

файлового вводу/виводу і візуалізації елементів топології ГІС у вікні для взаємодії з базами даних і інтерактивної графічної бібліотеки у межах системи конструкторського проектування ГІС. У кожному класі обмежень перевизначається набір процедур, які задають математичну модель елемента. Для формування моделі усієї системи використовують клас *SystemHIC* конструкторської системи проектування ГІС.

Використання об'єктно-орієнтованого системного середовища ГІС дозволяє максимально уніфікувати програмні засоби формування моделей топології ГІС [10]. При цьому забезпечуються важливі інструментальні можливості для їх подальшого розвитку як у напрямку розширення видів геометричних примітивів і обмежень, так і в напрямку модернізації методів розв'язання.

Висновок

Можна вважати, що саме об'єктно-орієнтований підхід забезпечує необхідну функціональність і інструментальність системного середовища, яке розробляється. Розробка середовища САПР ГІС "ТОПОС" з використанням об'єктно-орієнтованого проектування дає змогу більш ефективно розробляти та використовувати програмні модулі системи, а також створити систему, яка буде відповідати міжнародним стандартам САПР.

1. Крон Г. Исследование сложных систем по частям (диакоптика). М., 1972. 2. Баталов Б.В., Егоров Ю.Б., Русаков С.Г. Основы математического моделирования больших интегральных схем на ЭВМ. М., 1982. 3. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. К., 1975. 4. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического обеспечения с применением САПР. М., 1990. 5. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М., 1982. 6. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. К., 1988. 7. Селютин В.А., Машинное проектирование электронных устройств. М., 1977. 8. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. М., 2000. 9. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++, 2-е изд. / Пер. с англ. М.; С.-Пб., 1998. 10. Корпильов Д., Ткаченко С. Об'єктно-орієнтована методологія розробки середовища САПР Гібридних інтегральних схем "ТОПОС" // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 2000. № 387.С.429–435.

УДК 621.382

Мельник Р.А., Коротєєва Т.О.

НУ "Львівська політехніка", кафедра програмного забезпечення

СТРАТЕГІЇ ТА АЛГОРИТМИ МАКРОТРАСУВАННЯ ПЛМ

© Мельник Р.А., Коротєєва Т.О., 2000

Розглянуто проблеми з'єднань програмованих логічних матриць в умовах багатокритеріальності. Запропоновані нові стратегії зменшення затримки розповсюдження сигналу.

Вступ

Програмовані в умовах експлуатації логічні матриці (ПЛМ) – це гнучкий та недорогий варіант проекту інтегральних схем на замовлення для виконання будь-якої логіки. На даний

час проблема зменшення затримки розповсюдження сигналу стоїть як перед проєктувальниками, так і користувачами ПЛМ [1]. У статті запропоновано нові стратегії та алгоритми макротрасування ПЛМ в умовах багатокритеріальності. Основна мета – це зменшення довжини фрагментів ланцюгів, а саме шляхів "джерело-контакт".

Архітектура ПЛМ

Архітектура ПЛМ найчастіше складається з прямокутного масиву логічних блоків та множини програмованих ресурсів з'єднань. Кожний логічний блок виконує частину логіки проєкту та має конфігурацію, яка може бути перебудована відповідно до потреб користувача. Ресурси маршрутизації використовуються для з'єднання логічних блоків та геометрично утворюють ортогональну систему вертикальних і горизонтальних каналів. На перетині цих каналів розміщені блоки перемикачів (рис.1). Підключення логічного блока відбувається через наперед заданий контакт блока. Кожний логічний блок може мати не більше восьми контактів (рис.2).

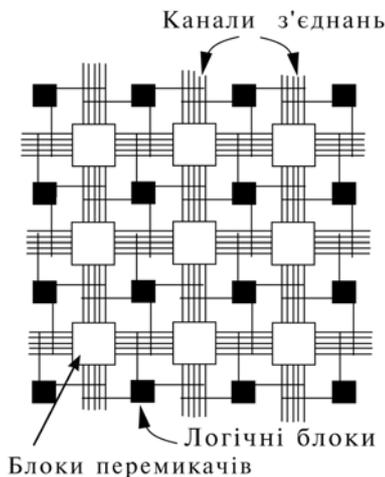


Рис.1. Архітектура ПЛМ

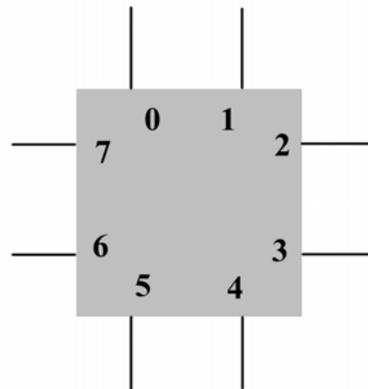


Рис.2. Контакти логічного блока

Процес проведення з'єднань або трасування ПЛМ можна поділити на два етапи:

- 1) глобальне трасування;
- 2) деталізоване трасування.

На етапі глобального трасування визначаються фрагменти каналів з'єднань та блоки перемикачів, які будуть задіяні для даного ланцюга. Деталізованим трасуванням закріплюються відповідні ресурси каналів за даним ланцюгом, визначаються контакти логічних блоків на ресурси каналів і фіксуються номери входів та виходів для блоків перемикачів.

На вхід процесу побудови з'єднань надходить така інформація: координати логічних блоків, які треба з'єднати одним ланцюгом та номер контакту для кожного логічного блока, через який він буде під'єднаний.

Математична модель

За математичну модель для даної задачі приймається граф $G(V,E)$, в якому множина вершин V відповідає множині блоків перемикачів, а множина ребер E – множині фрагментів каналів ресурсів з'єднань. Вага ребра e_{ij} , яке з'єднує вершини v_i та v_j – це функція від декількох змінних, одна з яких дорівнює кількості ресурсів даного фрагмента каналу або його пропускній здатності, а друга – геометричній відстані між двома блоками перемикачів.

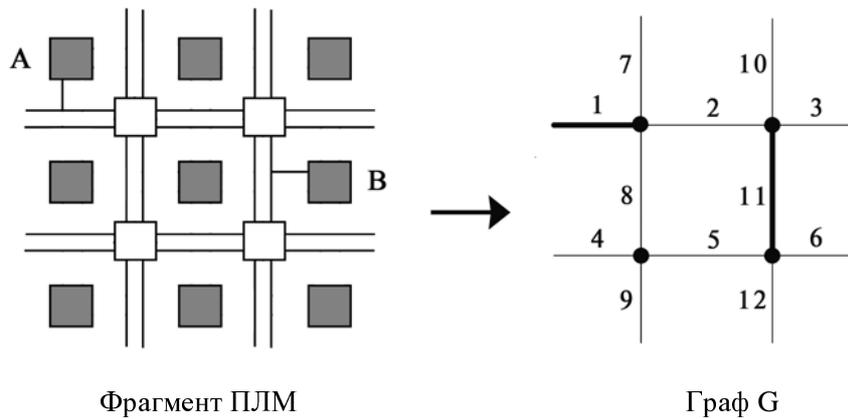


Рис. 3. Подання фрагмента ПЛМ графом G

Логічний блок закріплюється за певним фрагментом каналу, на який цей логічний блок має напрямлений контакт, тобто встановлюється відповідність: контакт логічного блока – ребро e' графа G (рис.3). З рисунка видно, що для даного фрагмента ПЛМ граф G має 4 вершини та 12 ребер, що дорівнює кількості фрагментів каналів. Логічний блок A закріплюється на ребро 1, а логічний блок B – на ребро 11.

Математичне формулювання задачі

Для множини ребер E' на графі $G(V,E)$ необхідно побудувати мінімальне зв'язуюче дерево (МЗД).

Ця задача є багатокритеріальна. Основними критеріями якості побудованих дерев є такі функції:

- сумарна довжина дерева, що дорівнює кількості ребер дерева;
- довжина окремих фрагментів дерева або шляхів "джерело-контакт";
- кількість поворотів (на 90°) у дереві;
- пропускну здатність ребер, що увійшли до побудованого дерева.

До того ж, перші три функції під час побудови дерева мають бути мінімізовані, а четверта функція – максимізована. Це означає, що серед двох однакових по довжині і кількості поворотів дерев або фрагментів дерев вибирається таке дерево або фрагмент, у яке увійшли ребра, що мають більшу пропускну здатність. Цей критерій, загалом призводить до рівномірного завантаження каналів трасами i , відповідно, до зменшення максимальної ширини каналів. Параметри ширини каналу та довжини трас – два основні інтереси при трасуванні ПЛМ.

Алгоритм

При побудові дерев використовується модифікований хвильовий алгоритм, основними кроками якого є:

- поширення хвилі по ребрах графу і позначення фронтами хвилі ребер-контактів ланцюгів;
- фіксація бінарних з'єднань "джерело-контакт";
- визначення критеріальних функцій;
- сортування й усунення неефективних фрагментів дерев;
- об'єднання бінарних фрагментів і формування дерева [2].

Область пошуку дерев обмежується координатами прямокутника, що охоплює всі ребра-контакти даного ланцюга.

Для зменшення затримки розповсюдження сигналу при побудові дерев для даної множини ребер-контактів визначається ребро-джерело, від якого будуть будуватись фрагменти дерева до решти ребер-контактів. Існує декілька стратегій визначення ребра-джерела:

– від геометричного центра: якщо ребра-контакти рівномірно розташовані в області прямокутника, що охоплює ребра-контакти, то ребро-контакт, яке знаходиться найближче до геометричного центра прямокутника, визначається як ребро-джерело (рис.4,а, ребро b визначене як ребро-джерело);

– від групи контактів: якщо ребра-контакти нерівномірно розташовані в області прямокутника, що охоплює ребра-контакти, то визначається група ребер-контактів, розташованих найнасиченіше і серед цієї групи визначається ребро-джерело як ребро-контакт, що найближче розташоване до геометричного центра прямокутника для цієї групи (рис.4.б, ребро c визначене як ребро-джерело);

– між групами контактів: якщо таких груп є більше ніж одна, то в межах кожної групи проводять з'єднання, а потім групи з'єднують між собою.

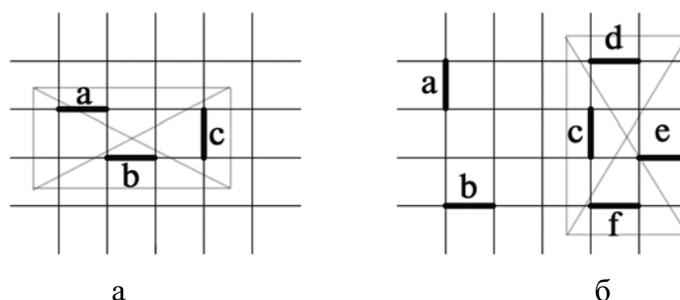


Рис. 4. Приклад вибору ребра-джерела: а – за стратегією “від геометричного центра”; б – за стратегією “від групи контактів”

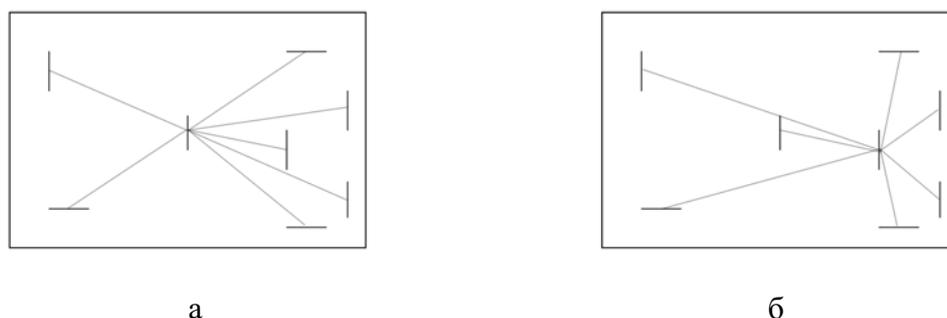


Рис. 5. Схема з'єднань контактів при виборі ребра-джерела: а – за стратегією “від геометричного центра”; б – за стратегією “від групи контактів”

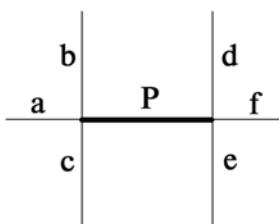


Рис. 6. Схема суміжності ребра P

Рис.5 ілюструє перевагу другої стратегії вибору ребра-джерела над першою, яка приводить у подальшому до зменшення довжин фрагментів “джерело-контакт” та сумарної довжини траси.

Процес поширення хвилі базується на суміжності ребер у графі. У двовимірному (площинному) випадку ребро має шість суміжних ребер (рис.6).

Виходячи з даних про розмір ПЛМ і враховуючи направленість ребра P (вертикальне або горизонтальне), можна вивести формули для підрахунку номерів суміжних з P ребер. У загальному випадку для ПЛМ розміром $M \times N$ для горизонтального ребра P з координатами X_p, Y_p номери суміжних ребер обчислюються за формулами:

$$a = P-1; \quad b = M*(N-1)+(Y_p-1)*N+X_p+1; \quad c = B+1; \quad d = B+N; \quad f = D+1; \quad e = P+1 \quad (1)$$

МЗД будується пофрагментно. На першому кроці будується фрагмент між ребром-джерелом і найближчим до нього ребром-контактом. На наступних кроках існують різні стратегії побудови фрагментів МЗД, а саме:

- наступні фрагменти будуються від ребра-джерела до найближчих ребер-контактів;
- наступні фрагменти будуються від уже побудованого фрагмента МЗД до найближчого ребра-контакта.

Процес в обох випадках продовжується, поки всі ребра-контакти не будуть розглянуті. Переваги другої стратегії над першою показано в рис.7.

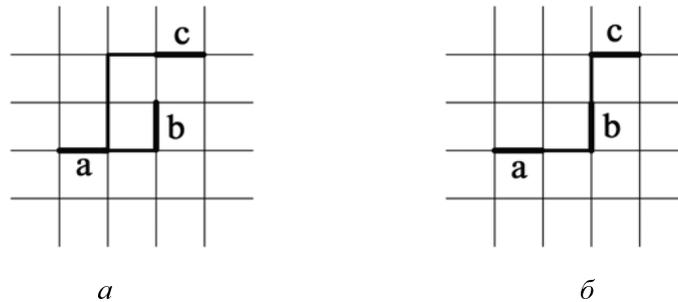


Рис.7. Приклади МЗД. Ребро a вибране за ребро-джерело:
 a – фрагменти МЗД побудовані за стратегією "від ребра-джерела";
 b – фрагменти МЗД побудовані за стратегією "від фрагмента МЗД"

Хоча в обох випадках затримка розповсюдження сигналу буде однаковою, але загальна довжина ланцюга та кількість поворотів у випадку б) буде меншою.

Враховуючи всі розглянуті особливості побудови МЗД для заданої множини ребер E' на графі G , можна описати кроки алгоритму:

1. Для заданої множини ребер E' визначити координати прямокутника, що покриває всі ребра-контакти.
2. Визначити ребро-джерело для множини E' за вибраною стратегією.
3. Побудувати фрагмент МЗД "ребро-джерело – найближче ребро-контакт" згідно з встановленими критеріями.
4. Поки не переглянуті всі ребра-контакти: визначити ребро-контакт, як найближче до побудованого фрагмента. Побудувати новий фрагмент МЗД за встановленими критеріями.

Можна зробити висновок: пофрагментна побудова МЗД із встановленою стратегією вибору ребра-джерела приводить до зменшення довжини ланцюгів, що позитивно впливає на величину затримки розповсюдження сигналу.

1. Alexander M.J., Cohoon J.P., Ganley J.L. and Robins G. An architecture-independent approach to FPGA routing based on multi-weighted graphs, in Proc. EDA conf., Grenoble, France, Sept.1994. P.259–264. 2. Мельник Р.А. Алгоритми ієрархічного моделювання площинної та просторової топології НВІС. Львів, 1999. С.140.