

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, 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 Π_r , стоимость $C(\Pi_r)_{LSR}$, 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 μ_{iz} .
2. Оценка экономической целесообразности установки LSR в п.З и перевод неэкономичных LSR в разряд АП.
3. Перепривязка недействующих 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.