

*Каримов Л.Э.,  
студент,  
кафедра «Информационные системы и технологии»,  
Поволжский государственный университет Телекоммуникаций и  
информатики,  
г. Самара, Россия*

*Научный руководитель: Лиманова Н.И.,  
профессор, д.т.н. кафедры «Информационные системы и технологии»  
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики, г. Самара, Россия*

## **АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРАФА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

**Аннотация:** *Функционирование сложных территориально – распределенных вычислительных систем и сетей передачи информации подразумевает решение задачи оптимального размещения. В базовой формулировке задача о размещении объектов состоит из потенциальных точек размещения, где объекты могут быть открыты и точек, которые должны быть обслужены. Цель — оптимизировать размещения объектов с целью минимизировать сумму расстояний от каждой точки обслуживания до обслуживаемого объекта, плюс сумма стоимостей размещения.*

**Ключевые слова:** *проектирование беспроводных сетей, обеспечение качества связи, задача размещения.*

**Annotation:** *The functioning of complex geographically distributed computing systems and information transfer networks implies the solution of the optimal placement problem. In the basic formulation, the object placement problem consists of potential placement points where objects can be opened and points to be serviced. The goal is to optimize the placement of objects in order to minimize the sum of the*

*distances from each service point to the service object, plus the sum of the accommodation costs.*

**Keywords:** *design of wireless networks, ensuring the quality of communication, the task of placement.*

Построение сетей беспроводной передачи данных при помощи радиоволн в наше время широко распространено. Вместе с тем, их проектирование связано с обеспечением качественного покрытия сети.

Планирование беспроводной сети является первым этапом реализации проекта, способным сильно повлиять на его успешность. Наиболее распространенными являются три типа планирования.

Первый тип называют *предпроектным обследованием или радиоразведкой*. Предполагает выезд на место установки эксперта с оборудованием, проведения измерений и тестов. Является самым затратным из всех.

Второй тип планирования – *расчет радиопокрытия*. Этот способ основан на прогнозировании посредством математической модели характеристик сети на основании данных заказчика. Является компромиссным, но программное обеспечение может стоить дорого.

Третий тип можно назвать «*на глазок*». Например, можно каждые 50-100 метров поставить точки доступа. Такой подход *наименее затретен как по временным так и по ресурсным издержкам*, но чреват большим разочарованием в случае, если сеть окажется не в состоянии выполнять свои функции полностью или частично.

В большинстве случаев наиболее подходящим будет второй способ с применением платных или бесплатных программ. Существует множество иных программ для проектирования сетей.

Наиболее функциональной и известной является Ekahau Site Survey. Однако цена одной лицензии - \$2295.00 может быть больше бюджета проекта.

Программа RadioPlanner применяется для оптимизации зон радиопокрытия сетей связи в соответствии с ГОСТ-Р 55897-2013 «Сети подвижной связи». Цена лицензии – 60000 р.

В работе рассматривается алгоритм поиска оптимального способа размещения беспроводной сети (размещения точек доступа), основанный на критериях охвата доступом заданной территории и минимальной стоимости используемого оборудования.

Проблема поиска оптимального расположения сформулирована как задача оптимизации с ограничениями.

Для решения задачи потребуется минимальная информация о геометрии помещения (расположение стен и других объектов, их толщина и материал) и значения радиопоглощающих свойств элементов среды.

Для оптимизации вычислений и уменьшения необходимого времени и ресурсов разобьем область на ячейки. Также рассматриваемый случай позволяет пренебречь соотношением по вертикали – для упрощения описания и представления.

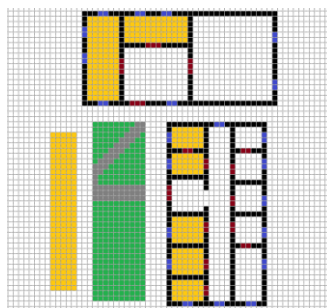


Рис.1. Схема элементов окружения с требуемыми зонами покрытия

Допустим, что оборудование расположено в центрах клеток, а границы элементов окружающей среды (стены, окна, двери и т.д.) совпадают с границами клеток. Стены отмечены черным цветом, окна и двери – голубым и коричневым, зеленые насаждения соответственно зеленым. Желтым отмечены требуемые зоны покрытия.

Мы определяем приоритет и минимальный битрейт (размер канала передачи потока данных) для каждой области. Таким образом, у нас есть  $N_c$  ячеек, которым мы сопоставим коэффициенты  $v_j$  и битрейты  $b_j$ ,  $1 \leq j \leq N_c$ .

Пусть есть  $N_p$  точек (клеток), где мы в состоянии поместить точки доступа. Для каждой из этих клеток мы рассматриваем  $N_t$  типов аппаратных средств. Для каждого из этих мест мы знаем также стоимость установки  $C_i$ ,  $1 \leq i \leq N_p$ , и стоимость каждого вида точек доступа  $C_k$ ,  $1 \leq k \leq N_c$ .

Определим матрицу  $X$  булевых переменных  $x_{ik}$ . Полагаем, что значение переменной  $x_{ik}$ , равное 1, означает, что мы решили поместить точку доступа  $k$ -го типа в  $i$ -й клетке, а  $x_{ik}=0$  означает, что в  $i$ -й клетке нет оборудования.

Наша цель состоит в том, чтобы обеспечить необходимый битрейт сети в требуемых областях при минимальных затратах.

$$\begin{aligned}
 & b_j(X)v_j \rightarrow \max, \\
 & b_j \geq b_{\min j}, \\
 & \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{k=1}^{N_t} (C_i + C_k)x_{ik} \rightarrow \min, \\
 & \sum_{k=1}^{N_t} x_{ik} \leq 1 \forall 1 \leq i \leq N_p, \\
 & x_{ik} \in \{0,1\} \forall 1 \leq i \leq N_p, 1 \leq k \leq N_t.
 \end{aligned}$$

Координаты установленных точек доступа указываются в матрице  $X$ ,  $v_j$  - коэффициент веса  $j$ -й получающей точки,  $N_p$  - общее количество мест для точек доступа в будущей системе,  $N_t$  - число типов точки доступа,  $b_{\min j}$  - минимальные битрейты для некоторых точек приема.

Определим поглощающие свойства каждого препятствия. Пусть  $P_i$  - поглощение (в Дб) сигнала, проходящего через слой  $i$ -го препятствия в слое ячеек. Их значения могут быть получены из информационных таблиц.

Уровень сигнала, принимаемого в  $j$ -й точке (учитывая несколько возможных вариантов оборудования для каждой точки доступа), равен

$$P_{rij} = \sum_{k=1}^{N_t} (P_{rj} + G_{rj})x_{ik} + G_r - L_{rj} - 40 - 20 \log N_{ij} d_{cell}.$$

$P_{rij}(X)$  - уровень сигнала (дБ)  $i$ -й точки доступа, полученной в  $j$ -й принимающей точке,  $G_{ti}$  - усиление антенны точки доступа (включая потерю всех кабелей),  $G_r$  - усиление антенны пункта получения (также включая все кабели),  $L_{ij}$  - полная потеря сигнала, вызванная препятствиями, расположенными

между  $i$ -й точкой доступа и  $j$ -й ячейкой приема.  $N_{ij}$  – расстояние между точками, выраженное числом ячеек координатной системы между ними,  $d_{\text{cell}}$  – размер ячейки.

Битрейт, который обеспечивается для этого уровня сигнала,

$$b_{ij}(X) = \begin{cases} 54 \text{ mb/s}, & P_{rij}(X) > -66, \\ 18 \text{ mb/s}, & -66 \geq P_{rij}(X) > -78, \\ 1 \text{ mb/s}, & -78 \geq P_{rij}(X) > -93, \\ 0, & -93 \geq P_{rij}(X). \end{cases}$$

$b_{ij}(X)$  - максимальный доступный битрейт связи между  $i$ -й точкой доступа и  $j$ -й получающей точкой. Уровни сигнала в дБ.

Для точек, в которых необходим приемлемый уровень сигнала, введем дополнительную функцию, учитывающую недостаточный уровень сигнала.

$$B_{ij}(X) = \begin{cases} b_{ij}(X), & b_{ij}(X) > 0, \\ -100, & b_{ij}(X) = 0. \end{cases}$$

Таким образом, первый критерий преобразуется в следующую целевую функцию:

$$F(X) = \sum_j \min_i B_{ij}(X) \rightarrow \max.$$

Теперь у нас есть дискретная задача оптимизации с ограничениями, имеющая 2 критерия. С целью сокращения 2-го критерия и получения Парето-оптимального набора решений мы преобразуем критерий в ограничение количества размещаемых точек. Последний шаг – сравнение решений, и значений стоимости достижения такого охвата связью.

В результате работы была создана программа, реализующая рассмотренный алгоритм и создан проект беспроводной сети.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1) РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R Р.1238-5 «Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц».

2) Методические указания к выполнению курсовой работы. Н.И. Лиманова, М.Н. Седов. Кафедра ПОУТС, ПГУТИ. 2016

3) A comprehensive study of optimization algorithm for wireless coverage in indoor area - Ahmed Wasif Reza, Kaharudin Dimiyati, Kamarul Ariffin Noordin, A. S. M. Zahid Kausar, Md. Sumon Sarker. Google Scholar. 2012.