



УДК 004.421:004.725.7

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.

МОМУНАЛИЕВА Н.Т.  
КГТУ им. И. Раззакова  
[izvestiva@ktu.aknet.kg](mailto:izvestiva@ktu.aknet.kg)

*В статье подробно рассмотрены существующие гибридные алгоритмы для решения задач оптимального расположения базовых станций как на стадии проектирования новой сети, так и при изменении уже существующей структуры сети. Под оптимальным расположением базовых станций подразумевается минимизация общей стоимостной функции при условии достаточного радиопокрытия.*

*The article discussed in detail the existing hybrid algorithms for solving optimal location of base stations as at the design stage of a new network or changing the existing network structure. Under the optimal location of base stations is meant to minimize the total cost function, subject to sufficient radio coverage.*

**Введение.** Сети беспроводного доступа, в которых количество базовых станций насчитывается несколькими десятками, актуальна в настоящее время. При проектировании сотовых сетей возникает ряд вопросов о необходимости и целесообразности проектирования сотовых сетей на различных этапах их эксплуатации. Проблему проектирования необходимо рассматривать с двух сторон: когда планируется развернуть сотовую сеть на заданной территории охвата и когда сотовая сеть уже успешно эксплуатируется абонентами. На начальной стадии проектирования сотовой сети возникает необходимость нахождения оптимального варианта соотношения между эффективностью и сложностью системы, что позволяет определить начальную конфигурацию сети и план дальнейшего ее развития. Исходя из этого, необходимо определить основные характеристики сети.

К основным характеристикам сети относятся допустимая телефонная нагрузка и частотно - территориальное планирование. Эти характеристики позволяют получить систему с заданной вероятностью отказа в обслуживании подвижных абонентов сети при заданном качестве связи. Эффективность планирования будет достигаться за счет территории охвата, расчета по емкости сети, планирования передачи и оптимизации сети. Другой вариант, когда сотовая сеть достаточное время эксплуатируется и имеет дело с опытным оператором. При увеличении количества абонентов наступает такой момент, когда в отдельных сотах в час наибольшей нагрузки появляется скопление подвижных абонентов, нагрузка на базовую станцию максимальна, и она не справляется со всем объемом поступающих вызовов. Для решения этой проблемы можно использовать перераспределения радиоканалов, изменение частотного плана с повторным использованием частот, изменение ширины спектра канала связи и другие, всем известные методы. Но на сегодняшний момент оператор еще не готов к таким серьезным шагам. Поэтому оператор вынужден установить дополнительную базовую станцию.

**Цели и задачи исследования.** Реализуя гибридные алгоритмы, построенные на базе генетического алгоритма, можно решить задачу оптимального расположения базовых станций как на стадии проектирования новой сети, так и при изменении уже существующей структуры. Под оптимальным расположением базовых станций подразумевается минимизация общей стоимостной функции при условии достаточного радиопокрытия.

Использование гибридных алгоритмов для решения задач оптимального расположения базовых станций при проектировании беспроводных сетей передачи данных.

Под оптимальным расположением базовых станций подразумевается минимизация общей стоимостной функции при некоторых дополнительных условиях следующего характера:



1. Подключаются все наперед заданные клиенты;
2. Каждый клиент подключается только к одной базовой станции;
3. К каждой базовой станции может быть подключено лишь определенное, наперед заданное количество клиентов;
4. Обхождение областей нежелательного попадания электромагнитного излучения.

Дана задача со следующими условиями. Пусть имеется набор мест  $I = (1, \dots, n)$ , в которых можно разместить базовые станции. Каждая базовая станция имеет определенную емкость  $a[i] \geq 0$ ,  $i$  принадлежит  $I$ , выраженную в Мбит/с или в допустимом количестве подключаемых к ней клиентов. Задан набор мест расположений клиентов  $J = (1, \dots, m)$ , каждый из которых имеет свою потребность в полосе пропускания  $b[j] \geq 0$ ,  $j \in J$ , и каждый клиент должен быть подключен только к одной базовой станции. Существует фиксированная цена установки базовых станций  $f[i] > 0$ ,  $i \in I$ , если базовая станция установлена в  $i$ -м месте-кандидате, и фиксированная цена подключения клиентов  $c[i][j] \geq 0$ ,  $i \in I$ ,  $j \in J$ , если  $j$ -й клиент подключается к базовой станции, установленной в  $i$ -м месте-кандидате. Необходимо установить базовые станции среди подмножества потенциальных мест размещения  $S$  так, чтобы все клиенты были подключены, емкостные ограничения базовых станций не нарушались, а суммарная стоимость, состоящая из фиксированных цен установки базовых станций и цен подключений клиентов, была минимальной. Введены следующие обозначения:  $x[i][j] = 1$ , если клиент  $j$  подключен к базовой станции, размещенной в  $i$ -м месте-кандидате,  $x[i][j] = 0$  в противном случае, и  $y[i] = 1$ , если в  $i$ -м месте-кандидате установлена базовая станция,  $y[i] = 0$ , в противном случае. Теперь в линейно-целочисленном виде задачу можно сформулировать таким образом:

$$\min z(x_{ij} * y_i) = \sum_{i \in I} f_i * y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} * x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} b_j * x_{ij} \leq a_i * x_i \quad i \in I \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad i \in I \quad j \in J \quad (4)$$

$$y_i \in \{0,1\} \quad i \in I \quad (5)$$

Ограничения (2) гарантируют, что будут подключены все клиенты, причем каждый клиент подключается только к одной базовой станции. Ограничения (3) связаны с ограничениями, накладываемыми на емкости базовых станций, а также обеспечивают подключение клиентов только к установленным базовым станциям. (4) и (5) накладывают на переменные ограничения целочисленности. Изучению такой задачи посвящены работы [4], [5] и др. В большинстве статей для решения задачи используют Лагранжевы эвристики. Емкостная задача размещения с одним источником, как и многие другие задачи оптимизации, содержит ограничения, из-за чего возникает вопрос о том, как обходиться с ограничениями и недопустимыми решениями при разработке генетических алгоритмов для решения задач данного типа.

**Выводы.** В условиях жесткой конкуренции, когда необходимо предоставить абонентам сотовую связь с высоким качеством, необходимо найти правильный подход к проектированию сотовых сетей. Для решения емкостных задач размещения с одним источником предложен подход с использованием гибридных алгоритмов, созданных на основе генетического алгоритма, и стратегии поиска с запретами, а также генетического алгоритма и стратегии мультистарт. Результаты применения гибридных алгоритмов показали их перспективность для решения задач указанного выше типа, а также их преимущества по сравнению с просто генетическим алгоритмом.

### Литература

1. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. - М.: Техносфера, 2003.
2. Glover F. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. // Computers and Operations Research, —1986, —vol. 13, —p. 533-549..Glover F. and Laguna M Tabu Search. / Kluwer Academic Publishers, 1997.
3. Holmberg K., Ronnqvist M. and Yuan D. An exact algorithm for the capacitated facility location problems with single sourcing. // European Journal of Operational Research, —1999, —vol. 113, — p. 544-559;



4. Pirkul H. Efficient algorithms for the capacitated concentrator problem // Computers and Operations Research, —1987, —vol. 14, —p. 197-208.