

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СЕТИ С ТЕХНОЛОГИЕЙ MPLS С РАЗМЕЩЕНИЕМ МАРШРУТИЗАТОРОВ LRS

**Зайченко Ю.П., Зайченко Е.Ю., Ашраф Абдель -Карим Хилал Абу-Анн**

*Национальный технический университет Украины «КПИ», «Институт прикладного системного анализа»,  
03056, Киев, ул. Политехническая 14, e-mail: [zaych@i.com.ua](mailto:zaych@i.com.ua), [baskervil@volicable.com](mailto:baskervil@volicable.com)*

Одной из важных задач, возникающих при проектировании сетей с технологией MPLS, является задача структурного синтеза сетей при ограничениях на заданные значения показателей качества (QoS) [1]. Традиционная постановка задачи структурного синтеза предполагает создание сети с «нуля», когда в качестве исходных данных задаются размещение узлов – коммутаторов LSR и матрицы требований входящих потоков  $H(k)$  [1]. В более общем случае, размещение маршрутизаторов не задано, а известно лишь размещение абонентов сети – источников и потребителей информации, и требуется одновременно найти размещение LSR, выбрать их типы, а также синтезировать магистральную сеть между ними наилучшим образом. Рассмотрим её постановку и метод решения.

### Постановка задачи

Заданы размещения всех объектов сети – источников и потребителей информации  $X = \{x_j\} \quad j = \overline{1, n}$ , их географические координаты  $\{v_j, w_j\}$  и информационные потребности  $h_{ij}(k), i \neq j, i, j = \overline{1, n}$ .

Заданы потенциальные размещения места маршрутизаторов LSR  $Z = \{z_r\} \subset X$ , набор типов LSR,  $r = \overline{1, R}$ , максимальная производительность  $\Pi_r$ , стоимость  $C(\Pi_r)$ , число портов  $n_r$ . Задан также набор ПС каналов связи (КС)  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  и их удельных стоимостей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ , а также ограничения на QoS – среднюю задержку в доставке информации для  $k$ -го класса  $T_{cp,k}$ .

Требуется найти действительные места размещения всех LSR  $Z^* = \{z_r^*\}$ , их производительность, список абонентов, которые подключены к каждому из них и синтезировать структуру абонентской сети, а также магистральной сети между всеми LSR и выбрать пропускные способности всех КС так, чтобы обеспечить передачу информации между всеми пользователями сети с заданным качеством ( $T_{cp,k} \leq T_{зад}$ ) в полном объеме, а стоимость сети при этом бы была минимальной.

Данная задача относится к классу нелинейных задач дискретного программирования и является, как и ранее, сформулированная задача, NP-полной задачей дискретного программирования. Для её решения предлагается **генетический метод**, состоящий из следующих этапов.

*1 этап.* Размещения LSR и синтез абонентской сети.

1. Нахождение привязок всех абонентов к соответствующим LSR в п.З и оценка ПС абонентских каналов  $\mu_{iz}$ .
2. Оценка экономической целесообразности установки LSR в п.З и перевод неэкономичных LSR в разряд АП.
3. Перепривязка незадействованных свободных АП к соседним ближайшим LSR и оценка эффекта от их подключения.
4. Оценка интенсивностей входящих потоков в каждом установленном LSR и определение матриц требований  $H_i(k)$  для каждого  $z_i$ .

*2 этап.* Синтез начальной магистральной сети и оценка её характеристик

- 3 этап. Оптимизация структуры магистральной сети при ограничениях на установленные значения QoS.

По сравнению с обычным методом синтеза, описанным в [1], здесь внесены следующие изменения, вызванные спецификой задачи: кроме множества претендентов на ввод и удаления  $P_{\text{вв}}, P_{\text{уд}}$  каналов магистральной сети, вводятся также множества LSR-претендентов на ввод и удаления  $P_{\text{LSR вв}}, P_{\text{LSR уд}}$ .

Пусть проведено  $k$  итераций и получена популяция  $\Pi(k) = \{E_1(k), \dots, E_i(k), \dots, E_N(k)\}$ .  
( $k+1$ ) итерация.

Выбираем для модификации структуру  $E_i(k)$ . Перед началом итерации формируем множества  $P_{\text{вв}}(k), P_{\text{уд}}(k), P_{\text{LSR вв}}(k), P_{\text{LSR уд}}(k)$ .

1. Выбираем некоторый LSR  $z_l \in Z^*(k)$  и удаляем его из сети. Переключаем АП, привязанные к  $z_l$  к другим ближайшим LSR и получим новые привязки  $X_{z_l}^{(H)}$ . Вычисляем матрицы входящих требований для всех LSR;  $H_r^{(H)} = \sum_{x_j \in X_{z_l}} h_j$ . В результате получим структуру  $E_i'(k)$ .

2. Для данной структуры решаем задачу ВПСРП с матрицами требований  $H_r^{(H)}$  и пересчитываем потоки  $F_{(k)}^{(H)}$  и ПС всех КС  $\mu_{rs}^{(H)}(k)$ . Определяем величину критерия  $C_{\Sigma}(E_i'(k))$ . Сравнение - если  $C_{\Sigma}(E_i'(k)) < C_{\Sigma}(E_i(k))$ , то фиксируем введенные изменения и конец итерации. Иначе исключаем маршрутизатор  $z_l$  из списка претендентов  $P_{\text{уд,LSR}}^H(k) = P_{\text{уд,LSR}}(k) \setminus z_l$

Проверка условия  $P_{\text{уд}}^{(H)}(k) \neq \emptyset$ . Если да, то на шаг 1, и повторяем шаги 1 и 2 до тех пор, пока  $P_{\text{уд}}^{(H)}(k) = \emptyset$ . Переходим к процедуре ввода в структуру LSR  $z_l, z_l \notin Z^*$

3. Из множества претендентов  $P_{\text{LSR, вв}}(k)$  выбираем некоторый потенциальный LSR находящийся в  $z_l \in Z \setminus Z^*$  и вводим его в сеть. Подключаем его каналами к двум ближайшим соседним LSR. Получим структуру  $E_i''(k)$ .
4. Если  $C_{\Sigma}(E_i''(k)) < C_{\Sigma}(E_i(k))$ , то фиксируем полученную структуру  $E_i''(k)$ , заменяем ею структуру  $E_i(k)$  и получаем  $E_i(k+1) := E_i''(k)$ , и конец итерации.

В противном случае, восстанавливаем структуру  $E_i(k)$  и удаляем  $z_l$  из списка претендентов

$$P_{\text{LSR, вв}}^H(k) = P_{\text{LSR, вв}}(k) \setminus z_l.$$

Проверка условия  $P_{\text{вв,LSR}}^{(H)}(k+1) \neq \emptyset$ . Если да, то на шаг 3, иначе на шаг 6.

6. На этом шаге рассматриваем и анализируем КС-претенденты на удаление  $P_{\text{уд}}(k)$ .

Выбираем КС( $r,s$ ) с наибольшим показателем неэкономичности  $q_{rs} = C_{rs}(1 - \rho_{rs})$  и удаляем его из сети.

Здесь анализируем множества КС претендентов на удаление  $P_{\text{уд}}(k)$  и претендентов на ввод  $P_{\text{вв}}(k)$ . Используя комбинацию процедур “удаление ребра”- “ввод ребра”, ищем наиболее выгодный вариант удаления-ввода, при котором обеспечивается экономия в затратах. Поскольку эта часть этапа аналогична ранее описанному алгоритму синтеза, то ее описание опустим.

Указанные процедуры выполняются до тех пор, пока некоторая из них не приведет к улучшению критерия и тогда конец итерации, либо будут исчерпаны все множества претендентов  $P_{\text{вв,LSR}}(k), P_{\text{уд,LSR}}(k), P_{\text{вв}}(k), P_{\text{уд}}(k)$ .

В работе приводятся детальное описание алгоритма синтеза сети MPLS с размещением маршрутизаторов и результаты экспериментальных исследований.

## Литература

1. Зайченко Е.Ю., Зайченко Ю.П., Ашраф Абдель-Карим Хилал Абу-Аин. Структурный синтез компьютерных сетей с технологией MPLS // Системні дослідження та інформаційні технології. - №4.- 2006.-С.65-70.