

УДК 518.51

О.В. Бойченко, к.т.н., доц.

РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇКримський юридичний інститут Одеського державного університету внутрішніх справ
E-mail: k_ord.univ.crimea.ua

Розглянуто типові системи застосування алгоритмів виконання операцій передавання інформації інформаційно-телекомунікаційних систем. Визначено проблеми щодо застосування класичної двовимірної системи передавання інформації. Запропоновано застосування циклічних систем типу гіперкуба для оптимізації якісного та достовірного інформаційного обміну у складі сучасних інформаційно-телекомунікаційних систем.

алгоритм виконання операцій передавання даних, інформаційні дані, інформаційно-телекомунікаційні системи, циклічна передача даних, система гіперкуба

Постановка проблеми

Актуальність досліджень розроблення алгоритму виконання операцій передавання даних зумовлено потребою вдосконалити діючі відомчі та міжвідомчі управлінські інформаційно-телекомунікаційні системи для забезпечення оперативності якісного та достовірного обміну інформаційними даними з урахуванням обов'язкового застосування системи інформаційної безпеки потоків інформаційних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наукові дослідження в напрямі розроблення способів формування алгоритму виконання операцій передавання інформації свого часу проводили відомі фахівці К.Ю. Богачов, В.В. Воеводін, В.П. Гергель, С. Немнюгін, Г.Р. Андревс, М.С. Бахвалов, М.П. Жидков, Г.М. Кобельков, Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест [1–10].

Мета роботи – дослідження інформаційно-телекомунікаційних систем та розроблення дієвих систем інформаційного захисту для їх використання.

Аналіз літературних джерел і публікацій з проблем розроблення алгоритмів виконання операцій передавання інформації визначає, що до найбільш поширених оптимальних алгоритмів належить клас методів покоординатної маршрутизації (dimension-ordered routing), відповідно до яких пошук шляхів передавання даних здійснюється по черзі для кожної розмірності топології мережі комунікації.

Так, для двовимірних систем такий підхід призводить до маршрутизації, згідно з якою дані спочатку передаються в одному напрямку (наприклад, по горизонталі до досягнення вертикалі, на якій розміщено процесор призначення), а потім – уздовж іншого напрямку. Ця схема відома за назвою «алгоритм ХУ-маршрутизації».

Передавання інформації

Для гіперкуба покоординатна схема маршрутизації може полягати, наприклад, у циклічному передаванні даних процесору, визначуваному першою бітовою позицією, яка розрізняється номерами процесорів – того, на якому повідомлення міститься в поточний момент часу, і того, на який воно має передаватися.

Час передавання даних між процесорами визначає комунікаційну складову (communication latency) тривалості виконання паралельного алгоритму в багатопроцесорній обчислювальній системі.

Основний набір параметрів, що описують час передавання даних, складається з таких величин:

- час початкової підготовки t_n , що характеризує тривалість підготовки повідомлення для передачі, пошуку маршруту в мережі і т. п.;
- час передачі службових даних t_3 між двома сусідніми процесорами, між якими є фізичний канал передавання даних;
- час передавання одного слова даних по одному каналу передавання даних $t_{до}$.

До найбільш поширених методів передавання даних належать два основні способи комунікації.

Перший спосіб комунікації орієнтований на передавання повідомлень (метод передавання повідомлень) як неподільних (атомарних) блоків інформації (store-and-forward routing (SFR)).

Процесор, якому спрямовано повідомлення, в першу чергу приймає повністю всі дані, і тільки тоді починає пересилати прийняте повідомлення далі за маршрутом.

Час пересилання даних $t_{пд}$ для методу передавання повідомлення розміром m байтів по маршруту довжиною l визначається виразом

$$t_{пд} = t_n + (mt_k + t_c)l.$$

У разі довгих повідомлень часом передавання службових даних можна нехтувати. Вираз для часу передавання даних можна записати так:

$$t_{\text{нд}} = t_{\text{н}} + mt_{\text{к}} l.$$

Другий спосіб комунікації ґрунтується на поданні повідомлень у вигляді блоків інформації меншого розміру – пакетів, унаслідок чого передавання даних можна звести до передавання пакетів (метод передавання пакетів або метод передавання повідомлень).

Час пересилання даних за використання методу передавання пакетів визначаємо виразом

$$t_{\text{нд}} = t_{\text{н}} + mt_{\text{к}} + t_{\text{с}} l.$$

Порівнюючи отримані вирази, можна відзначити, що в більшості випадків метод передавання пакетів приводить до швидшого пересилання даних. Крім того, цей підхід знижує потребу в пам'яті для зберігання даних для організації приймання – передавання повідомлень, а для передавання пакетів можуть використовуватися одночасно різні комунікаційні канали. Реалізація пакетного методу потребує розроблення складнішого апаратного і програмного забезпечення мережі, може збільшити накладні витрати (час підготовки і передавання службових даних).

Для кільцевої топології процесор як джерело розсилання може ініціювати передавання даних відразу двом сусіднім процесорам, які, у свою чергу, прийнявши повідомлення, організують пересилання далі по кільцю. Трудомісткість виконання операції розсилання в цьому випадку визначатиметься співвідношенням

$$t_{\text{нд}} = (t_{\text{н}} + mt_{\text{к}}) [p/2].$$

Для топології типу двовимірної системи алгоритм розсилання можна отримати з способу передавання даних, застосованого для кільцевої структури мережі. Тривалість операції розсилання відповідно до описаного алгоритму оцінюють співвідношенням

$$t_{\text{нд}} = 2(t_{\text{н}} + mt_{\text{к}}) [\sqrt{p}/2].$$

Для гіперкуба розсилання можна виконати в ході N -етапної процедури передавання даних. На першому етапі процесор як джерело повідомлення передає дані одному з сусідніх процесорів. На другому етапі два процесори, задіяні на першому етапі, пересилають повідомлення сусіднім за другою розмірністю і так далі. У результаті такого розсилання час операції оцінюється за допомогою виразу

$$t_{\text{нд}} = (t_{\text{н}} + mt_{\text{к}}) \log_2 p.$$

Порівнюючи отримані вирази для тривалості виконання операції розсилання, можна відзначити, що найкращі показники має топологія типу гіперкуба. Такий результат найкращий для вибраного способу комунікації за допомогою передавання повідомлень.

Для топології типу кільця алгоритм розсилання можна отримати логічним зображенням кільцевої структури мережі у вигляді гіперкуба.

Для топології типу двовимірної системи алгоритм розсилання можна отримати способом передавання даних, застосованим для кільцевої структури мережі, відповідно до того способу узагальнення, що й у разі використання методу передавання повідомлень.

Для гіперкуба алгоритм розсилання передавання пакетів не відрізняється від варіанта для методу передавання повідомлень.

Для кільцевої топології кожен процесор може ініціювати розсилання свого повідомлення одночасно. У будь-який момент часу кожен процесор приймає і передає дані, завершує операції множинного розсилання через $p - 1$ цикл передавання даних. Тривалість виконання операції розсилання визначається за співвідношенням

$$t_{\text{нд}} = (t_{\text{н}} + mt_{\text{к}}) (p - 1).$$

Для гіперкуба алгоритм множинного розсилання повідомлень можна отримати узагальненням описаного способу передавання даних для топології типу двовимірної системи на розмірність гіперкуба N . Прикладом операції множинного розсилання є завдання редукації, що визначається в загальному вигляді процедурою оброблення даних, отриманих на кожному процесорі в ході множинного розсилання.

Способи вирішення завдання редукації такі:

- виконання операції множинного розсилання і подальше оброблення даних на кожному процесорі;
- ефективніший алгоритм можна отримати в результаті застосування операції одиночного приймання даних на окремому процесорі, виконання на цьому процесорі дій з оброблення даних і розсилання отриманого результату оброблення всім процесорам мережі;
- поєднання процедури множинного розсилання і дій з оброблення даних, коли кожен процесор відразу ж після приймання чергового повідомлення реалізує необхідне оброблення отриманих даних.

Час розв'язання завдання редукації за таким алгоритмом реалізації у випадку, наприклад, коли розмір даних, що пересилаються, має одиничну довжину ($m = 1$) і топологія мережі має структуру гіперкуба:

$$t_{\text{нд}} = (t_{\text{н}} + t_{\text{к}}) \log_2 p.$$

Іншим типовим прикладом використання операції множинного розсилання є знаходження приватних сум послідовності значень S_i (у англійській літературі це завдання відоме під назвою *prefix sum problem*):

$$S_k = \sum_{i=1}^k x_i, k \in p.$$

Алгоритм розв'язання цієї задачі також можна отримати за допомогою конкретизації загального способу виконання множинної операції розсилання, коли процесор виконує підсумовування набутого значення (але тільки в тому випадку, якщо процесор – відправник значення має менший номер, ніж процесор-одержувач).

Детальний аналіз трудомісткості узагальненого розсилання для випадку топології типу гіперкуба означає, що процесор – ініціатор розсилання передає половину своїх повідомлень одному з сусідніх процесорів (наприклад, першої розмірності) – в результаті початковий гіперкуб стає розділеним на два гіперкуби половинного розміру, в кожному з яких міститься рівно половина початкових даних.

Далі дії з розсилання повідомлень можуть бути повторені. Загальна кількість повторень визначається початковою розмірністю гіперкуба. Тривалість операції узагальненого розсилання можна охарактеризувати співвідношенням

$$t_{\text{пд}} = t_{\text{н}} \log_2 p + m t_{\text{к}} (p - 1).$$

Узагальнене передавання даних від усіх процесорів усім процесорам мережі (*total exchange*) є найбільш загальним випадком комунікаційних дій. Необхідність виконання подібних операцій виникає в паралельних алгоритмах швидкого перетворення Фур'є, транспонування матриць та ін.

Тривалість виконання подібного набору передавання даних оцінюється за допомогою виразу

$$t_{\text{пд}} = (t_{\text{н}} + \frac{1}{2} m p t_{\text{к}}) (p - 1).$$

Як і у разі множинного розсилання, застосування методу передавання пакетів не приводить до поліпшення тимчасових характеристик для операції узагальненого множинного розсилання. На кожній ітерації всі процесори розбиваються на взаємодійні пари процесорів. Це розбиття на пари можна виконати так, щоб передані між різними парами повідомлення не використали одні й ті ж шляхи передавання даних.

Для гіперкуба алгоритм циклічного зрушення можна отримати логічним зображенням топології гіперкуба у вигляді кільцевої структури. Для цього встановимо взаємно однозначну відповідність між вершинами кільця і гіперкуба.

Виконання кожного етапу, окрім зрушення з кроком 1, полягає в передаванні даних шляхом, що включає дві лінії зв'язку (див. рисунок).

Застосування методу покоординатної маршрутизації дозволить уникнути колізій під час використання ліній передавання даних. У кожен момент часу для кожного каналу буде лише одне повідомлення готове для відправлення.

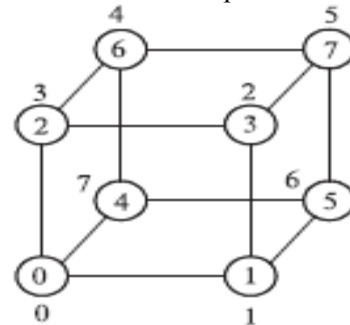


Схема відображення гіперкуба на кільце:
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – етапи передавання даних

Для кластерних обчислювальних систем однім із широкозастосовуваним засобом побудови комунікаційного середовища є використання концентраторів (*hub*) або комунікаторів (*switch*) для об'єднання процесорних вузлів кластера в єдину обчислювальну мережу.

Якщо вибрати для подальшого аналізу класу поширеного типу (топологія у вигляді повного графіка пакетного способу передавання повідомлень), то трудомісткість операції комунікації між двома процесорними вузлами можна оцінити відповідно до виразу (модель А):

$$t_{\text{пд}}(m) = t_{\text{н}} + m^* t_{\text{к}} + t_{\text{с}}.$$

З урахуванням ведених зауважень схему побудови тимчасових оцінок можна уточнити. Як результат величина латентності

$$t_{\text{н}} = t_{\text{нач}_0} + \nu t_{\text{кач}_1}$$

збільшується лінійно залежно від обсягів передавання даних.

Крім латентності, у пропонуваніх виразах для оцінювання трудомісткості комунікаційної операції можна уточнити також правило обчислення часу передавання даних, що дозволяє враховувати ефект збільшення обсягу переданих даних зі збільшенням кількості пакетів за рахунок додавання службової інформації (заголовків пакетів).

Висновки

Завершуючи аналіз проблеми побудови теоретичного оцінювання трудомісткості комунікаційних операцій, слід зазначити, що для практичного застосування наведених моделей необхідно оцінювати значення параметрів використуваних співвідношень.

Це дозволить включити до складу алгоритму виконання операцій передавання інформації блоки, що забезпечать високу інтенсивність якісного та достовірного інформаційного обміну з урахуванням обов'язкового застосування високоєфективного інформаційного захисту управлінських інформаційно-телекомунікаційних систем.

Література

1. *Богачев К.Ю.* Основы параллельного программирования / К.Ю. Богачев. – М.: БИНОМ, 2003.–123 с.
2. *Воеводин В.В.* Параллельные вычисления / В.В. Воеводин. – С.Пб.: БХВ, 2002.–73 с.
3. *Гергель В.П.* Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. – Н. Новгород: ННГУ, 2001. – 200 с.

4. *Немнюгин С.* Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С. Немнюгин, О. Стесик. – С.Пб.: БХВ, 2002. – 67 с.

5. *Andrews G.R.* Foundations of Multithreading, Parallel and Distributed Programming / G.R. Andrews. – Addison-Wesley, 2000. – 311 p.

6. *Бахвалов Н.С.* Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Наука, 1987. – 111 с.

7. *Воеводин В.В.* Модели и методы в параллельных процессах / В.В. Воеводин. – М.: Наука, 1986.– 94 с.

8. *Воеводин В.В.* Математические основы параллельных вычислений / В.В. Воеводин. – М.: МГУ, 1991. – 131 с.

9. *Гергель В.П.* Метод окрестностей в задачах распознавания / В.П. Гергель, Л.Г. Стронгин, Р.Г. Стронгин // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – М., 1987. – №4. – С. 14–22.

10. *Кормен Т.* Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. – М.: МЦНТО, 1999. – 206 с.

Стаття надійшла до редакції 20.01.10.

О.В. Бойченко

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Крымский юридический институт Одесского государственного университета внутренних дел

алгоритм выполнения операций передачи информации, информационно-телекоммуникационные системы, система гиперкуба, циклическая передача данных

Рассмотрены типичные системы применения алгоритмов выполнения операций передачи информации информационно-телекоммуникационных систем. Определены проблемы применения классической двухмерной системы передачи информации. Предложено применение циклических систем типа гиперкуба для оптимизации качественного и достоверного информационного обмена в составе современных информационно-телекоммуникационных систем. Широкое внедрение информационно-телекоммуникационных систем во всех направлениях жизнедеятельности общества обосновывает проведение научных исследований усовершенствования способов разработки алгоритма выполнения операций передачи информации. Наиболее известные способы выполнения операций передачи информации определяют приоритетность циклической передачи данных процессора, которая обеспечивает оптимальность объемов передачи информации с соблюдением требований достоверности и качества передаваемых данных в многопроцессорной вычислительной системе.

Oleg V. Boychenko

DEVELOPMENT OF ALGORITHM OF IMPLEMENTATION OF OPERATIONS OF PASSING TO INFORMATION

Crimean Law Institute of the Odessa State University of Internal Affairs

algorithm of communication of data, informatively-telecommunication systems, cyclic communication of data, system of hypercube

Wide introduction of the informatively telecommunication systems in all of directions of vital functions of society needs introduction of scientific researches in relation to the improvement of methods of development of algorithm of conducting the operations of transferring the information. The most known methods of conducting the operations of transferring the information determine priority of cyclic transferring of data to a processor, it provides the optimum of amount of transferring the information with the observance of requirements of authenticity and quality of transferrable information in the multiprocessor computer system.