university

INFLUENCE OF PARAMETERS OF COMMUNICATION RECONFIGURABLE CLUSTER SYSTEM ON THE EXECUTION TIME OF THE ALGORITHM

In the article procedure of determination of execution time of algorithm is substantiated by the reconfigurable cluster system depending on the parameters of communication part of hardware. This task is actual in the design exactly of the reconfigurable systems, the singularity of which is a getting of architecture in accordance with the structure of limited quantity of algorithms. Therefore there is a requirement and possibility of the calculation of basic parameters of communication part that they were concerted with the time parameters of other parts of the reconfigurable computer system.

Actuality of increase of the computer systems' productivity is shown. The factors of influence on the productivity of such system is analyzed. The published decisions of tasks of design of the cluster computer systems are cited, such as a choice of FPGA and improve time performance of informative signals of FPGA. Hardware parameters manage server, compute nodes, communication system is taken into consideration for the duration of processing information. An analysis is showed that duration of passing of signal at physical level; latent duration and duration of delays at communication of data substantially influence on the productivity of the computer system. Therefore duration of transmission of the distributed tasks and results through the of communication system CmS is given as composition of constituents of duration of global operations and duration of local operations on one compute node CN.

As a result of the work analytical dependence which enables to take into account influence of parameters of communication part of the cluster system on general duration of execution of algorithm is built.

Keywords: of communication part, reconfigurable cluster system, duration of implementation of algorithm.

Постановка задачі

Необхідність у проведенні значної кількості обчислень спонукає до застосування паралельних архітектур комп'ютерних систем. Так, наприклад, актуальною задачею є визначення амплітудно-часових параметрів для ідентифікації захворювань на основі гармонійного аналізу хемілюмінесцентних сигналів біопроб, яке характеризується значною обчислювальною складністю [1, 2]. Використання комп'ютерних систем дасть можливість отримати значення параметрів швидше, що є важливо при виробництві біомедичних імплантів.

Паралельні архітектури комп'ютерних систем пройшли складний еволютивний процес і на теперішньому етапі широкого застосування набули кластерні системи завдяки високій продуктивності при незначних витратах часових та фінансових ресурсів на етапах проектування та експлуатації системи. Застосування ПЛІС дає можливість динамічного реконфігурування такої системи згідно із структурою задачі, що може суттєво зменшити тривалість розв'язання останньої. Крім того, використання реконфігурованої кластерної системи дає широкі можливості для її дослідження і верифікації аналітично отриманих параметрів системи.

Тому задача визначення загальної тривалості виконання алгоритму на основі параметрів функційних частин реконфігурованої кластерної системи є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій

Задачі проектування кластерних систем присвячені численні роботи, серед яких відзначимо роботи В.Воеводіна та Вл.Воеводіна [3], Шпаковського Г.І. [4], Гергель В.П. та Стронгіна Р.Г. [5]. У цих працях розглянуто як апаратні так і програмні особливості створення кластерів, проведено аналітичний аналіз параметрів комп'ютерних систем.

Виділення невирішених частин

Перевагою реконфігурованих кластерних систем є можливість конфігурування їх структури відповідно до алгоритму розв'язання задачі та структури даних. Проте питання визначення параметрів комунікаційної системи з врахуванням очікуваної продуктивності реконфігурованої кластерної системи у вищенаведених працях розкрито не достатньо повно [3-5].

Формулювання цілей

Ціллю циклу робіт є отримання моделі, на основі яких в подальшому провести комплексне проектування вузлів реконфігурованих обчислювальних кластерних систем.

Ціллю цієї статті є визначення аналітичної залежності, яка дає можливість врахувати вплив параметрів комунікаційної частини реконфігурованої кластерної системи на загальну тривалість виконання алгоритму.

У статті об'єктом дослідження є обчислювальний процес реконфігурованої кластерної системи, а предметом – параметри комунікаційної частини реконфігурованої кластерної системи.

Визначення тривалості виконання алгоритму реконфігурованою кластерною системою у залежності від її параметрів

Для здійснення аналізу проведемо поділ реконфігурованої кластерної системи (RCIS) на такі частини: керуючий сервер MS (Management Server), обчислювальний вузол CN (Compute Node), комунікаційна система CmS (Communication System).

Основою керуючого сервера MS реконфігурованої кластерної системи RCIS є програмована логічна інтегральна схема (ПЛІС). Одним із варіантів її вибору є застосування морфологічного методу синтезу множини альтернативних структур компонентів на основі узагальненого оцінювання ресурсів ПЛІС [6]. Для підвищення ефективності RCIS на рівні концептуального проектування при виборі апаратних засобів враховують взаєморозташування критичних до часу структурних блоків ПЛІС та швидкість обміну інформацією доступної частини комунікаційної матриці. Керуючий сервер MS здійснює планування та розподіл завдань, формування результату. Підвищення часових характеристик інформаційних сигналів ПЛІС досягають шляхом використання спеціалізованих апаратних ресурсів, вибір яких здійснюється на основі цільової функції [7]. Передача розподілених завдань та результатів виконується через комунікаційну систему CmS. Тривалість опрацювання даних внаслідок реалізації паралельного алгоритму A визначається за формулою:

$$t_{pa} = t_G + t_l, \tag{1}$$

де t_G – тривалість глобальних операцій;
 t_l – тривалість локальних операцій на одному обчислювальному вузлі CN.

Для підвищення ефективності комунікаційного каналу γ системи CmS за пропускну здатністю оптимізують співвідношення між даними користувача та службовою інформацією [8]. Необхідність підвищення значення γ обґрунтована законом Амдала [3]. При розрахунку часових параметрів РКС оперують середньою тривалістю виконання локальних обчислювальних операцій, таких як додавання, множення, звернення до локальної пам'яті t_c та середньою тривалістю пересилання найменшої інформаційної одиниці даних для заданого протоколу між сусідніми обчислювальними вузлами через комунікаційна система CmS t_s . Значення t_s утворено складовими:

$$t_s = t_{st} + t_{sl} + t_{sd}, \tag{2}$$

де t_{st} – тривалість проходження сигналу на фізичному рівні;
 t_{sl} – латентна тривалість проходження сигналу;
 t_{sd} – тривалість затримок при передачі даних.
 Враховуючи, що паралельний алгоритм виконується на cn обчислювальних вузлах отримаємо:

$$t_G = S_A^G(n) \times cn \times t_s, \tag{3}$$

де $S_A^G(n)$ – комунікаційна складність глобальних операцій алгоритму A .
 Тривалість локальних операцій на одному обчислювальному вузлі CN:

$$t_l = \frac{t_L}{cn}, \tag{4}$$

де t_L – загальна тривалість локальних операцій.
 На основі формули (1) робимо висновок, що зменшення величини пакету (збільшення частин одного повідомлення) збільшує тривалість пересилання даних. Проте необхідно врахувати інший аспект: передача повідомлень потребує збільшення буферної пам'яті пристрою. В цілому, для визначення методу передачі інформації між керуючим сервером MS та обчислювальними вузлами CN необхідно розв'язати оптимізаційну задачу з врахуванням необхідних як апаратних, так і програмних ресурсів. При застосуванні методу передачі пакетів можуть використовуватися одночасно різні комунікаційні канали, простіше апаратне і програмне забезпечення мережі, проте збільшується як тривалість підготовки і передачі службових даних, так і ймовірність виникнення конфліктних ситуацій [5].

$$t_l = C_A(n) \times t_c + S_A^l(n) \times t_s, \tag{5}$$

де $C_A(n)$ – часова обчислювальна складність алгоритму A ;
 $S_A^l(n)$ – комунікаційна складність локальних операцій алгоритму A .

Враховуючи формулу ($t_s = t_{st} + t_{sl} + t_{sd}$) отримуємо:

$$t_{pa} = S_A^G(n) \times cn \times (t_{st} + t_{sl} + t_{sd}) + \frac{C_A(n) \times t_c + S_A^l(n) \times (t_{st} + t_{sl} + t_{sd})}{cn}, \tag{6}$$

де t_G – тривалість глобальних операцій;
 Знаючи ефективність комунікаційного каналу γ системи CmS виразимо латентну тривалість проходження сигналу t_{sl} через тривалість проходження сигналу на фізичному рівні t_{st} .

$$t_{pa} = S_A^G(n) \times cn \times \left(t_{st} + t_{st} \left(\frac{100}{\gamma} - \gamma \right) + t_{sd} \right) + \frac{C_A(n) \times t_c + S_A^l(n) \times \left(t_{st} + t_{st} \left(\frac{100}{\gamma} - \gamma \right) + t_{sd} \right)}{cn}, \tag{7}$$

Однією з характеристик комунікаційної системи CmS є пропускна здатність комунікаційного каналу R . Враховуючи її визначимо тривалість виконання паралельного алгоритму A реконфігурованою кластерною системою RCIS при обміні пакетами між керуючим сервером MS та cn обчислювальними вузлами CN через канал CmS з ефективністю γ та з пропускною здатністю R обсягом m :

$$t_{pa} = \frac{m}{R} \times \left(S_A^G(n) \times cn \times \left(1 + \left(\frac{100}{\gamma} - \gamma \right) + t_{sd} \right) + \frac{R \times C_A(n) \times t_c + S_A^I(n) \times \left(1 + \left(\frac{100}{\gamma} - \gamma \right) + \frac{R \times t_{sd}}{m} \right)}{cn} \right) \quad (8)$$

Висновки

В статті отримано аналітичну залежність тривалості виконання алгоритму реконфігурованою кластерною системою від параметрів комунікаційної частини апаратного забезпечення.

В роботі обґрунтовано актуальність проведення розрахунків основних параметрів комунікаційної частини для узгодження із часовими параметрами інших частин реконфігурованої кластерної системи.

Проведено декомпозицію реконфігурованої кластерної системи на керуючий сервер MS, обчислювальні вузли CN, комунікаційну систему CmS.

Враховано параметри апаратного забезпечення керуючого сервера та обчислювальних вузлів, комунікаційної системи на тривалість опрацювання інформації. При цьому аналіз показав, що комунікаційна складність суттєво впливає на продуктивність комп'ютерної системи. Виявлено основні складові тривалостей пересилання інформації за рівнем їх виконання. Врахування глобальності чи локальності виконання операції дозволило утворити композицію із тривалостей передачі розподілених завдань та результатів через комунікаційну систему CmS на обчислювальний вузол CN. Отримано залежність тривалості виконання алгоритму реконфігурованою кластерною системою від часової обчислювальної складності алгоритму A , комунікаційних складностей локальних та глобальних операцій, значень ефективності γ і пропускної здатності R комунікаційного каналу системи CmS реконфігурованої кластерної системи.

Література

1. Ляпандра А.С. Амплітудно-часові параметри біоелектромагнітних сигналів фазового рівня біотехнічних систем / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2011. – Т.176, №3. Ч.1. – С.171–175.
2. Ляпандра А.С. Ідентифікація захворювання на основі гармонійного аналізу хемілюмінесцентних сигналів біопроб / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 6, Ч.1. – С.137–144.
3. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
4. Шпаковский Г.И. Параллельное программирование и аппаратура / Г.И. Шпаковский. – Минск, БГУ, 2012, 184 с.
5. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. Учебное пособие / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. – 184 с.
6. Ляпандра А.С. Підхід до узагальненого оцінювання ресурсів програмованих логічних інтегральних схем / А.С. Ляпандра // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К.: "Техніка", 2012. – №7. – С.92–96.
7. Ляпандра А.С. Зменшення часових затримок ПЛІС у реконфігурованих комп'ютерних системах / А.С. Ляпандра // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2012. – Т.193, №5. – С.147–151.
8. Ляпандра А.С. Параметри функціональної моделі апаратного забезпечення оптимізації мережевого трафіку / А.С. Ляпандра // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – Тернопіль, 2011. – Т.16. №1. – С.161–167.

References

1. Lyapandra A.S. Amplitudno-chasovi parametry bioelektromagnitnykh signaliv fazovogo rivnya biotekhnichnykh system / A.S. Lyapandra // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical science. Khmelnytsky. 2011. Volume 176. – Issue 3. Part 1. pp.171–175.
2. Lyapandra A.S. Identyfikatsiya zakhvoryuvannya na osnovi harmoniynogo analizu khemilyuminestsentnykh signaliv bioprob // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical science. Khmelnytsky. 2007. Volume 100. – Issue 6. Part 1. pp.137–144.
3. Voevodin V. V., Voevodin V. V. Parallelnye vychisleniya. – Spb.: BKHV-Peterburg, 2002. – 608 p.
4. Shpakovskiy G.I. Parallelnoe programmirovaniye i apparatura. – Minsk, BGU, 2012 g., 184 p.
5. Gergel V.P., Strongin, R.G. Osnovy parallelnykh vychisleniy dlya mnogoprotsessornykh vychislitelnykh sistem. Uchebnoye posobie – Nizhniy Novgorod: Izd-vo NNGU im. N.I. Lobachevskogo, 2003. – 184 p.
6. Lyapandra A.S. Pidkhid do uzagalnenogo otsinyuvannya resursiv programovanykh logichnykh integralnykh skhem / A.S. Lyapandra // Elektrotekhnichni ta kompyuterni systemy. – K.: "Tekhnika", 2012. – №7. – pp.92–96.
7. Lyapandra A.S. Zmenshennya chasovy/ikh zatrymok PLIS u rekonfigurovanykh kompyuternykh systemakh / A.S. Lyapandra // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical science. Khmelnytsky. 2012. Volume 193. – Issue 5. pp.147–151.
8. Lyapandra A.S. Parametry funktsionalnoyi modeli aparatnogo zabezpechennya optymizatsiyi merezhevogo trafiku / A.S. Lyapandra // Visnyk Ternopilskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ternopil, 2011. Volume 16. Issue 1. – pp.161–167.