

УДК 004.713, 004.27

А.С. ШПІЦЕР

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

СТИСЛИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ТА АДАПТАЦІЯ ОДНОГО З НИХ ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ СЕГМЕНТАЦІЇ МЕРЕЖІ ЗА КРИТЕРІЄМ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ

В статті запропоновано адаптований метод сегментації для вирішення поставленої задачі. Під час дослідження більшість методів були відсіяні через характеристики швидкодії, ресурсозатратності, складності реалізації та масштабованості. Тому для адаптації був вибраний алгоритм Краскала. Розглядаються алгоритми сегментації. Проводиться їх аналіз за критеріями швидкодії, ресурсозатратності, ефективності та простоти. На основі отриманих результатів один з алгоритмів адаптується для застосування в мережах на кристалі, а саме їхня сегментація для виявлення легкопрохідних ділянок з метою побудови системи «Коридорів».

Ключові слова: мережі на кристалі, маршрутизація, динамічні топології, сегментація.

Вступ

З плином часу технічні цифрові засоби пройшли такі етапи розвитку як:

ЕОМ (Електронні обчислювальні машини),

ПК (Персональні комп'ютери),

КПК (Кишенькові або портативні персональні комп'ютери),

СКС (Спеціалізовані комп'ютерні системи), системи на кристалі і одним з останніх етапів це – мережі на кристалі.

Мережі на кристалі (NoC): новий клас пристроїв, коли під рукою знаходяться не один – а тисячі або й мільярди однотипних елементів, здатних виконувати цілий комплекс простих задач, з яких складаються складніші.

Ці пристрої широко застосовуються в різноманітних галузях: обробки сигналів, метеорологічних, космічних та інших дослідженнях, медицині та науці. Вони здатні забезпечити режим "real time" для будь-яких задач.

В попередніх публікаціях розглядалась система «Коридорів», мета якої логічно об'єднати елементи за критеріями зайнятості для визначення можливих шляхів руху пакету з мінімальними простоями. В ході досліджень виявлено, що питання сегментації потребує більш глибокого дослідження, оскільки на даний період алгоритми сегментації зосереджені на обробці графічних зображень. Тому виникла необхідність аналізу існуючих алгоритмів за критеріями швидкодії, ресурсозатратності, ефективності та простоти, пошуку алгоритму, що найкраще б підходив для сегментації та адаптація.

2. Вимоги та критерії оцінки алгоритмів сегментації

Оскільки алгоритми, що аналізуються повинні працювати в мережах на кристалі, то повинні відповідати умовам роботи, що диктують характеристики мереж.

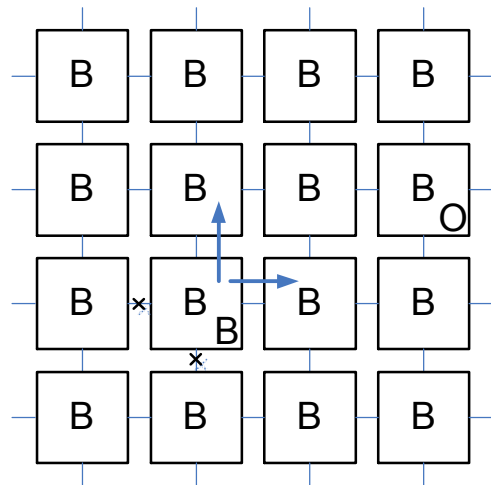


Рис. 1. Умовне зображення мережі на кристалі

За основу на рис. 1 взято простий приклад мережі матричного типу, розміром 4x4, де кожен елемент (B – вузол) з'єднаний з чотирма сусідами, а крайні утворюють інтерфейс. Рух пакету від відправника (B) до отримувача (O) характеризується правилом слідування найкоротшому маршруту. Так само в мережі є контролюючий елемент, що зв'язаний з усіма іншими елементами. Його функція – контроль роботи мережі, а саме: він може накопичувати

дані про роботу кожного елемента, обробляти їх та зберігати.

Характеристики мереж на кристалі:

Переваги:

- розвинуті засоби комунікації та передачі даних;
- реалізація у вигляді НВІС (низька споживана потужність, вартість, і т.д.);
- глобальна синхронізація асинхронна, локальна синхронна;
- висока продуктивність проектування, оскільки підходи до проектування є подібними до загальноприйнятих в звичайних обчислювальних мережах;
- різномірність елементів;
- регулярна структура;
- чітко визначені характеристики всіх компонентів;
- відсутність глобальних з'єднань;
- відсутність глобального сигналу синхронізації (clock);
- чітко визначена система комунікації та її характеристики.

Недоліки:

- розвинута система комунікації є надлишковою;
- пропускна здатність мережі є надлишковою;
- передача даних є надлишковою, оскільки дані передаються пакетами фіксованого розміру.

Враховуючи вище перелічені характеристики можна сформулювати вимоги до алгоритму сегментації та критерії аналізу існуючих алгоритмів, а саме:

- простота реалізації – працюючи з мережами на кристалі, потрібно завжди вважати на об'єм пам'яті, який потрібно додатково виділити;
- швидкодія – при наявності великої кількості елементів, даний алгоритм повинен достатньо швидко працювати, щоб встигати опрацювати дані всієї мережі;
- мінімальна ресурсозатратність – даний метод передбачає алгоритм, що повинен реалізовуватись супервізором. Реалізація якого буде відбуватись ресурсами даної мережі, тому чим менше ресурсів буде витрачено на супервізора тим вищу продуктивність матиме сама мережа;
- масштабованість мережі – алгоритм повинен забезпечувати роботу мережі будь-якого розміру. Також він повинен адаптуватись при розширенні мережі шляхом об'єднання кількох пристроїв.

3. Аналіз алгоритмів

3.1. Задача комівояжера [1].

Комівояжер (бродячий торгівець) повинен вийти з першого міста, відвідати по разі в невідомому по-

рядку міста 2,1,3...n і повернутись в перше місто. Відстані між містами відомі. В якій послідовності повинен відвідувати міста комівояжер, щоб замкнений маршрут був найкоротшим.

Методи рішення.

Найпростіші:

- а) повний перебір – дає найкращий результат, проте на великих маршрутах працює вкрай повільно;
- б) випадковий перебір – працює швидше, але не гарантує найкращого результату;
- в) жадібні алгоритми (англ. Greedy algorithm) – алгоритми, що приймають локальні оптимальні рішення на кожному етапі, роблячи припущення, що кінцеве рішення також буде оптимальним;
 - метод найближчого сусіда;
 - метод включення найближчого міста;
 - метод найдешевшого включення;
- г) метод мінімального залишкового дерева – в зв'язаному, неорієнтованому графі;
- д) метод імітації випалювання (один з прикладів метода Монте-Карло) – потребує багато ітерацій(часу);

На практиці часто застосовують різні модифікації більш ефективних методів: метод гілок та границь [2] та метод генетичних алгоритмів, а також алгоритм мурашиної колонії чи еластичної мережі [3].

Оцінка даних алгоритмів згідно визначених критеріїв показує негативний результат. Основний їх недолік висока часова затратність.

3.2. Алгоритм Краскала (задача Штейнера) [4].

Задача: на карті розміщено кілька населених пунктів (на платі розміщено кілька контактів), необхідно з'єднати їх один з одним таким чином, щоб сумарна довжина доріг (проводів) була мінімальною.

Алгоритм:

- 1) сортуємо всі ребра в порядку зростання довжини (дороги);
- 2) пробігаємось по ребрах в порядку зростання довжини, дивимось на кінці ребра $e = (a, b)$:
 - а) якщо вершини (a і b) належать одній множині: значить, вони уже включені в деяких створених підмножинах мікро-MST;
 - б) якщо вершини (a і b) належать різним підмножинам мікро-MST: Потрібно об'єднати їх як ребро (дорогу) мінімальної довжини;
 - в) продовжуємо цикл об'єднання до отримання єдиної множини, рівної потрібному MST, в якій будуть присутні всі вершини графу;
- 3) отримуємо одну множину вершин (MST) і список ребер, використаних для її об'єднання, котрий представляє собою дерево мінімальної сумарної довжини, що об'єднує всі вершини.

Характеризується доволі непоганими параметрами відповідно до критеріїв описаних на початку статті.

3.3. Лямбда-алгоритм кластеризації Н.Г. Загоруко [5] – на наборі точок будується мінімальний зв'язаний підграф і відкидаються найдовші (найбільш навантажені) ребра підграфа (звідси і назва "лямбда – в цій букві просто було визначено відношення довжини ребра до найбільш короткого суміжного ребра). Алгоритм гарно ловить різні локальні неоднорідності, точніше, перепади густин розподіленої ймовірності.

Проте задача побудови підграфа – квадратична по числу точок. Тому це може привести до дуже великого об'єму обчислень, а отже алгоритм не підходить за критерієм масштабованості. Хоча в результаті легко вирішується задача визначення потрібного числа кластерів.

3.4. Обрахунок першої похідної [6 – 13]:

3.4.1. Перехресний оператор Робертса — один з перших алгоритмів виділення границь, котрі обчислюють суму квадратів різниці між діагонально суміжними пікселями. Це можна виконати згортокою зображення з двома ядрами.

Оператор Робертса все ще використовується заради швидкості обрахунку, проте він програє в порівнянні з альтернативами через його значну проблему чутливості до шуму. Він дає тонші лінії, ніж інші методи виділення границь. Інколи його називають «фільтром Робертса».

Адаптація даного алгоритму, призначеного для сегментації зображень, доволі складна задача.

3.4.2. Оператор Собеля використовується в обробці зображень для виділення границь. Це дискретний диференціальний оператор, що обчислює наближене значення градієнта чи норми градієнта для яскравості зображення. Оператор Собеля базується на згортці зображення невеликими сепарабельними цілочисельними фільтрами в вертикальному та горизонтальному напрямках.

Алгоритм потребує суттєвих обчислень, що веде до великих часових затрат.

3.5. Обрахунок другої похідної:

3.5.1. Оператор Лапласа [6 – 8] – дія над скалярним або векторним полем, що визначається, як сума других часткових похідних по кожній декартовій координаті.

Оператор Лапласа часто використовується в математичній і теоретичній фізиці.

Алгоритм потребує суттєвих обчислень, що веде до великих часових затрат.

3.6. Точка переходу через нуль другої похідної («zero crossing») [13] – це загальновідомий термін в галузі електроніки, математики та обробки зображень. У математичній галузі «zero crossing» це точка, де функція змінює знак (наприклад, з позитивного на негативний), при перетині графіком осі (нульове значення).

В області цифрової обробки зображення, найчастіше застосовуються оператори, які прагнуть знайти край зображення. Їх називають «Edge Detection» або «Градiєнт фільтрів». Градiєнт фільтр є фільтром, який шукає області швидких змін в значеннях пікселів. Ці точки зазвичай є марками краю або границі. «Zero crossing» це фільтр, який вписується в цю сім'ю, хоча він виконує завдання по-іншому. Він шукає точки в потоці, де цифровий сигнал зображення проходить через заданий «0» і зазначає це в якості потенційної точки краю. Оскільки сигнал пройшов через точку «0», це називається нульовим перетином. Даний алгоритм призначений для обробки стаціонарних зображень, або потоку даних, але в динамічних топологіях, де зміна стану може відбутись будь-коли і в будь-якому місці мережі він потребуватиме додаткових часових затрат для визначення нових границь.

3.7. Сегментація за морфологічними водорозділами [14, 15] – поняття водорозділу ґрунтоване на представленні зображення як тримірної поверхні, з двома просторовими координатами і рівнем яскравості. В такій інтерпретації розглядаються точки 3-х видів:

- а) точки локального мінімуму;
- б) точки, що знаходяться на схилі, тобто з яких вода стікає в один локальний мінімум;
- в) точки, що знаходяться на піку, з яких вода стікає більше ніж в один локальний мінімум.

Для кожного локального мінімуму точки з умовою (б) називаються басейном або водозбором. Точки з умовою (в) – лінії водорозділу. Головна ціль – знаходження ліній водорозділу. **Основна ідея.** В локальних мінімумах «проколоти» отвори, та зімітувати принцип, що «знизу підступає вода». Коли вода в двох сусідніх басейнах буде близька до того, щоб злитись, ставиться перегородка. Алгоритм може показати непогані результати для мереж рівномірно завантажених (градієнтного типу), проте при роботі з мережами, в яких виділяються критичні сегменти навантаження результати можуть бути гіршими.

3.8. Розбиття зображення на однорідні області [6, 16, 17].

Подібні методи прості в реалізації, ефективні по кількості обчислень, проте не універсальні і найкраще застосовуються тільки у випадках монохромних сигналів. Також відомі методи побудовані на процедурі вирощування областей [18, 19], котра полягає в групуванні елементів та дрібних областей зображення в більш громіздкі, починаючи з так званого «центра кристалізації».

Проблема даного метода – вибір критеріїв близькості і потрібного алгоритму зупинки процесу вирощування областей [20]. Альтернативою вирощування являються методи, побудовані на первинному розбитті зображення на багато дрібних областей, що не пересікаються і наступного їх злиття та розподілу [21].

Як вже було згадано дані методи ефективні здебільшого в монохромних зображеннях

3.9. Класифікація в просторі ознак [22, 23] – дані методи найчастіше використовуються коли наперед відома кількість класів об'єктів, що містяться в зображенні [24]. Оскільки неможливо передбачити наперед кількість сегментів, то застосовувати даний алгоритм буде не доцільно.

3.10. Метод попередніх розміток [25, 26].

Розміткою називається процес розбиття вхідного зображення на масив однорідних областей на основі критерію однорідності. Критерій однорідності визначається попередньо на основі аналізу вхідного зображення. Даний підхід полягає в аналізі попередньо розміченого зображення та встановленні прив'язки точок не до певної області, а до сусідніх точок. Для завершення процесу сегментації необхідно згрупувати точки вхідного зображення в однорідні області, на основі взаємозв'язків між сусідніми точками. Результатом роботи алгоритму є набір однорідних областей. Для виділення об'єктів на зображенні потрібно провести процедуру додаткового об'єднання однорідних областей.

Алгоритм показує хороші результати при сегментації зображення, оскільки враховує також і сусідні елементи, проте для мереж на кристалі така точність є надлишковою та надто ресурсозатратною.

4. Результат аналізу

Аналіз відомих методів сегментації показав, що існуючі алгоритми спрямовані на вирішення проблеми сегментації зображень або задачі «комівоязера». Для вирішення проблеми, що розглядається в даній статті цього не достатньо. Тому є потреба адаптації одного з цих методів. Вибір методу базується на його характеристиках, які описані на початку статті.

Як уже зазначалось – найкращі показники цих характеристик має алгоритм Краскала.

5. Адаптований алгоритм

1. Сортуємо всі вузли в порядку зростання ваги;
2. Задаємо рівень сегментації (критерій оцінки до якої з трьох, чи більше груп завантаженості віднести елемент);
3. Для кожного рівня пробігаємо вузли в порядку зростання ваги та дивимось на вузли-сусіди:
 - а) якщо вузол належить одній з множин: значить, він уже включений в деяку створену підмножину (під сегмент). Такий вузол пропускається, інакше він сформує цикл в дереві;
 - б) якщо вузол не належить підмножинам (під сегментам) заданого рівня сегментації, то його потрібно долучити до сегменту, з яким в нього найбільше зв'язків.
 - в) якщо вузол не має сусідів, які входять до

підсегментів, то він починає формувати новий підсегмент;

г) продовжуємо цикл об'єднання до повного об'єднання вузлів з однаковими характеристиками завантаженості.

4. Отримуємо сегменти, в яких об'єднані елементи з однаковими характеристиками завантаженості.

Висновки

Розвиток технології мереж на кристалі призводить до розширення сфери їхнього застосування. Все більше задач розв'язуються з використанням цих мереж. Найбільша проблема цієї технології – ефективна маршрутизація. Найбільша проблема маршрутизації – простий пакетів через зайнятість елементів або занадто довгі шляхи. При рішенні даної проблеми виникла потреба сегментації мережі. В даній статті проведений аналіз існуючих методів сегментації.

В результаті цього аналізу можна зробити висновки про те, що основні методи сегментації спрямовані на обробку зображень. Тому в статті запропоновано адаптований метод сегментації для вирішення поставленої задачі. Під час дослідження більшість методів були відсіяні через характеристики швидкодії, ресурсозатратності, складності реалізації та масштабованості. Тому для адаптації був вибраний алгоритм Краскала.

Література

1. Мудров, В.И. Задача о коммивояжере [Текст] / В.И. Мудров. – М.: Знание, 1969. – 62 с.
2. Левитин, Ананий В. Глава 3. Метод грубой силы: Задача коммивояжера [Текст] / В. Ананий Левитин // Алгоритмы: введение в разработку и анализ = Introduction to The Design and Analysis of Algorithms. – М.: Вильямс, 2006. – С. 159 – 160.
3. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/department/expert/neurocomputing/6/neurocomputing_6.html. – 10.03.2012.
4. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. – МЦНМО, 1990.
5. Загоруйко, Н.Г. Гипотезы компактности и -компактности в методах анализа данных [Текст] / Н.Г. Загоруйко // Сиб. журн. индустр. матем. – 1998. – Т.1, № 1. – С. 114 – 126.
6. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера. – 2005.
7. Прэтт, У. Цифровая обработка изображений [Текст] / У. Прэтт – М.: Мир. – 1982.
8. Rosenfeld, A. Digital Picture Processing [Text] / A. Rosenfeld, A.C. Kak. – New York: Academic Press. – 1982.
9. Робертс, Л. Автоматическое восприятие трехмерных объектов [Текст] / Л. Робертс // Ин-

- тегральные работы. – М.: Мир, 1973. – Т. 1. – С. 162 – 208.
10. Sob el, I.E. *Camera Models and Machine Perception* [Text] / I.E. Sob el // Ph.D. thesis. Palo Alto, Calif.: Stanford University. – 1970.
11. Prewitt, J.M. *Object Enhancement and Extraction. Picture Processing and Psychopictorics* [Text] / J.M. Prewitt. – New York: Academic Press, 1970. – P. 75 – 150.
12. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов [Текст] / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Пердреев, и др. – М.: Физматлит. – 2003.
13. Clark, J.J. *Authenticating Edges Produced by Zero-Crossing Algorithms* [Text] / J.J. Clark // IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intel ligence. – 1989. – V. 12, No. 8. – P. 830 – 831.
14. Serra, J. *Image Analysis and Mathematical Morphology* [Text] / J. Serra. – New York, Academic Press. – 1988.
15. *Special issue on Mathematical Morphology and Nonlinear Image Processing* [Text] // Pattern Recognition. – 2000. – V. 33, No. 6. – P. 875 – 1117.
16. *A Survey of Thresholding Techniques* [Text] / P.K. Sahoo, S. Soltani, A.K. Wong, Y.C. Chan // Computer Vision, Graphics, Image Processing. – 1988. – V. 4, – P. 233 – 260.
17. Jain, R. *Computer Vision* [Text] / R. Jain, R. Kasturi, B. Schunk. – McGraw-Hill, New York. – 1995.
18. Fu, K.S.A. *Survey of Image Segmentation* [Text] / K.S. Fu, J.K. Mui // Pattern Recognition. – 1980. – V. 13, No. 1. – P. 3 – 16.
19. Haralick, R.M. *Image Segmentation Techniques* [Text] / R.M. Haralick, L.G. Shapiro // Computer Vision, Graphics, Image Processing. – 1985. – V. 29, No. 2. – P. 100 – 132.
20. Haralick, R.M. *Computer and Robot Vision* [Text] / R.M. Haralick, L.G. Shapiro, Reading, MA: Addison-Wesley. – 1993.
21. Shapiro, L.G. *Computer Vision* [Text] / L.G. Shapiro, G.C. Stockman. –N.J.: Prentice Hall. – 2001.
22. Дуда, Р. *Распознавание образов и анализ сцен* [Текст] / Р. Дуда, П. Харп. – М.: Мир. – 1976.
23. Jain, A.K. *Algorithms for Clustering Data* [Text] / A.K. Jain, R.C. Dubes. – Prentice Hall. – 1988.
24. *Spatial and Feature Space Clustering* [Text] // Applications in Image Analysis. 6th Int. Conf. on Computer Analysis and Patterns. Prague, Czech Republic. – 1995.
25. Батько, Ю.М. *Метод сегментації зображень на основі попередніх розміток зображення* [Текст] / Ю.М. Батько, О.М. Березький, Г.М. Мельник // Матеріали 4-ї Міжн. НТК: Комп'ютерні науки та інформаційні технології 2009, (15 – 17 жовтня, 2009, Львів, Україна). – 2009. – С. 48 – 51.
26. *Метод і алгоритми сегментації біомедичних зображень на основі попередніх розміток* [Текст] // Штучний інтелект. – Донецьк. – 2010. – № 4. – С. 140 – 149.

Надійшла в редакцію 23.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.И. Хаханов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ И АДАПТАЦИЯ ОДНОГО ИЗ НИХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ СЕТИ ПО КРИТЕРИЮ ЗАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ

А.С. Шпицер

В статье предложен адаптированный метод сегментации для решения поставленной задачи. Во время исследования большинство методов были отсеяны из-за характеристик быстродействия, ресурсозатратности, сложности реализации и масштабируемости. Поэтому для адаптации был выбран алгоритм Краскала. В статье рассматриваются алгоритмы сегментации. Проводится их анализ по критериям быстродействия, ресурсозатратности, эффективности и простоты. На основе полученных результатов один из алгоритмов адаптируется для применения в сетях на кристалле, а именно их сегментация для выявления легкопроходимой участков с целью построения системы «коридоров».

Ключевые слова: сети на кристалле, маршрутизация, динамические топологии, сегментация.

OVERVIEW OF SEGMENTATION METHODS AND ADAPTATION ONE OF THEM FOR SOLUTIONS NETWORK SEGMENTATION PROBLEM BY ELEMENTS WORKLOAD

A.S. Shpitzer

The adapted method of segmentation for the decision of the put task is offered in the article. During research most methods were sifted from descriptions of fast-acting, complications of realization and scaleableness. Therefore for adaptation the algorithm of Kraskal was chosen. In the article algorithms segmentation are considered. The analysis the criteria of fast-acting, hardware complexity, efficiency and simplicity are carried out. As a result, one of algorithms adapts for application in networks on a crystal, namely their segmentation for revealing easily pass for the purpose of construction of system of "Corridors".

Key words: network on chip, routing, dynamic topology, segmentation.

Шпицер Андрій Стефанович – аспірант кафедри СКС Національного університету “Львівська політехніка”, e-mail: AndriiSpitzer@gmail.com.