

УДК 681.3

*М.А. Кудашов*

## **О ДВУХ АЛГОРИТМАХ АНАЛИЗА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СЕТЯХ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

*Рассматривается одна из наиболее остро стоящих на сегодняшний день задач размещения станций ретрансляции сигналов сотовой связи. Сформулирована постановка задачи, указаны возможные пути ее решения.*

Современные требования по качеству, надежности и стоимости сотовой связи значительно усложняют процессы обмена информацией между абонентами, а также управление этим обменом. Немаловажными факторами здесь являются также наличие жесткой конкуренции на рынке и необходимость соблюдения экологических и частотных нормативов. Все это требует новых методов и подходов к расстановке передающих станций, а также к использованию существующих.

Нужно отметить, что на сегодняшний день на рынке сотовой связи в основном представлены несколько крупных операторов и не более двух десятков мелких. Главными задачами на рынке сотовой связи являются улучшение качества обслуживания абонентов, предложение им наиболее широкого спектра услуг. Решение указанных проблем состоит в улучшении качества линий связи между базовыми станциями (далее БС), увеличении их пропускной способности и т.д. Немаловажным фактором является также совокупная зона покрытия БС.

Однако подобное решение проблемы приводит к новым, подчас гораздо более серьезным проблемам. Улучшение качества связи ведет к ее удорожанию, так как строительство и размещение новых БС достаточно накладно. Кроме того, при конкурентном размещении БС их сигналы могут искажать друг друга, что приведет к обратному результату – ухудшению качества связи. Таким образом, проблемы сотовой связи невозможно решить только лишь наращиванием мощностей, количеств БС. Нужно искать иные пути.

Одним из наиболее эффективных направлений решения подобной проблемы, как нам представляется, является рассмотрение всей совокупности объектов и субъектов сотовой связи различного уровня (например, в пределах географического размещения) в виде единого информационного поля (далее ИП). Оговоримся, что на данном этапе не существует разницы в

корпоративном подчинении объектов и субъектов ИП, так как все они действуют в едином пространстве. На основе общей картины можно провести анализ существующих характеристик сети в целом, определить достоинства и недостатки текущего состояния, предложить пути улучшения [1].

Следующим шагом является рассмотрение ИП в виде отдельных сегментов, которые могут быть сформированы, в зависимости от целей исследования, по географическому, административному или другому принципу. Каждый сегмент ИП, выделенный из него по определенным правилам, означает, что в его пределах существуют единые для всех объектов правила и политики безопасности, сервиса и т.д.

Кроме того, в пределах сегмента ИП существует единая политика управления. Это приводит к повышению управляемости сети связи, ее гибкости. Особенно эти факторы важны в случае формирования из сегментов ИП сети административных регионов – областей, в которых, независимо от географического или территориального расположения сегментов, действуют единые подходы и методы управления, обмена потоками информации, политики безопасности и т.д.

При организации сетей мобильной связи возникает задача распределения (расстановки) передающих станций таким образом, чтобы взаимодействие между двумя станциями, а следовательно, и качественные характеристики связи для абонентов этих станций отвечали заданным требованиям передачи информации, с учетом соблюдения требований по информационной безопасности, принятых в административных регионах. Данную задачу сформулируем математически [2].

Существует произвольная карта местности, на которой отмечено не более  $m$  административных, географических регионов (областей, городов, населенных пунктов и т.д.), требующих телефонизации. Оговоримся, что в данном случае под административным регионом понимается

совокупность населенных пунктов, людей и т.д. воспринимаемых как единое целое в силу подчинения органу власти определенного уровня, независимо от географического положения. Под географическим регионом понимается совокупность населенных пунктов, людей и т.д., воспринимаемых как единое целое в силу одинакового географического расположения. Очевидно, что существуют ситуации пересечения административных и географических регионов. Во избежание подобных ситуаций в дальнейшем будем рассматривать только административные регионы, считая задачу рассмотрения географических регионов более узкой.

В каждом из  $m$  административных регионов (АР) может находиться не более  $n$  точек телефонизации (ТТ). Под ТТ понимается совокупность пользователей сотовой связи, например населенные пункты, или при рассмотрении более детализированных задач – отдельные районы одного населенного пункта и т.д. При необходимости ТТ может быть логически представлена как совокупность ТТ.

К каждой точке телефонизации подключено не более  $w$  конечных пользователей (абонентов сети - АС). Под термином «подключение» в данном случае понимается желание АС получать услуги сотовой связи в данной точке в силу географических причин (они проживают или работают в данном АР и ТТ). Однако существуют случаи, когда АС не удовлетворен географическим принципом услуг сотовой связи и пользуется роумингом. Такой принцип связи будем называть логическим или административным.

Для решения поставленной задачи можно предложить следующий алгоритм.

**Исходные данные алгоритма** – область телефонизации с отмеченными на ней точками телефонизации (ТТ), существующими базовыми станциями (БС) и средствами коммуникации (каналами). На множестве ИП заданы уровни безопасности, характеристики надежности, времени и стоимости передачи информации для конкретного элемента ИП.

Шаг 1. Наложить на карту сетку с шагом  $N$ . Шаг  $N$  определяется в зависимости от целей исследования, но в общем случае шаг  $N$  определяется зоной покрытия наиболее маломощной БС.

Шаг 2. Полученное поле из  $N^2$  клеток просматривается произвольным образом. Каждой клетке присваивается совокупный вес от 1 до 0 с шагом 0,25. Вес выставляется эмпирическим путем и определяется телекоммуникационными возможностями региона, который накрыт клеткой.

Шаг 3. Таким образом, после 2 шага в нашем распоряжении находится поле следующего вида (рис. 1), где вес представлен градациями серого цвета от 1 до 0 с шагом 0,25.

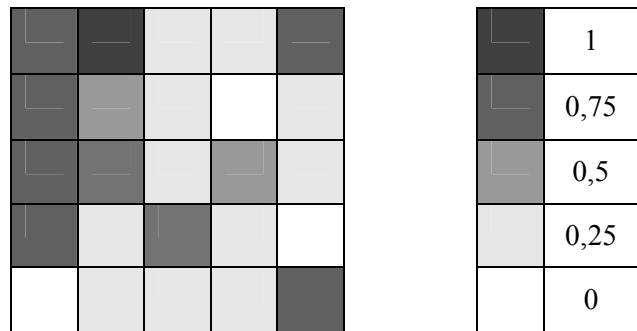


Рис. 1. Информационное поле

Шаг 4. На основе полученного «весового» поля можно решить два вида задач.

1. При необходимости телефонизации какого-либо региона нужно учесть вес соответствующей клетки (клеток) указанного поля. Помещать БС следует в клетки, вес которых отличен от 1, и в зависимости от целей распределения БС (например, для ликвидации мертвых зон или зон неуверенного приема) необходимо, в первую очередь, помещать БС в клетки с наименьшим весом, а для улучшения качества обслуживания - в клетки, значение которых после добавления БС будет наиболее близко к 1.

2. Непосредственная передача информации. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Шаг 5. Задать величину  $\alpha$ -среза для безопасных вершин (это значение, которое определяет, можно ли вершину отнести к безопасным или нет).

Шаг 6. Из исходного поля удалить клетки, вес которых меньше  $\alpha$ -среза.

Шаг 7. Заменить клетки вершинами графа с уровнем безопасности соответствующей клетки. Смежные вершины соединить каналом (ребром) с уровнем безопасности, соответствующим минимальному уровню безопасности инцидентных вершин.

Шаг 8. Конец алгоритма.

Размерность полученного графа может быть достаточно велика, поэтому осуществим выбор вершин, необходимых для решения конкретных задач. Для этого каждую клетку поля заменить вершиной графа с уровнем безопасности, соответствующим весу клеток. Задать величину  $\alpha$ -среза для безопасных вершин, в данном случае величина  $\alpha$ -среза может принимать значения: 1; 0,75; 0,5; 0,25; 0. Величина  $\alpha$ -среза в данном случае характеризует долю информации, которая

остаётся неизменной (непотерянной) после прохождения через соответствующую вершину. Значения величины  $\alpha$ -среза меньше 0,5 рассматривать бессмысленно.

Полученный телекоммуникационный граф может быть использован для решения двух основных задач, возникающих в процессе передачи информации.

**Задача 1.** Необходимо добавить в телекоммуникационное поле новые БС, таким образом, чтобы для заданных уровней безопасности клеток (вершин) потери при передаче информации были бы минимальны.

**Задача 2.** Существуют две произвольные вершины в графе. Необходимо найти такой маршрут передачи информации между ними, чтобы потери ее были бы минимальны.

Для решения этих задач применим следующий алгоритм.

1. В качестве исходной и конечной точек выбираем точки с одинаковым уровнем безопасности вершины  $(i, j)$ .

2. В зависимости от решаемой задачи и требований к передаваемой информации выбирается способ передачи порций информации, который соответствует одной из шахматных фигур ("пешка", "ладья", "слон", "ферзь").

"Пешка"- наименьшее требование к качеству, порция информации за один ход перемещается на одну смежную вершину, причем клетка телекоммуникационного поля, соответствующая этой вершине, расположена перпендикулярно к клетке отсчета.

"Ладья"- порция информации за один ход перемещается на любое количество вершин (клеток) только перпендикулярно к клетке отсчета.

"Слон"- порция информации за один ход перемещается на любое количество вершин (клеток), причем клетка телекоммуникационного поля, соответствующая этой вершине, расположена диагонально к исходной клетке (вершине).

"Ферзь"- порция информации за один ход перемещается на любое количество позиций вершин (клеток) произвольного направления.

Выбор фигуры определяется способом передачи, качеством и требованием к информации.

3. Из вершины  $i$  текущей осуществляется переход на следующую вершину более высокого или равного уровня безопасности, согласно ходу шахматных фигур. В случае, если это невозможно, осуществляется переход на вершину, уровень безопасности которой ниже уровня безопасности исходной вершины и разница между ними наименьшая из возможных.

4. Полученная вершина  $k$  включается в маршрут.

5. Если конечная клетка  $j$  достигнута, то перейти к шагу 7. Иначе в качестве  $i$  принять  $k$ , переход к шагу 3.

6. В начало и конец маршрута добавляются исходная  $i$  и конечная вершины  $j$ .

7. Конец.

При решении первой задачи размещение новых БС необходимо начинать с позиции клетки, обладающей минимальным уровнем безопасности, включенной в маршрут. Клетки со значением  $\alpha$ -среза, равным 0, не принимаем в расчет при рассмотрении графа. Рассмотрим применение указанного алгоритма, в качестве поля выберем телекоммуникационное поле рис. 2, в качестве фигуры - "пешку".





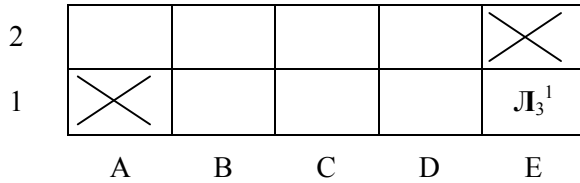
5	$\Pi_1^1$	$\Pi_2^1$	$\Pi_5^{0,75}$		
4	$\Pi_3^1$		$\Pi_7^{0,75}$		
3	$\Pi_4^1$	$\Pi_6^1$	$\Pi_8^{0,75}$		
2			$\Pi_9^{0,75}$	$\Pi_{10}^{0,75}$	
1				$\Pi_{11}^{0,25}$	$\Pi_{12}^{0,25}$
	A	B	C	D	E

Рис. 2. Маршрут передачи информации, способ передачи информации "пешка"

Исходная вершина - A5, конечная вершина - E1. Маршрут перехода показан на рис.2. Анализируем этапы передачи информации, уровень информации, полученный на выходе  $\Pi_{12}^{0,25}$ ; потеря составляет 0,75. Для упрощения действия алгоритма осуществляем чередование шагов.

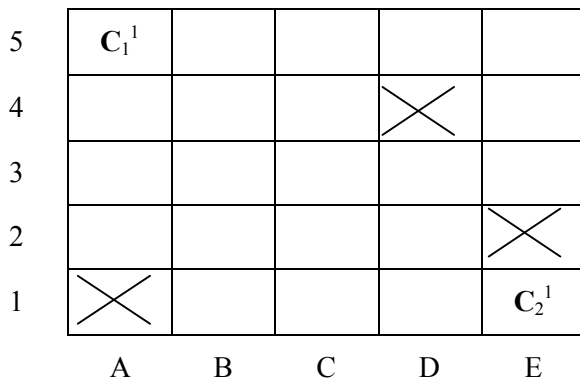
Исходная вершина A5, конечная вершина E1. Маршрут перехода показан на рис.3. Способ передачи информации "ладья", переход осуществляем через любое количество вершин (клеток) и выбираем максимальное значение, при этом нельзя возвращаться в помеченные точки. Анализируем этапы передачи информации, уровень информации, полученный на выходе  $\Pi_3^1$ , в данном случае передача информации осуществляется без потерь.

5	$\Pi_1^1$				$\Pi_2^1$
4					
3					



**Рис. 3. Маршрут передачи информации, способ передачи информации “ладья”**

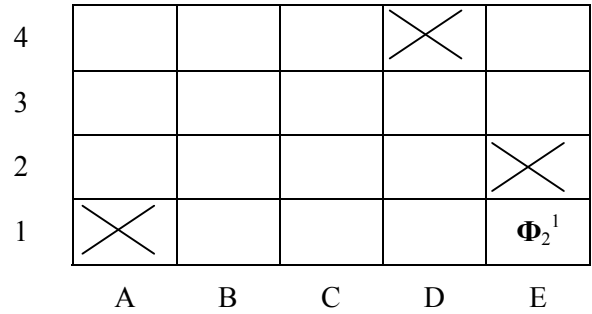
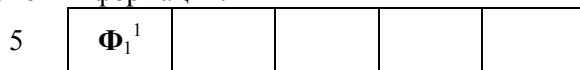
Исходная вершина A5 , конечная вершина E1. Маршрут перехода показан на рис. 4, анализируем этапы передачи информации и уровень информации, полученной на выходе C21 , передача информации осуществляется без потерь.



**Рис. 4. Маршрут передачи информации, способ передачи информации “слон”**

Исходная вершина A5 , конечная вершина E1. Маршрут перехода показан на рис. 5. Анализируем этапы передачи информации и уровень информации, полученной на выходе  $\Phi_2^1$  , передача информации осуществляется без потерь.

Шахматный алгоритм наглядно предоставляет возможности выбора способа передачи информации, учитывает характеристики регионов приема, передачи и транзита информации. Выделить какой-то конкретный способ передачи информации нельзя, любой из приведенных в данной главе применим к разным видам передаваемой информации.



**Рис. 5. Маршрут передачи информации, способ передачи информации “ферзь”**

Представленные в данной статье алгоритмы могут быть использованы для анализа и синтеза сетей сотовой связи, поскольку предлагают достаточно простой способ моделирования пропускной способности сети и выбора наиболее подходящих узлов сети для передачи разных типов информации.

**Выводы**

1. Разработаны алгоритмы разбиения сотовой сети на области, учитывающие требования по качеству и набору услуг связи, правила политики безопасности, сервиса.
2. Предложена градация абонентов в зависимости от их требований и возможностей передаваемой информации.
3. Разработан алгоритм оптимизации расположения существующих БС для обеспечения заданных требований.
4. Разработаны алгоритмы анализа и синтеза структуры сети расположения БС.
5. Разработаны алгоритмы обеспечения заданных характеристик передачи информации, учитывающие способ передачи информации и характеристики.

**Библиографический список**

1. Кульгин М. В. Технология корпоративных сетей .Энциклопедия. – Спб.: Издательство “Питер”, 1999. – 210 с.
2. Кульгин М. В. Коммутация и маршрутизация IP/IPX трафика. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 320 с.