МИНИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ ПРИ САМОПОДОБНОМ ВХОДЯЩЕМ ПОТОКЕ

Евлаш Д.В. Агеев Д.В.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина,14, каф. Телекоммуникационных систем,
тел. (057) 702-55-92,
E-mail: evlashdv@mail.ru

In given work is offered method of minimizing the cost of projectable multiservice networks with self incoming stream. During minimizing takes into account the restrictions on the average time delay packets in the network and the likelihood of losses in the network packages.

Одной из важнейших задач при проектировании мультисервисной сети является синтез ее структуры минимальной стоимости. К основным параметрам сети, влияющими на ее стоимость, являются: пропускные способности каналов связи, и размер буфера коммутационного оборудования, приходящийся на каждый канал связи. Данные параметры сети влияют на ее качественные характеристики такие как: среднее время задержки пакетов в сети и вероятность потери пакета в сети. Предлагается минимизировать стоимость сети за счет уменьшения пропускной способности каналов связи и размеров буферов коммутационного оборудования до размеров, при которых соблюдаются допустимые значения среднего времени задержки пакетов в сети и вероятности потери пакетов в сети.

Пусть имеет множество $A=\{a_i\}$ абонентов сети – источников информационной нагрузки различного класса. Обозначим: $\vec{d}_{ij}=\left(\lambda_{ij},\bar{n}_{ij},H_{ij}\right)$ - вектор параметров информационных потоков поступающих в сеть в узле a_i и передаваемых в узел a_j, где λ_{ij} - интенсивность поступления сообщений в сеть, пакетов/с; $\bar{n}_{ij}$ - средняя длина сообщения, бит; H_{ij} – параметр Херста;

$B=\|b_{km}\|$ - матрица описывающая топологию сети:

$$b_{km}=\begin{cases}1, & \text{если } a_k \text{ смежна к } a_m;\\ 0, & \text{в противном случае.}\end{cases} \qquad (1)$$

Введем величину w_{km} которая определяет затраты необходимые для организации канала связи между узлами a_k и a_m. Величина w_{km} зависит от пропускной способности канала связи и от размера буфера коммутационного оборудования входящего в состав данного канала связи, т.е.

$$w_{km}=w(c_{km},x_{km}), \qquad (2)$$

где c_{km} - пропускная способность канала связи между данными узлами;

x_{km} - размера буфера коммутационного оборудования выделенного для обслуживания информационного потока передаваемого между данными узлами.

Требуется минимизация стоимости проектируемой мультисервисной сети при самоподобном входящем потоке, так чтобы обеспечивалась передача заданных информационных потоков между любой парой узлов (i,j) с допустимой среднесетевой задержкой $T_{ср}$ и с допустимой вероятностью потери пакета P_{km} между узлами a_k и a_m.

В работе [1] получено выражение для средней величины задержки пакетов в сети, которая учитывает самоподобный характер передаваемых потоков:

$$T_{cp}=\frac{1}{D_{\Sigma}}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left[f_{ij}\cdot\left(\frac{1}{c_{ij}}+\frac{f_{ij}}{c_{ij}}\cdot\frac{(f_{ij}\cdot c_{ij})^{\frac{2H_{ij}^{f}-1}{2(1-H_{ij}^{f})}}}{(c_{ij}-f_{ij})^{\frac{H_{ij}^{f}}{1-H_{ij}^{f}}}}\right)\right], \tag{3}$$

где c_{ij} и $f_{ij}=\lambda_{ij}^{f}\cdot\overline{n}_{ij}^{f}$ пропускная способность канала связи и поток в нем, соответственно, между i-тим и j-тим узлом, а D_{Σ} - полный трафик, определяемый выражением:

$$D_{\Sigma}=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\lambda_{ij}. \tag{4}$$

В работе [2] была получена зависимость вероятности потери пакета в одноканальной системе с самоподобным входящим потоком от средней интенсивности обслуживания запросов, средней интенсивности поступления запросов и параметра Херста H. Используя данный результат для нашего случая можно записать

$$\mathrm{P_{rs}}=\exp\left(-\frac{(\frac{c_{rs}}{\overline{n}_{rs}}-\lambda_{rs})^{2H_{rs}}}{2k(H_{rs})^{2}a\lambda_{rs}}x_{rs}^{\;2-2H_{rs}}\right), \tag{5}$$

где a - коэффициент разногласий; $\mathrm{k(H)=H^{H}(1-H)^{1-H}}$.

Построим математическую модель задачи минимизации стоимости проектируемой мультисервисной сети.

Математическая модель имеет следующий вид:

$$\min\left(\sum_{k}\sum_{m}w(c_{km},x_{km})\cdot b_{km}\right); \tag{6}$$

$$T_{cp}=\frac{1}{D_{\Sigma}}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left[f_{ij}\cdot\left(\frac{1}{c_{ij}}+\frac{f_{ij}}{c_{ij}}\cdot\frac{(f_{ij}\cdot c_{ij})^{\frac{2H_{ij}^{f}-1}{2(1-H_{ij}^{f})}}}{(c_{ij}-f_{ij})^{\frac{H_{ij}^{f}}{1-H_{ij}^{f}}}}\right)\right]\le T_{cp.доп} \tag{7}$$

$$P_{rs}=\exp\left(-\frac{(\frac{c_{rs}}{\overline{n}_{rs}}-\lambda_{rs})^{2H_{rs}}}{2k(H_{rs})^{2}a\lambda_{rs}}x_{rs}^{\;2-2H_{rs}}\right). \tag{8}$$

$$1-\prod_{(r,s)\in M_{ij}}(1-P_{rs})\le P_{доп.},\ \forall i,j,\quad a_i,a_j\in A; \tag{9}$$

$$f_{km}\le c_{km},\forall a_k,a_m\in A,b_{km}\ne 0. \tag{10}$$

Данная задача относится к задачам оптимизации с нелинейными ограничениями. Так как решение данной задачи лежит на границе допустимых значений ограничения можно записать в виде равенств. Для решения данной задачи перейдем от задачи с ограничениями к задаче без ограничений, воспользовавшись методом штрафных функций. Так как ограничения представлены в виде равенств будем их учитывать с помощью квадратичного штрафа. Приведем метод штрафных функций в общем виде

$$\Omega = R \cdot (h(x))^2; \tag{11}$$

$$P(x,R) = W(x) + R \cdot (h(x))^2, \tag{12}$$

где Ω - штрафная функция, в которую включаются ограничения-равенства

R - набор штрафных параметров

$h(x)$ - ограничения-равенства

$W(x)$ - целевая функция

$P(x,R)$ - модифицированная целевая функция

Приведем модифицированную целевую функцию

$$W(c,x,R_T,R_P) = \sum_k \sum_m w(c_{km}, x_{km}) \cdot b_{km} + R_T \cdot (T_{cp}(c) - T_{cp.\partial on})^2 + R_P \cdot (1 - \prod_{(r,s)\in M_{ij}} (1 - P_{rs}(c,x)) - P_{\partial on.})^2$$

(13)

Для нахождения минимума функции $W(c,x,R_T,R_P)$ необходимо воспользоваться методом наискорейшего спуска. При решении данной задачи требуется выбрать начальное значение R и изменять его после решения каждой подзадачи безусловной оптимизации с тем, чтобы обеспечить сходимость.

Данный метод был реализован в пакете прикладных программ Matlab. При программной реализации было выбрано начальное значение R=1, а затем последовательно, на каждом шаге безусловной минимизации, увеличивалось на некоторое ΔR, равное номеру шага оптимизации в 4 степени. В результате полученные точки все точнее и точнее удовлетворяют ограничениям.

Литература:

1. Агеев Д. В., Чернятьев А. В., Самир Махмуд. Выбор пропускных способностей каналов связи при самоподобной характере передаваемых потоков // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. 2007. Вып. 148. С.87-95.

2. Norros I. On the use of fractional Brownian motion in the theory of connectionless networks // IEEE Journal of Selected Areas in Communications, Volume 13, 1995. № 6. P. 953-962.