

# МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К МАРШРУТИЗАЦИИ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Беспалов А. С., группа ТКСзм-09

Руководитель к.т.н., доцент кафедры АТ Воропаева В. Я.

## Введение

В современных в мультисервисных сетях постоянный рост объемов трафика, с требованием качества обслуживания, призывает к необходимости применения новых подходов к его управлению. Необходимы механизмы управления, ориентированные на качество обслуживания. В настоящее время существует несколько механизмов управления сетевыми ресурсами.

В статье рассматривается механизм планирования маршрутов. Для управления сетями существует большое количество алгоритмов маршрутизации, реализованных по различным принципам [1]. Все эти алгоритмы решают задачи выбора оптимальных маршрутов, как правило, с учетом одного из показателей качества. Поэтому в современных мультисервисных сетях связи возникает задача учета совокупности показателей сети для обеспечения заданных требований качества обслуживания различных типов трафика. Это определяет необходимость применения методов многокритериальной оптимизации на сетях для решения задач маршрутизации [2, 3]. В статье рассматриваются теоретические и практические особенности решения задачи многокритериальной оптимизации на основе методов, изложенных в работе [4].

### 1. Основные положения управления сетью

Механизмы управления (обработки потоков) в сетях связи определяются: резервированием полосы пропускания; управлением шириной полосы пропускания; управлением маршрутизацией и планированием маршрутов; использованием кэш технологий; управлением очередями.

В статье в качестве механизма управления состоянием сети, под воздействием управляющих сигналов, рассматривается маршрутизация. Основной задачей маршрутизации является выбор определенного пути из указанного множества. Выбор осуществляется с помощью матриц (таблиц) маршрутов, которые находятся в каждом узле маршрутизации.

$$M_i = \begin{matrix} \beta_{i1} \\ \beta_{i2} \\ \vdots \\ \beta_{ij} \\ \vdots \\ \beta_{i\lambda} \end{matrix} \begin{bmatrix} m_{i11} & m_{i12} & \cdots & m_{i1r} & \cdots & m_{i1N} \\ m_{i21} & m_{i22} & \cdots & m_{i2r} & \cdots & m_{i2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{ij1} & m_{ij2} & \cdots & m_{ijr} & \cdots & m_{ijN} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{i\lambda_1} & m_{i\lambda_2} & \cdots & m_{i\lambda_r} & \cdots & m_{i\lambda_N} \end{bmatrix}$$

где  $N$  – число узлов (УК) сети,  $\beta_{ij}$  –  $j$ -я ветвь, исходящая из узла  $i$ ,  $j = \overline{1, A_i}$ ,  $A_i$  – количество ветвей, исходящих из узла  $i$ ,  $m_{ijr}$  – элемент, определяющий порядковый номер ветви  $\beta_{ij}$  при выборе пути передачи информации от узла  $i$  к узлу  $r$ , в случае простой матрицы маршрутов, либо вероятность выбора ветви  $\beta_{ij}$ ,  $\sum_{j=1}^{A_i} m_{ijr} = 1$ ,  $r = \overline{1, N}$  в случае стохастической матрицы маршрутов.

Одним из вариантов управления сетью связи может быть изменение маршрутов с использованием многокритериального подхода.

## 2. Многокритериальный подход к постановке и решению задачи маршрутизации

Рассмотрим особенности многокритериального подхода к маршрутизации в мультисервисных сетях. При этом формулируется следующая многокритериальная задача маршрутизации. Пусть определено множество допустимых решений (маршрутов) на графе сети  $X = \{x\}$ , который считается дискретным, если  $X$  конечно или счетно.

Допустимыми будут те решения  $x \in X$  в виде подграфов  $x = (V_x, E_x)$  для многовершинного графа  $G = (V, E)$ , которые удовлетворяют ограничениям  $V_x \in V$ ,  $E_x \in E$ . Предполагается, что на  $X$  задана векторная целевая функция  $\vec{F}(x) = (F_1(x), \dots, F_v(x), \dots, F_m(x))$ , составляющие которой определяют показатели качества маршрутов. Как правило, показатели качества являются связанными между собой и антагонистическими.

При этом оптимальные по совокупности показателей качества варианты маршрутов представляет собой множество Парето-оптимальных альтернатив решения задачи маршрутизации, которым соответствует согласованный оптимум частных целевых функций  $F_1(x), \dots, F_v(x), \dots, F_m(x)$  [2].

Рассмотрим особенности выбора оптимальных маршрутов в мультисервисной сети, состоящую из узлов и линий связи, соединяющие узлы. Эта сеть представляется графом  $G = (V, E)$ , где  $V$  – множество узлов,  $E$  – множество линий связи [3]. Каждая линия  $e$  характеризуется показателями качества обслуживания  $k_l$ , которым в соответствие можно ставить весовые функции  $w_l(e)$  с заданными ограничениями  $w_l(e) \leq c_l$ ,  $l = \overline{1, m}$ . Для учета совокупности показателей качества обслуживания предлагается использовать скалярную целевую функцию линии  $e$  в виде [4]:

$$F(e) = \lambda_1 w_1(e) + \dots + \lambda_i w_i(e) + \dots + \lambda_m w_m(e), \quad (1)$$

где  $\lambda_i > 0, \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ .

Предлагается решать задачу нахождения оптимального пути (маршрута)  $x$  от узла источника  $s$  к узлу назначения  $t$  путем нахождения экстремального значения целевой функции маршрута при варьировании коэффициентов  $\lambda_i$ :

$$\underset{\text{var}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)}{\text{extr}} \left( w(x) = \sum_{j=1}^N F_j(e) \right) \quad (2)$$

где  $N$  – число линий связи, входящих в маршрут.

Первым этапом выбора оптимальных маршрутов является выделение подмножества Парето-оптимальных маршрутов, в результате чего отбрасываются безусловно худшие варианты маршрутов. Вариант маршрута  $\tilde{x} \in X$  является Парето-оптимальным, если не существует другого допустимого решения  $x^* \in X$ , что выполняются неравенства  $F_v(x^*) \leq F_v(\tilde{x})$ ,  $v=1, \dots, N$ , среди которых хотя бы одно является строгим [2,4]. Для нахождения подмножества Парето-оптимальных решений предлагается использовать весовой метод [4]. Его суть сводится к нахождению экстремума взвешенной суммы показателей качества входящих в маршруты при всевозможных комбинациях коэффициентов, характеризующих их относительную важность. В результате этого выбирается некоторое подмножество Парето-оптимальных вариантов маршрутизации с учетом совокупности показателей качества.

*Выбор единственного маршрута.* Для выбора единственного маршрута из полученного множества Парето-оптимальных вариантов необходимо использовать дополнительную информацию, которая уточняет и формализует начальное нечеткое представление об оптимальном маршруте.

Для выбора единственного маршрута будем использовать один из методов сужения множества Парето – лексикографический метод, когда набор показателей качества  $k_1 \dots k_m$  строго упорядочен по важности. При этом используется лексикографическое отношение вариантов маршрутов, описываемых векторами оценок значений показателей качества  $\bar{v} = (k_1 \dots k_m)$ .

Приведем особенности лексикографического отношения маршрутов. Пусть дано векторы оценок  $\bar{v}, \bar{v} \in V$ . Лексикографическое отношение  $\bar{v} \overset{lex}{>} \bar{v}$  выполняется тогда, когда выполняется одно из таких условий:

$$\begin{aligned} \dot{v}_1 &> \ddot{v}_1, \\ \dot{v}_1 &= \ddot{v}_1, \dot{v}_2 > \ddot{v}_2, \end{aligned}$$

$$\dot{v}_j > \ddot{v}_j, j = 1, 2, \dots, m-1; \dot{v}_m > \ddot{v}_m. \quad (3)$$

Здесь  $\dot{v}_1 > \ddot{v}_1 \in V$  – координаты соответствующих векторов оценок.

В определении лексикографического отношения важную роль играет порядок перечисления показателей качества. При изменении порядка перечисления изменяется и лексикографическое отношение.

В результате применения лексикографического метода были выбраны Парето-оптимальные варианты маршрутов при двух видах упорядочивания показателей качества:  $(k_2, k_3, k_1)$  и  $(k_3, k_2, k_1)$ .

### 3. Сравнение полученных вариантов маршрутизации с однокритериальной маршрутизацией.

Сравним предложенный многокритериальный подход к выбору маршрутов и подход к выбору маршрутов на основе одного критерия. На рисунке 1 изображена загрузка 20 линий сети, состоящей из 10 узлов, при использовании полученного на основе многокритериального подхода множества Парето-оптимальных маршрутов (многопутевая маршрутизация) и маршрутов, полученных на основе однокритериального подхода.

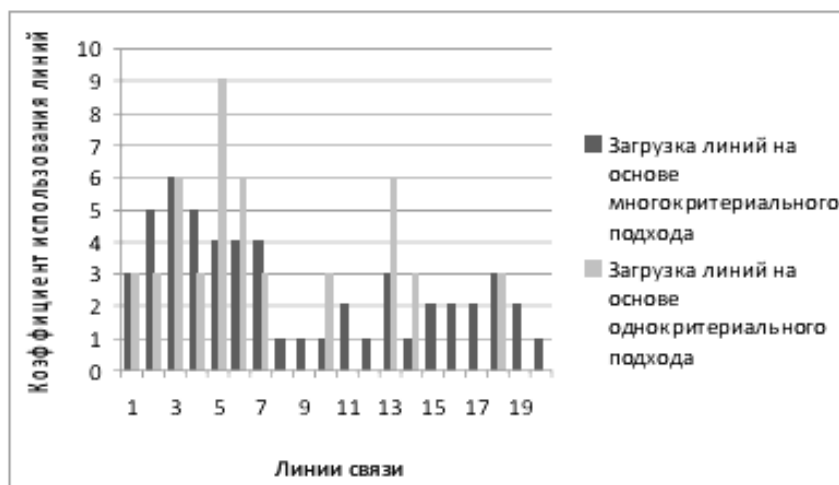


Рисунок 1 – Загрузка линий сети связи при использовании маршрутов на основе многокритериального и однокритериального подхода

Рисунок 1 показывает, что при использовании полученного на основе многокритериального подхода множество Парето-оптимальных маршрутов, которое используется при организации многопутевой маршрутизации, загрузки линий связи более равномерные.

### Заключение

Многокритериальный подход к оптимальному решению задачи маршрутизации дает возможность учитывать нескольких показателей качества, которые всесторонне оценивают маршруты. Оптимальным решением задачи, которое удовлетворяют согласованному оптимуму показателей качества маршрутов, есть множество Парето-оптимальных решений. Множество Парето-оптимальных решений можно использовать для организации многопутевой маршрутизации, что позволит равномерно использовать линии связи. Для выбора единственного варианта маршрута можно использовать дополнительную информацию от экспертов с использованием методов сужения подмножества Парето на основе введения скалярных функций ценности, лексикографического подхода, теории размытых множеств и др. Проведен сравнительный анализ результатов решения задачи многокритериальной оптимизации и маршрутизации на основе однокритериального подхода.

### Перечень ссылок

1. Семенов Ю.А. Алгоритмы телекоммуникационных сетей ч.1. Алгоритмы и протоколы каналов и сетей передачи данных. - Москва, 2007.
2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. - М.: Высшая школа, 1982.
3. Перепелица В.А. Многокритериальные задачи теории графов. Алгоритмический подход. - Киев УМК ВО, 1989.
4. Безрук В.М. Векторная оптимизация и статистическое моделирование в автоматизированном проектировании системы связи. - Харгав: ХНУРЕ, 2002.