

УДК 621.391

*В.Т. Дмитриев, Д.А. Кулясова***РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ  
IP-ТЕЛЕФОНИИ**

*Разработана единая методика проектирования сетей IP-телефонии. Данная методика может применяться при проектировании реальных сетей или использоваться при дипломном и курсовом проектировании студентами направления «Телекоммуникации».*

**Введение.** Интернет фундаментально изменяет наши представления и о телефонии и о способах коммуникации. Хотя телефонные сети и сети передачи данных сосуществовали в течение десятилетий, они развивались независимо друг от друга. IP-телефония объединяет их в единую коммуникационную сеть, которая предлагает мощное и экономичное средство связи. Десятки компаний по всему миру предлагают решения для IP-телефонии. Решения IP-телефонии комбинируют голос и данные в одной сети и предлагают дешевые международные и междугородные звонки и целый набор коммуникационных услуг любому пользователю [1...3].

Таким образом, разработка сетей IP-телефонии на данный момент является, несомненно, актуальной. В то же время разработка данных сетей требует создания единой эффективной методики проектирования для реальных сетей и разработки дипломных и курсовых работ студентами по направлению «Телекоммуникации».

**Цель работы.** Разработка единой методики проектирования сетей IP-телефонии, эффективной при проектировании реальных сетей, а также дипломном и курсовом проектировании студентами по направлению «Телекоммуникации».

**Методика проектирования.** Для разработки сети IP-телефонии требуется:

1. Определить оптимальное расположение районной АТС, при котором затраты на абонентскую сеть минимальны.
2. Указать трассы прокладки абонентского кабеля.
3. Произвести оптимальную трассировку магистрального фидера.
4. Произвести выбор подходящей аппаратуры, устанавливаемой в узлах сети.

Исходными данными являются:

1. Численность населения микрорайонов, тыс. чел.
2. Коэффициент телефонизации (на данный момент он составляет 25%).
3. Расстояние между перекрестками улиц, км.

Для определения оптимального варианта реализации проектируемой сети с учетом характера планировки улиц для организации линии связи схеме города сопоставляется граф  $G=(A,B)$ . Вершинам  $A$  соответствуют перекрестки улиц и допустимые места расположения АТС, а ребра из множества  $B$  проходят по участкам улиц и образуют возможные пути прокладки кабелей [4]. Последовательность решения сформулированной задачи включает в себя следующие этапы [4, 5].

1. Элементам полученного графа  $G$  приписываются количественные характеристики (веса):  $m_i$  - вес вершины  $a_i \in A (i = \overline{1, n})$ ;  $l_{ij}$  - вес ребра  $b_{ij}$ , соединяющего вершины  $a_i$  и  $a_j$ . Для каждого ребра из множества  $B = \{b_{ij}\}$  значение  $l_{ij}$  равно длине соответствующего участка улицы и определяется непосредственно по схеме развития города. Весом любой вершины графа является емкость распределительного шкафа, который предусматривается в соответствующем месте на плане города. Вычисления указанных весовых значений производятся с помощью следующей процедуры:

а) для получения количества абонентов в  $k$ -м микрорайоне ( $C_k$ ) численность населения этого микрорайона  $N_k$  перемножается с коэффициентом телефонизации:

$$C_k = \alpha_{\text{тел}} N_k;$$

б) число абонентов для  $k$ -го микрорайона делится на количество вершин, расположенных по его периметру ( $n'_k$ ):

$$m'_k = C_k / n'_k ;$$

в) вес  $m_i$  определяется суммированием значений  $m'_k$  для всех микрорайонов, которые граничат с вершиной  $a_i$ .

2. Задача данного этапа заключается в определении кратчайших расстояний между любыми вершинами графа  $G$ , что необходимо при выборе оптимального расположения АТС с учетом минимизации затрат на построение линейных сооружений телефонной сети.

Понятие расстояния в графе связано с длиной некоторого пути между заданными вершинами. Путь между вершинами  $a_s$  и  $a_t$  - это упорядоченная последовательность ребер, которая начинается в  $a_s$ , заканчивается в  $a_t$ , не проходит более одного раза через какие-либо вершины и удовлетворяет следующему требованию: конец каждого предыдущего ребра совпадает с началом последующего ребра в некоторой промежуточной вершине. Для записи пути используется перечень ребер, образующих данный путь:

$$\mu_{st}^k = b_{st} b_{ij} \dots b_{rt} ,$$

где  $k$ - порядковый номер пути (маршрута).

Рангом пути будем называть число ребер, принадлежащих рассматриваемому пути.

Длина пути - это сумма длин всех ребер, входящих в путь:

$$\rho_{st}^k = \rho(\mu_{st}^k) = l_{s_1} + l_{ij} + \dots + l_{rt} .$$

Длину кратчайшего пути между вершинами  $a_s$  и  $a_t$  примем за расстояние между этими вершинами в графе  $G$ :

$$d_{st} = \min_k \rho_{st}^k .$$

Матрица  $D = [d_{st}; s = \overline{1, n}; t = \overline{1, n}]$  содержит в себе информацию о расстоянии для любой пары вершин.

В основу расчета расстояний между вершинами графа  $G$  положим матрицу  $L = [l_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n}]$ , где принимаем  $l_{ij} = 0$ , а  $l_{ij} = \infty$ , если ребро  $b_{ij}$  отсутствует. При проведении вычислений необходимо использовать специальную операцию  $\Delta$ . В результате применения этой операции к двум квадратным матрицам  $E = [\alpha_{ij}]$  и  $F = [\beta_{ij}]$ , имеющим порядок  $n$ , получается матрица  $H = E \Delta F = [\gamma_{ij}]$  с такой же размерностью, где

$$\gamma_{ij} = \min(\alpha_{i1} + \beta_{2j}, \alpha_{i2} + \beta_{2j}, \dots, \alpha_{in} + \beta_{nj}) . \quad (1)$$

Если с использованием указанной операции вычислить матрицу  $L^{2\Delta} = L \Delta L$ , то в соответствии с формулой (1) ее элемент  $l_{ij}^{2\Delta}$  будет равен длине кратчайшего пути между вершинами  $a_i$  и  $a_j$ , причем ранг такого пути не превышает 2. Дальнейшее возведение матрицы  $L$  в степень  $z\Delta$  при  $z > 2$  соответствующим образом расширяет совокупность путей, рассматриваемых при нахождении кратчайших расстояний в графе. В частности, элементы матрицы  $L^{3\Delta} = L \Delta L^{2\Delta}$  будут получены с учетом путей, имеющих ранг не выше 3, а множество путей, которые берутся во внимание при определении матрицы  $L^{4\Delta} = L \Delta L^{3\Delta} = L^{2\Delta} \Delta L^{2\Delta}$ , объединяет пути с рангами от 1 до 4. Вычисления заканчиваются при некотором  $z \leq n - 1$ , когда матрицы  $L^{(z-1)\Delta}$  и  $L^{z\Delta}$  ничем не отличаются друг от друга. Это означает, что получена матрица расстояний:

$$D = L^{(z-1)\Delta} = L^{z\Delta} .$$

3. На данном этапе производится выбор одной из вершин графа  $G$  для размещения районной АТС на плане города. Критерием оптимальности являются наименьшие затраты на построение абонентской сети. Эти затраты пропорциональны суммарному количеству каналокилометров, и если АТС располагается в вершине  $a_s$ , то они будут выражаться величиной

$$\sigma(a_s) = \sum_{i=1}^n m_i d_{is} . \quad (2)$$

Задача заключается в минимизации записанного функционала, и вершина  $a_x$ , для которой выполняется условие  $\sigma(a_x) = \min_s \sigma(a_s)$ , называется медианой графа  $G$ . Для поиска медианы графа существует ряд эмпирических алгоритмов, однако точное решение обеспечивает только метод прямого перебора, когда по формуле (2) последовательно для всех  $s = \overline{1, n}$  вычисляются значения  $\sigma(a_s)$ , среди которых наименьшее соответствует медианной вершине.

При вычислениях удобно к матрице  $D$  добавить снизу еще одну строку  $M = \{m_i; i = \overline{1, n}\}$ , содержащую веса вершин графа  $G$ . Если каждый элемент этой строки умножить на соответствующий элемент  $s$ -й строки матрицы  $D$  и полученные произведения просуммировать, то результатом будет величина  $\sigma(a_s)$ .

4. На данном этапе в графе  $G$  выделяются кратчайшие пути от медианной вершины  $a_x$  ко всем остальным вершинам. Именно эти пути соответствуют оптимальным трассам прокладки абонентского кабеля для подключения распределительных шкафов к районной АТС.

В теории графов указанная задача называется задачей построения дерева кратчайших путей для заданной вершины (где планируется установка АТС). При этом используется алгоритм Дейкстры [4], который основан на следующем факте: если известен кратчайший путь из вершины  $a_s$  в вершину  $a_j$  и вершина  $a_k$  принадлежит этому пути, то кратчайший путь из  $a_s$  в  $a_k$  является частью указанного пути, который заканчивается в вершине  $a_j$ . С учетом приведенного соображения формальное описание алгоритма Дейкстры включает в себя следующие действия:

А) помечается исходная (корневая) вершина  $a_x$  и ей присписывается вес  $h_x=0$ . остальные вершины первоначально не помечены и их веса  $h_i = \infty$  ( $i \neq x$ ). Для хранения номера последней из помеченных вершин предусматривается переменная  $k$  и на данном шаге  $k=x$ ;

Б) для каждой непомеченной вершины  $a_i$  делается попытка уменьшить ее вес:  $h_i = \min(h_i, h_k + l_{ki})$ , где  $l_{ki}$  – вес ребра  $b_{ki}$ . Если после этих операций окажется, что  $h_i = \infty$  у всех непомеченных вершин  $a_i$ , то к ним отсутствуют пути из  $a_k$  и работа алгоритма заканчивается;

В) пусть из всех  $h_i$ , относящихся к непомеченным вершинам, наименьшим является значение  $h_r$ . В этом случае необходимо пометить вершину  $a_r$  и то ребро, ведущее к  $a_r$ , вес которого определяет значение  $h_r$ ; значение  $r$  присвоить переменной  $k$ , т.е. теперь  $k=r$ . При наличии нескольких непомеченных вершин с одинаковым весом, величина которого является минимальной, произвольно выбирается одна из них и только для нее выполняются указанные операции;

Г) если осталась хотя бы одна непомеченная вершина, то переходим в пункту Б, иначе процедура завершается и ее результатом является дерево кратчайших путей, которое образуется помеченными ребрами;

В качестве примера на рис. 1 приведен условный план района города, для которого проведено проектирование сети IP-телефонии. В результате всех расчетов получается дерево кратчайших расстояний, которое отображает топологию сети.

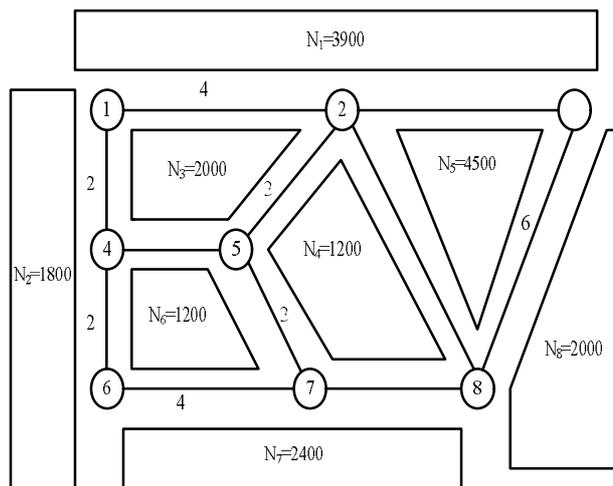


Рис. 1. План района города с обозначением численности микрорайонов и расстояний между перекрестками улиц в км

5. На последнем этапе производится выбор оборудования, расположенного в узлах IP-сети. В настоящее время рынок оборудования чрезвычайно разнообразен и велик и требует тщательного подхода. Поэтому необходимо сводить характеристики наиболее подходящего для каждого случая оборудования в таблицы. В таблицах указываются такие параметры, как емкость, поддержка всех возможных протоколов, цены и т.п. Таким образом, возможно легко сравнить все комплекты оборудования и выбрать более эффективный по одному или нескольким параметрам вариант.

Результатом моделирования, согласно предложенной методике, будет спроектированная сеть IP-телефонии, показанная на рис. 2.

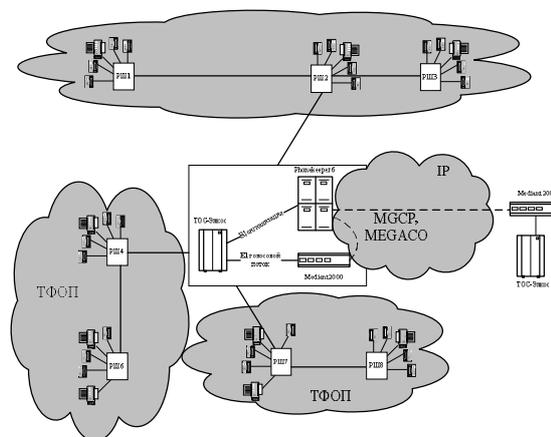


Рис. 2. Спроектированная сеть IP-телефонии

**Выводы.** Таким образом, разработана единая эффективная методика проектирования сетей IP-телефонии, предназначенная как для ре-

альных сетей, так и для разработки дипломных и курсовых работ студентами по направлению «Телекоммуникации».

**Библиографический список**

1. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В. IP-телефония. - М.: Эко-Трендз, 2001.
2. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. - М.: Радио и связь, 2006.

3. Жданов А.Г., Рассказов Д.А., Смирнов Д.А., Шипилов М.М. Передача речи по сетям с коммутацией пакетов (IP-телефония). - СПб, 2001.

4. Корнеев В.А. Введение в теорию сетей связи. - Рязань: РРТИ, 1984.

5. Теория сетей связи: учебник для вузов связи / Под ред. В.Н. Рогинского - М.: Радио и связь, 1981.