УДК 681.32 **DOI:** 10.18664/ikszt.voi6.151637

КОРОЛЕВА Я. Ю., канд. техн. наук, доцент кафедры мультимедийных информационных технологий и систем,
БЕЛИКОВ И. С., старший преподаватель кафедры мультимедийных информационных технологий и систем
(Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)

Использование последовательного алгоритма компоновки в конструкциях мультимедиа

На основе теоретического обобщения работ в области алгоритмизации типовых задач конструкторского проектирования в автоматизированных системах разработан последовательный алгоритм компоновки элементов. В качестве построения формальной математической модели использовали теорию графов. Схему электрическую принципиальную интерпретировали ненаправленным мультиграфом, в котором каждому конструктивному элементу соответствует вершина, а электрическим связям – ребра графа. Это позволяет абстрагироваться от конкретных схем и переходить к их математическим моделям – графам, разрабатывать эффективные методы поиска оптимальных конструктивных решений.
Ключевые слова: *функциональная схема, электрическая схема, граф, мультиграф, матрица смежностей, ограничение, оптимальность.*

Введение

Одной из первых задач, решаемых на стадии проектирования конструкций мультимедиа, является задача преобразования функциональных схем в электрические. В связи с большим многообразием элементов в радиоэлектронике возникает необходимость определения оптимального набора этих элементов для каждого конкретного класса схем, а именно минимизации числа типов элементов набора в проектируемом устройстве [1, 2].

При этом разработчики сталкиваются с задачей распределения элементов схемы по коммутационным платам с учетом минимизации числа межмодульных связей, что позволит повысить надежность схемы, уменьшить время задержки сигнала в цепях, упростить конструкцию и повысить технологичность устройства в целом. Для решения поставленных задач разработчики используют алгоритмы компоновки, которые условно можно разбить на пять групп: алгоритмы, использующие методы целочисленного программирования; последовательные алгоритмы компоновки; итерационные алгоритмы; смешанные алгоритмы; алгоритмы, основанные на методе ветвей и границ [2, 3].

Анализ последних исследований и публикаций

Анализ работ в области алгоритмизации конструкторского проектирования позволяет преобразовывать электрические схемы в графовые модели и учитывая ограничения на максимальное количество связей каждого отдельного подграфа и количество вершин в подграфе выполнять разбиения заданных графов, что позволит упростить работу компоновки конструктивных элементов [4, 5].

Определение цели и задачи исследования

Целью статьи является разработка последовательного алгоритма компоновки, основанного на разбиении мультиграфа на подграфы с учетом критерия минимума количества связей между подграфом для повышения надежности схемы.

Основная часть исследования

Задача компоновки формулируется следующим образом. Заданный мультиграф $G(X,U)$ разбиваем на отдельные подграфы $G_1(X_1,U_1),G_2(X_2,U_2),\ldots,G_k(X_k,U_k)$ так, чтобы количество ребер было минимальным, то есть выполнялось условие

$$\min\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{k}\left|U_{ij}\right|, \qquad (1)$$

где U_{ij} – множество ребер, соединяющих подграфы

$G_i(X_i, U_i)$ и $G_j(X_j, U_j)$.

Конструктивными ограничениями в задачах компоновки являются: число подграфов разрезания графа k; число вершин в каждом из подграфов; максимальное число внешних связей каждого отдельного взятого подграфа; требования на раздельную компоновку отдельных вершин $x_i, x_j \in X$ в различных подграфах.

Суть последовательного алгоритма компоновки заключается в пошаговой компоновке подграфов в соответствии с ограничениями по внешним связям.

Алгоритм 1

1. Представить схему электрическую принципиальную в виде ненаправленного мультиграфа $G(X,U)$.

2. Построить таблицу смежности и выполнить расчет локальной степени вершин.

3. В графе $G(X,U)$ найти вершину, которая имеет минимальную локальную степень. Если таких вершин несколько, то выбрать ту, какой из них инцидентно максимальное количество кратных ребер. А если и таких вершин несколько – выбрать вершину, которая имеет меньший порядковый номер.

4. Включить вершину x_i в подграф, формируется $G_1(X_1, U_1)$.

5. Из множества вершин, смежных с x_i, выбрать такую, которая имеет минимальный относительный вес, равный приросту количества внешних связей при включении ее в множество X_1, то есть

$$\delta(x_j) = \min_{x_g \in X_1^0} \left\{ \rho(x_g) - 2 \sum_{x_k \in X_1} s_{gk} \right\}, \tag{2}$$

где X_1^0 – подмножество вершин, смежных с вершиной x_i;

$\rho(x_g)$ – локальная степень вершины x_i;

s_{gk} – элемент матрицы смежности S.

Пусть такой вершиной будет x_j (при наличии нескольких вершин выбрать ту, которая обладает максимальной локальной степенью, а если и таких вершин несколько, – вершину, имеющую меньший порядковый номер).

6. Включить x_j в множество X_1, если выполняется ограничение на количество внешних связей подграфа

$$\sum_{x_i \in X_1} \delta(x_i) + \delta(x_j) \le m_1, \tag{3}$$

где m_1 – максимальное количество внешних связей.

Процесс продолжается, пока в подграф G_1 не будет включено максимально допустимое количество вершин в подграфе $G_1(X_1, U_1)$, или пока не будет нарушено ограничение на количество внешних связей. В последнем случае, если количество вершин в подграфе не достигнуто, процесс следует продолжать до полного формирования подграфа. Как конечный вариант выбирают подграф с максимально возможным количеством вершин при условии удовлетворения ограничения на максимальное количество внешних связей.

7. После образования подграфа $G_1(X_1, U_1)$ процесс повторяют для формирования подграфа $G_2(X_2, U_2)$ с той лишь разницей, что рассматривают вершины из множества $X \setminus X_1$. Аналогично формируют и другие подграфы.

8. Конец алгоритма.

Рассмотрим мультиграф, представленный матрицей смежности. Используя последовательный алгоритм компоновки и ограничения на максимальное количество связей каждого отдельного подграфа $G_i(X_i, U_i)$, которое не должно превышать $m = 5$, и количество вершин в подграфе $3 \le |X_i| \le 5$, разбить исходный граф на подграфы.

По заданной матрице смежности определяем локальную степень вершин для каждого ряда матрицы.

$$S = \begin{array}{c|cccccccc|c} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 & x_7 & x_8 & \rho(x_i) \\ x_1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 3 & 0 & 1 & 5 \\ x_2 & 0 & 0 & 2 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ x_3 & 1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ x_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ x_5 & 0 & 1 & 1 & 2 & 0 & 1 & 0 & 1 & 6 \\ x_6 & 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 2 & 6 \\ x_7 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ x_8 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 2 & 1 & 0 & 5 \end{array}.$$

Минимальную локальную степень имеют две вершины x_4 и x_7. Согласно алгоритму 1 выбираем вершину x_4, так как у нее наибольшее количество кратных ребер.

Формируем первый подграф $G_1(X_1, U_1)$. Включаем вершину x_4 в множество X_1. Отделим из множества X исходного графа подмножество X_1^0 вершин, смежных к вершинам, из множества X_1 (до вершины x_4) $X_1^0 = \{x_5\}$. Определяем относительный вес этой вершины.

$$\delta(x_5) = 6 - 2 \cdot 2 = 2.$$

Включаем вершину x_5 в подмножество X_1. При этом количество внешних связей подграфа G_1 увеличится на $\delta(x_5) = 2$ и не превышает количество связей между сформированным подграфом $\rho(x_4) + \delta(x_5) = 2 + 2 = 4 < m = 5$.

Опять формируем подмножество $X_1^0 = \{x_2, x_3, x_6, x_8\}$ и рассчитываем относительный вес.

$$\delta(x_2) = 4 - 2(1+0) = 2;\ \delta(x_6) = 6 - 2(0+1) = 4;$$
$$\delta(x_3) = 4 - 2(0+1) = 2;\ \delta(x_8) = 5 - 2(0+1) = 3.$$

Включение в подграф вершины x_2 увеличивает количество внешних связей на два $\rho(x_4) + \delta(x_5) + \delta(x_2) = 2 + 2 + 2 = 6 > m$, несмотря на это есть возможность включения еще трех вершин в подграф G_1, поскольку $X_1 = \{x_4, x_5\}$; $|X_1| = 2 < 5$.

Включаем в подграф G_1 вершину x_2 и продолжаем его формирование $X_1 = \{x_2, x_4, x_5\}$, $X_1^0 = \{x_3, x_6, x_7, x_8\}$.

$$\delta(x_3) = 4 - 2(2+0+1) = -2;\ \delta(x_7) = 2 - 2(1+0+0) = 0;$$
$$\delta(x_6) = 6 - 2(0+0+1) = 4;\ \delta(x_8) = 5 - 2(0+0+1) = 3.$$

Включаем в первый подграф G_1 вершину x_3, поскольку ее присоединение уменьшает количество внешних связей на два $\rho(x_4) + \delta(x_5) + \delta(x_2) + \delta(x_3) = 2 + 2 + 2 - 2 = 4 < m$, $X_1 = \{x_2, x_3, x_4, x_5\}$, $X_1^0 = \{x_1, x_6, x_7, x_8\}$.

$$\delta(x_1) = 5 - 2(0+1+0+0) = 3;\ \delta(x_7) = 2 - 2(1+0+0+0) = 0;$$
$$\delta(x_6) = 6 - 2(0+0+0+1) = 4;\ \delta(x_8) = 5 - 2(0+0+0+1) = 3.$$

Присоединяем вершину x_7, поскольку ее присоединение не изменяет количество внешних связей $\rho(x_4) + \delta(x_5) + \delta(x_2) + \delta(x_3) + \delta(x_7) = 2+2+2-2+0 = 4 < m$.

Таким образом, выполняется ограничение и конечный вариант компоновки имеет вид $X_1 = \{x_2, x_3, x_4, x_5, x_7\}$.

Во второй подграф $G_2(X_2, U_2)$ включим вершины $X_2 = \{x_1, x_6, x_8\}$.

Выводы

Рассмотренный процесс распределения элементов типичен для всех последовательных алгоритмов компоновки. Однако он имеет как ряд достоинств, так и недостатков. В качестве достоинства можно отметить простоту реализации и высокое быстродействие. В качестве недостатка – узкая область применения алгоритма в связи с не оптимальностью полученных результатов. Алгоритм, представленный в статье, эффективен при наличии ограничений на совместную компоновку отдельных вершин графа. В таком случае каждая вершина жестко закрепляется за определенным куском графа и формирование очередного куска начинается с непосредственного выбора этой вершины в качестве исходной.

Список используемой литературы

1. Курейчик, В. М. Математическое описание конструкторского и технологического проектирования с применением САПР [Текст] : учебник для вузов / В. М. Курейчик. – М. : Радио и связь, 1990. – 352 с.
2. Деньдобренко, Б. Н. Автоматизация конструирования РЭА [Текст] : учебник для вузов / Б. Н. Деньдобренко, А. С. Малика. – М. : Высш. шк., 1980. – 384 с.
3. Саломатин, В. А. Последовательный алгоритм компоновки конструктивных элементов на основе задания схемы в виде гиперграфа [Текст] / В. А. Саломатин, В. Н. Струнилин // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – Донецк : ДонНТУ, 2009. – № 10 (153). – С. 198–201.
4. Isomorphism between Cayley (di)graphs [Text] / J.G. Fernandes, R.E. Giudici // Discrete Mathematics ». – 2005. – №305. – P. 361-364.
5. Algebraic Graph Theory [Text] / N. Biggs // Cambridge University Press, Cambridge, 1974.

Корольова Я. Ю., Беликов И. С. Використання послідовного алгоритму компонування в конструкціях мультимедіа.

Анотація. На основі теоретичного узагальнення і робіт у галузі алгоритмізації типових задач конструкторського проектування в автоматизованих системах розроблено послідовний алгоритм компонування елементів. Як побудову формальної

математичної моделі використовували теорію графів. Це дає змогу абстрагуватися від конкретних схем і переходити до їх математичних моделей – графів, розробляти ефективні методи пошуку оптимальних конструктивних рішень.

Метою статті є розроблення послідовного алгоритму компонування, основаного на розбитті мультиграфа на підграфи з урахуванням критерію мінімуму кількості зв'язків між підграфом для підвищення надійності схеми.

Завдання компонування зводиться до виконання алгоритму, де спершу за певними правилами вибирають першу вершину графа, потім здійснюють послідовний вибір вершин (з числа нерозподілених) і приєднують їх до формованого шматка графа. Після формування першого шматка, враховуючи задані обмеження на максимальну кількість зв'язків кожного окремого підграфа і кількість вершин у підграфі, переходять до другого і так далі до отримання бажаного розбиття вихідного графа.

Однак розроблений алгоритм має як переваги, так і недоліки, а саме: до переваг можна віднести простоту реалізації і високу швидкодію, до недоліків – вузьку галузь застосування алгоритму у зв'язку з неоптимальністю отриманих результатів. Цей алгоритм ефективний при наявності обмежень на спільне компонування окремих вершин графа.

Ключові слова: функціональна схема, електрична схема, граф, мультиграф, матриця суміжності, обмеження, оптимальність.

Koroleva Y. U., Bielikov I. S. Using a sequential layout algorithm in multimedia designs.

Abstract. On the basis of theoretical generalization and work in the field of algorithmization of typical design engineering problems in automated systems, the author has developed a sequential algorithm for arranging elements. As a construction of a formal mathematical model, graph theory was used. This allows you to abstract away from specific schemes and move on to their mathematical models - graphs - to develop effective methods for finding optimal design solutions.

The aim of the article is to develop a sequential layout algorithm based on splitting a multigraph into subgraphs, taking into account the criterion of the minimum number of connections between a subgraph to increase the reliability of the scheme.

The task of assembling is reduced to the execution of the algorithm, where first, by a certain rule, the first vertex of the graph is selected, then the consecutive selection of the vertices (from among those not distributed) is performed and attached to the formed piece of the graph. After forming the first piece, taking into account the specified restrictions on the maximum number of links of each individual subgraph and the number of vertices in the subgraph go to the second and so on until the desired partition of the original graph is obtained.

However, the developed algorithm has both a number of advantages and disadvantages. As an advantage, it is possible to note the simplicity of implementation and high speed. As a drawback, the narrow scope of the algorithm is due to the non-optimality of the results obtained. This algorithm is effective when there are restrictions on the joint layout of individual vertices of the graph.

Keywords: functional diagram, electrical circuit, graph, multigraph, adjacency matrix, constraint, optimality

Надійшла 17.10.2018 р.

Корольова Яна Юріївна, *канд. техн. наук, доцент кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». E-mail: Yanakoroleva815@gmail.com. ORCID ID: 0000-0002-7203-5603.*

Бєліков Ігор Сергійович, *старший викладач кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». E-mail: igorajon@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-1339-8401.*

Koroleva Yana Urevna, *Ph.D., Multimedia information technologies and systems, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute». E-mail: Yanakoroleva815@gmail.com. ORCID ID: 0000-0002-7203-5603.*

Bielikov Ihor, *senior teacher, Multimedia information technologies and systems, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute». E-mail: igorajon@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-1339-8401.*