

Lebedev Boris Konstantinovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: lbk@tsure.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371743.

Department of Computer Aided Design; professor.

Лебедев Владимир Борисович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования “Южный федеральный университет” в г. Таганроге.

E-mail: lbk@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371743.

Кафедра системного анализа и телекоммуникаций; доцент.

Lebedev Vladimir Borisovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: lbk@tsure.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371743.

Department of System Analysis and Telecommunications; associate professor.

УДК 321.3

С.А. Бушин, В.В. Курейчик

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗНОГАБАРИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ*

Одним из важнейших этапов проектирования электронных устройств является размещение разногабаритных элементов на непрерывном монтажном пространстве. Основной целью решения задачи размещения следует считать создание наилучших условий для последующей трассировки. В статье рассмотрено представление решения задачи размещения, дана постановка и предложен модифицированный генетический алгоритм ее решения, отличающийся ориентацией размещаемых элементов в пространстве. Это позволяет минимизировать длину соединений и повысить качество размещения.

Задача размещения; генетический алгоритм; математическая модель; гиперграф.

S.A. Bushin, V.V. Kureychik

DIFFERENT-DIMENSION ELEMENTS PLACEMENT GENETIC ALGORITHM

Different-dimension elements placement in permanent wire area represents one of important stages of electronic devices design. The main aim of placement problem solution is the creation of the best conditions for the consequent routing. The representation of placement problem solution is considered in this article, the formulation and its solution modified genetic algorithm differing

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 10-01-00115, № 10-07-90010), г/б № 2.1.2.1652.

by elements being placed orientation in the area are given. It allows minimizing the connections length and increasing the placement quality.

Placement problem; genetic algorithm; mathematical model; hypergraph.

Введение. Одним из важнейших этапов проектирования электронных устройств является размещение разногабаритных элементов на непрерывном монтажном пространстве. При этом задается множество конструктивных элементов (блоков), связанных между собой в соответствии с принципиальной коммутационной схемой узла или блока. Далее требуется разместить элементы на некотором плоском коммутационном поле (КП) так, чтобы выполнялись все тепло-, электро-, магнитные и временные ограничения на взаимное расположение элементов, а некоторый функционал качества (целевая функция) достигал экстремального значения. Главные метрические критерии задачи размещения: минимальная суммарная длина межсоединений и минимальная площадь области размещенных элементов и межсоединений, а также их производные. Основной целью решения задачи размещения следует считать создание наилучших условий для последующей трассировки.

В работе рассмотрено представление решения задачи размещения, дана постановка задачи и предложен модифицированный генетический алгоритм ее решения, отличающий ориентацией размещаемых элементов в пространстве. Это позволяет минимизировать длину соединений и повысить качество размещения.

1. Постановка задачи. Для каждого размещаемого элемента e_i заданы: линейные геометрические размеры: длина a_i и ширина b_i ; список контактов C_i , через которые производится сопряжение элемента с другими элементами схемы или устройства. Каждый контакт характеризуется координатами (x, y) , заданными относительно базовой точки элемента, и номером подключаемой к нему цепи t_j [1,2].

Следует отметить, что элемент в размещении может занимать два пространственных положения. Соответственно, признак ориентации o_i элемента e_i принимает значение 1 при горизонтальном, и 0 – при вертикальном положении. В качестве математической модели, описывающей заданную схему, будем использовать гиперграф $G = (X, U, P)$ [2,3], где: $X = \{x_i | i = 1, 2, \dots, n\}$ – множество вершин, моделирующих элементы; $U = \{u_j | j = 1, 2, \dots, m\}$ – множество гиперребер, моделирующих цепи, связывающие элементы; P – инцидентор, заданный на множестве $X \times U$ и определяющий отношение инцидентности между вершинами и ребрами гиперграфа (двудольного графа):

$$P(x_i, u_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } u_j \text{ инцидентно } x_i, \\ 0, & \text{если } u_j \text{ не инцидентно } x_i. \end{cases}$$

Расстояние между двумя элементами с координатами (x_i, y_i) и (x_j, y_j) определяется по стандартной формуле:

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|. \quad (1)$$

В качестве оценки длины цепи t_j , моделируемой гиперребром u_j , используется длина минимального связывающего дерева, построенного на множестве вершин $x_j \in X$.

Необходимо найти некоторый вариант размещения элементов на монтажном пространстве $z_j = \{(x_1, y_1, o_1), \dots, (x_i, y_i, o_i), \dots, (x_n, y_n, o_n)\}$, где x_i, y_i – координаты базовой точки, а o_i – ориентация элемента размещения e_i . При этом перекрытие раз-

мешенных элементов не допускается, а суммарная длина соединений и площадь, занятая конструкцией, должны быть минимальна.

Очевидно, что задача размещения является многокритериальной, поэтому для оценки качества полученного решения используется аддитивный критерий [3,4], выражающий сумму нормированных оценок общей длины соединений и площади размещения:

$$F = k_1 \cdot O(L(z_j)) + k_2 \cdot P(S_{общ}(z_j)) + k_3 \cdot D(T_{общ}),$$

где z_j – некоторый вариант размещения; k_1, k_2, k_3 – весовые коэффициенты, заданные таким образом, чтобы их сумма равнялась единице; $L(z_j)$ – суммарная длина проводников (межсоединений); $O(L(z_j))$ – нормированная оценка общей длины соединений, приведенная к интервалу $[0, I]$; $S_{общ}$ – фактическая площадь размещения, определенная как площадь минимального прямоугольника, описывающего размещенные элементы; $P(S_{общ}(z_j))$ – нормированная оценка общей площади размещения, принимающая значения из интервала $[0, I]$; $D(T_{общ})$ – нормированное значение задержки сигналов на данном коммутационном поле.

Таким образом, задача размещения состоит в отыскании минимального значения функции F на множестве допустимых размещений Z :

$$F(z_j) \xrightarrow{z_j \in Z} \min.$$

При разработке генетического алгоритма размещения и его реализации с использованием средств подсистемы генетического поиска должны быть решены следующие задачи [1,2].

1. Выбрать существующую или описать новую архитектуру генетического алгоритма.
2. Построить общую и частичные модели задачи, коммутационного поля и разработать целевую функцию.
3. Определить способ представления решения.
4. Построить начальную популяцию альтернативных решений.
5. Выбрать операторы случайных или комбинированных изменений, либо разработать новые операторы.
6. Определить способ «выживания» решений, то есть правила отбора особей в новую популяцию.
7. Определить способ окончания генетического поиска.
8. Построения фенотипа на основе полученного генотипа, т.е. декодирования решения.

2. Представление решения задачи размещения. Решением задачи размещения является совокупность координат элементов размещения и информации об их ориентации в пространстве. Кодировать координаты элементов в хромосоме нецелесообразно, поскольку применение операторов случайных изменений будет приводить к образованию нелегальных решений, в которых отдельные элементы будут накладываться друг на друга. Для задания размещения достаточно определить порядок следования элементов при их размещении, а их конкретные координаты будут определены при интерпретации данной последовательности. Для задачи размещения будем использовать способ «кодирования перестановок». Его использование обусловлено следующими особенностями [1,2]:

- ♦ алгоритм декодирования имеет линейную временную сложность $O(n)$;

- ♦ возможность использования простых генетических операторов, имеющих линейную временную сложность $O(n)$.

Для представления некоторого размещения достаточно использовать две хромосомы:

- ♦ гомологичную числовую хромосому – для задания последовательности размещаемых элементов;
- ♦ двоичную хромосому – для задания ориентации размещаемых элементов.

Алгоритм декодирования состоит в следующем:

1. Предварительное декодирование первого альтернативного решения (хромосомы H_1) для получения последовательности размещаемых элементов h_1^* . Например, для гиперграфа на 12 вершин можно получить предварительно декодированную особь следующего вида:

$$p_1^* = \begin{cases} H_1^* & | e_5 e_1 e_{11} e_{12} e_2 e_7 e_9 e_6 e_{10} e_3 e_8 e_4 \\ H_2 & | 1 0 0 1 1 0 1 1 1 1 0 0 \end{cases}$$

2. Выбирается первый элемент из последовательности H_1^* и размещаем его в левый нижний угол области размещения.
3. Выбирается следующий элемент последовательности e_i .
4. Выбирается позиция элемента e_i таким образом, чтобы минимизировать приращение свободной площади внутри прямоугольника, охватывающего размещенные элементы. При этом элемент e_i выравнивается максимально влево и вниз.
5. Если с учетом размеров геометрических размеров элемента e_i и области размещения для него не удалось определить допустимую позицию, выводится сообщение о невозможности корректно разместить все элементы и переходим к шагу 7.
6. Переход к шагу 3, если последовательность H_1^* содержит нерассмотренные элементы.
7. Конец.

3. Модифицированный алгоритм размещения. Создание множества альтернативных решений (популяции) представляет собой циклический процесс, состоящий из последовательного применения генетических операторов к каждому альтернативному решению. Сортировка решений является циклическим процессом и связана с оценкой приспособленности каждого альтернативного решения, т.е. вычисления его целевой функции. Проверка вероятности применения операторов, конструирующих новые альтернативные решения, состоит из генерации случайного числа и сравнения его с пороговым значением вероятности применения операторов P_{OK} (кроссинговера), P_{OM} (мутации) и P_{OI} (инверсии) соответственно.

Особенностью модифицированного алгоритма является возможность параллельного выполнения генетического поиска над отдельными популяциями, участвующими в эволюции. Схема такого алгоритма приведена на рис. 1 [1,5]. Здесь вводятся дополнительные операторы миграции. Они выполняют перемещение особей из одной популяции в другую, могут выполняться только после завершения эволюционного поиска над каждой популяцией.

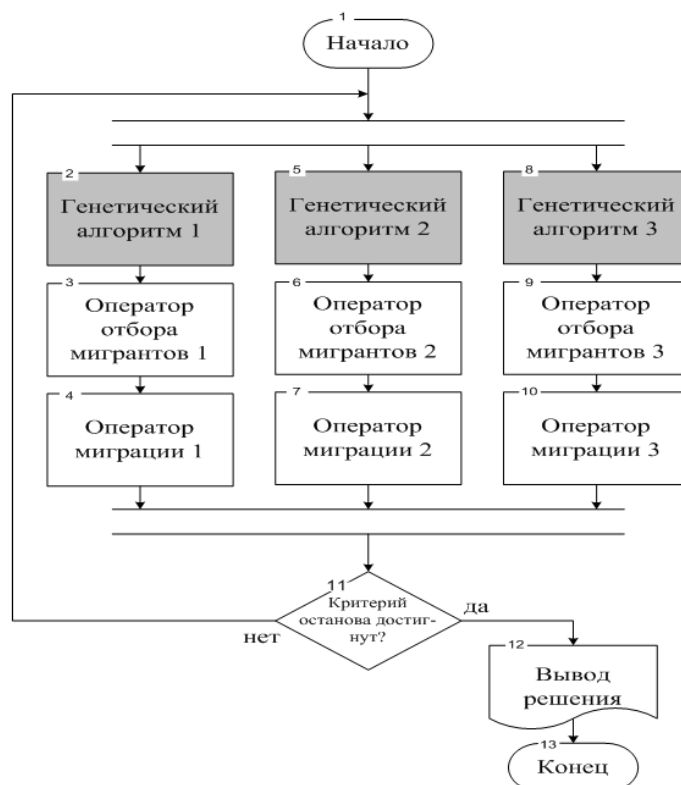


Рис. 1. Модифицированный параллельный генетический алгоритм

Введем понятие «состояние вершины», которое характеризует готовность блока структурной схемы (вершины) и всех зависимых данных к выполнению оператора, поставленного ей в соответствие. Будем выделять следующие состояния вершины:

- ◆ «готова» – все данные, необходимые для выполнения операторов, ассоциированного с вершиной, готовы для его выполнения;
- ◆ «выполняется» – данное состояние обозначает, что выполнение модифицированного алгоритма не завершено в момент проверки состояния вершины, с которой он ассоциирован;
- ◆ «ожидание» – данное состояние обозначает, что в момент помещения вершины в очередь обработки не были готовы данные, необходимые для выполнения оператора, связанного с данной вершиной.
- ◆ «завершена» – выполнение оператора, ассоциированного с данной вершиной, завершилось успешно.

Отличительной особенностью является параллельное выполнение трех макрогенетических алгоритмов.

Описанный способ представления размещения разногабаритных элементов реализован с применением встроенных типов данных и позволяет размещать до 10000 элементов с использованием иерархического разбиения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Сороколетов П.В. Концептуальная модель представления решений в генетических алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 7-12.
2. Бакало М.А., Курейчик В.В. Модифицированный алгоритм размещения методом парных перестановок // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». 2007. – С. 77-84.
3. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Генетический алгоритм размещения графа // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2000. – № 5. – С. 67-74
4. Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Решение задачи размещения на основе эволюционного моделирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2007. – № 4. – С. 78-90.
5. Глазков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.

Курейчик Владимир Викторович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: vkur@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634383451.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; заведующий кафедрой, профессор.

Kureichik Vladimir Viktorovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: vkur@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634383451.

The Department of Computer Aided Design; head the Department; professor.

Бушин Сергей Алексеевич

ООО «Астор-Трейд», г. Москва

E-mail: sergey@incotex.ru

105484, г. Москва, ул. 16-я Парковая, 26.

Тел.: 84954684334.

Начальник конструкторского отдела.

Bushin Sergey Alekseevich

«Astor-Trade» Company.

E-mail: sergey@incotex.ru.

16 Parkovaya Street, 26, Moscow, 105484, Russia.

Phone: 84954684334.

Head of the design apparatus department.

УДК 004.386

В.В. Бегляров, А.Н. Берёза, М.В. Ляшов

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ГИБРИДНЫХ
ЭВОЛЮЦИОННЫХ АППАРАТНЫХ СИСТЕМ**

В статье приведен аналитический обзор реконфигурируемых гибридных эволюционных аппаратных систем. Рассмотрена классификация параллельных генетических алгоритмов, являющихся основой эволюционных аппаратных систем. Приведена структурная схема реконфигурируемой эволюционной системы для реализации на ПЛИС.