

УДК 519.816

Надія Тимофієва, д.т.н., ст. наук. співр.

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України

ОДИН ЕВРИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ КОНТРОЛЮ ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ, ЩО ҐРУНТУЄТЬСЯ НА РОЗПІЗНАВАННІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Описано евристичний алгоритм контролю топології друкованих плат, що ґрунтується на розпізнаванні структури вхідної інформації. В ньому реалізовано підхід, який використовується в ручному режимі та неявно моделюється функція зору людини.

Ключові слова: Комбінаторна оптимізація, комбінаторна конфігурація, контроль друкованого монтажу, евристичні алгоритми.

Nadija Tymofijeva

ONE HEURISTIC ALGORITHM CONTROL OF TOPOLOGY PLATES BASED ON RECOGNITION OF INPUT DATA

The heuristic algorithm of control of topology plates based on the recognition of structure of input data is described. In it realized the method which used in manual mode and implicitly modeled the function of the sight of human.

Keywords: combinatorial optimization, combinatorial configuration, control of the topology plate, heuristic algorithms.

Вступ. Розглядається проблема контролю друкованого монтажу, яка виникає при проектуванні обчислювальної апаратури. При величезних масивах вхідної інформації ця задача є *NP*-повною. Для її розв'язання в реальному часі використано евристичний алгоритм, який ґрунтується на розпізнаванні вхідної інформації так, як це проводиться в ручному режимі.

Основна частина. Для розв'язання задач із класів задач комбінаторної оптимізації виділимо такі основні підходи: а) ітераційні методи та алгоритми, що ґрунтуються на частковому переборі варіантів, б) методи та алгоритми, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації.

Підходи, які ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, називають евристичними, такими, в яких моделюються правила вибору оптимального рішення людини в ручному режимі. Тобто, під евристичними алгоритмами розуміють способи прийняття рішень подібні до того, як це робить людина, та побудовані на інтуїтивних міркуваннях, що спираються на попередній досвід. Якщо проаналізувати методи, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації, то можна побачити, що в них неявно моделюється функція зору людини. До них відносять підходи, які складно формалізувати та неможливо довести їхню точність. Використання евристичних алгоритмів дуже поширене в задачах розпізнавання різної природи. Для багатьох практичних проблем ці алгоритми чи не єдино можливий шлях для отримання задовільного рішення в реальному часі. Іноді такий алгоритм може бути точним, тобто він знаходить дійсно найкраще рішення, але його називають евристичним із-за неможливості довести їхню точність. Ці методи ефективні за швидкістю, але досить часто результат, одержаний за їхньою допомогою, далекий від оптимального. З цієї причини методам б), незважаючи на те, що саме їхнє використання ефективно при розв'язанні задач обчислювального інтелекту, в літературі достатньої уваги не приділяють.

Нижче опишемо евристичний алгоритм розв'язання прикладної задачі з автоматизованого проектування друкованих плат, в якому використано метод, що ґрунтується на розпізнаванні структури вхідної інформації.

При внесенні змін у результати автоматичного проектування обчислювальної апаратури особливо важливою є задача контролю топології, тобто встановлення відповідності друкованого монтажу заданій електричній схемі. Як правило, її розв'язують таким чином. Спочатку за топологією друкованого монтажу формують список електричних зв'язків. Потім утворений список порівнюють із заданим. Оскільки ця задача відноситься до перебірних, то описаний спосіб контролю вимагає додаткових ресурсів на оперативну пам'ять та збільшує час обчислень. У проектуванні великих інтегральних мікросхем актуальною є проблема оптимізації затраченого на розв'язок поставленої задачі часу. При великих об'ємах вхідної інформації вона може бути нерозв'язною. В цьому разі її необхідно звести до розв'язної.

У запропонованому підході контролю топології друкованого монтажу реалізовано принцип "прозвонки" електричних зв'язків, який використовують при його провірці вручну, тобто розв'язок задачі ґрунтується на розпізнаванні структури вхідних даних. На першому етапі проводиться розфарбування компонент графа, яким задається топологія друкованого монтажу. Кожній компоненті присвоюється свій символ. На другому кроці розпізнаються символи, які знаходяться на місці монтажних отворів плати. Якщо для j -го електричного зв'язку на місці усіх монтажних отворів знаходиться один і той же символ, то друкований провідник відповідає заданому електричному зв'язку, тим самим друкований монтаж відповідає заданій електричній схемі. Розроблений алгоритм виключає процедуру порівняння двох списків, завдяки чому він характеризується величезною швидкістю.

Запропонований підхід для розв'язання поставленої задачі не вимагає додаткової оперативної пам'яті для збереження величезних масивів інформації, а виключення процедури порівняння двох списків прискорює весь хід обчислювального процесу. Вхідними даними в цій задачі є електрична схема та результат трасування провідників, виконаних згідно з заданою схемою. Адреса елементів друкованого монтажу на поверхні задаються ортогональною координатною сіткою, яка нанесена на поверхню.

Електричну схему подамо у вигляді зв'язного неорієнтованого графа G . Його вершинами є номери входів (виходів) модулів (координати x, y), а ребрам поставлено у відповідність електричні зв'язки, які їх з'єднують. Позначимо Φ_G множину, значення якої визначають функціональні характеристики заданої схеми. Відповідно топологію друкованого монтажу подамо у вигляді графа \tilde{G} , вершинами якого є номери вузлів координатної сітки, в яких розміщено монтажні отвори для встановлення виводів модулів. Ребрами цього графу є електричні зв'язки, виконані у вигляді друкованих провідників. Множина $\Phi_{\tilde{G}}$ визначає функціональні характеристики друкованого монтажу. Задача полягає в установленні ізоморфізму графів G та \tilde{G} за необхідності виконання такої умови

$$\Phi_G = \Phi_{\tilde{G}}. \quad (1)$$

Якщо умова (1) виконується, то друкований монтаж відповідає заданій електричній схемі. В іншому разі в топології друкованого монтажу є помилки.

Граф \tilde{G} складається з підграфів $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$, $j \in \{1, \dots, K\}$, вершини яких мають між собою електричні зв'язки, але між вершинами різних підграфів такі зв'язки відсутні; де K – кількість $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$. З метою збільшення швидкодії та зменшення необхідного об'єму

оперативної пам'яті уведемо процедуру розфарбування усіх елементів $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$ різними кольорами. Ця процедура полягає в тому, що всім елементам певного підграфа \tilde{G}_j присвоюється свій символ. Тобто \tilde{G}_j має свій колір. Для зручності j -му кольору поставимо у відповідність певне число $1, 2, \dots, K$. В результаті елементи підграфа $\tilde{G}_j \in \tilde{G}$, який являє собою замкнутий шлях для електричного току мають однакові кольори. Такий підграф являє собою дерево Штейнера. Отже, для виконання умови (1) необхідно, щоб граф \tilde{G} був взаємно однозначним відображенням графа G .

Подамо обчислювальну схему розв'язання задачі контролю топології друкованого монтажу.

1. Перепишемо спискову інформацію про електричні зв'язки, якими задається електрична схема таким чином. Адреси, які відповідають номеру модуля та номеру вивода модуля задамо координатами x, y , які визначаються при розміщенні модулів на друкованій платі певною програмою.

2. Покладемо $j = 1$. Перехід до п. 3.

3. На друкованій платі розпізнаємо друковані елементи (монтажні отвори та друковані провідники), завдяки яким проводиться зв'язок між модулями. Усім друкованим елементам, зв'язаним з j -м монтажним отвором присвоюємо число j . Перехід до п.4.

4. Покладаємо $j = j + 1$. Якщо $j \geq n$ (n – кількість монтажних отворів), переходимо до п. 5. В іншому разі перехід до п.3.

5. Перевіряємо умову (1). Використовуючи спискову структуру електричної схеми, для кожної електричної цепочки у визначених координатах x, y розпізнаємо символ. Якщо в такій точці символ відсутній, то електрична схема не має зв'язку між іншими елементами. Програма виводить інформацію про помилку. В іншому разі перевіряються усі координати x, y електричної цепочки, що знаходяться на платі. Якщо вони мають однакові символи, то дана цепочка з'єднує усі виводи модулів і для неї виконується умова (1). В іншому разі друкований монтаж має помилки. Перехід до п 6.

6. Виведення результатів роботи алгоритму. Перехід до п. 7.

7. Кінець роботи алгоритму.

Отже, використання підходів для розв'язання задач з автоматизованого проектування, що ґрунтуються на розпізнаванні структури вхідної інформації та які називають евристичними, дозволяє знайти глобальний розв'язок поліноміально. За точністю вони не гірші від відомих точних методів, які при збільшенні розмірності задачі є експоненціальними.

Література

1. Климко Э.И. Система автоматизированного контроля топологии многослойных коммутационных плат / Э.И. Климко, А.А. Романов // Электронная пром-сть. – 1987. - №4. – С. 6-8.
2. Тимофеева Н.К. Проблемы контроля топологии печатного монтажа / Н.К. Тимофеева // Численные методы и технология разработки пакетов прикладных программ: Сб. науч. тр. – К., 1990. – С.42–47.