

УДК 621.391

Удосконалено метод параметричного синтезу магістральної ділянки мультисервісної мережі при самоподібному вхідному потоці шляхом використання у ньому штрафних функцій з експоненційним штрафом й алгоритму одночасної оптимізації

Ключові слова: мультисервісна мережа, параметричний синтез

Усовершенствован метод параметрического синтеза магистрального участка мультисервисной сети при самоподобном входящем потоке путем использования в нем метода штрафных функций с экспоненциальным штрафом и алгоритма одновременной оптимизации

Ключевые слова: мультисервисная сеть, параметрический синтез

Improved methods of parametric synthesis of the main plot multiservice network with self-incoming flow through the use of the method of penalty functions with exponential penalty algorithm and optimize

Key words: multiservice network, parametric synthesis

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МАГИСТРАЛЬНОГО УЧАСТКА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ «TRIPLE PLAY»

Д. В. Евлаш

Аспирант

Кафедра телекоммуникационных систем

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: 8 (057) 702-55-92

E-mail: evlashdv@mail.ru

1. Введение

В настоящее время наблюдается бурное развитие технологий предоставления телекоммуникационных услуг абоненту. Среди которых наибольшим спросом пользуются услуги высокоскоростного доступа в сеть Интернет, телефонии и телевидения. Принцип предоставления трех данных услуг по одной сети объединяется одним маркетинговым термином «Triple Play». Услуги «Triple Play» предоставляются абонентам по средствам мультисервисной сети, построенной на основании протокола IP. Новые технологии, используемые в услугах «Triple Play», позволяют предоставлять абонентам более широкий перечень услуг и более высокого качества по сравнению с классическими технологиями предоставления аналогичных услуг. Вследствие чего классические технологии предоставления услуг: аналогового вещательного и кабельного телевидения, телефонии по аналоговым линии, коммутируемого доступа в сеть Интернет становятся неконкурентоспособными и вытесняются с рынка.

Таким образом, для сохранения существующей абонентской базы и привлечения новых абонентов сервис провайдером необходимо перейти на мультисервисные сети с предоставлением услуг «Triple Play». Одной из задач, решаемых при переходе на мультисервисную сеть,

является выбор параметров ее структурных элементов таких как: пропускная способность каналов связи и размер буферов коммутационного оборудования входящего в состав каналов связи. При этом сеть должна удовлетворять заданному качеству обслуживания при минимальной стоимости. Данная задача параметрического синтеза уже была ранее решена в статье [1], однако для ее решения был использован метод штрафных функций с квадратичным штрафом и алгоритм пошаговой оптимизации. Использование метода штрафных функций с квадратичным штрафом привело к не стабильной работе предложенного алгоритма, при определенном наборе штрафных коэффициентов алгоритм не сходится. Применение алгоритма пошаговой оптимизации привело к получению значений структурных элементов проектируемой сети не оптимальных с точки зрения стоимости. На наш взгляд для решения данной задачи необходимо использовать метода штрафных функций с экспоненциальным штрафом и алгоритма одновременной оптимизации. Применение данного метода позволит повысить устойчивость алгоритма, а применение алгоритма одновременной оптимизации позволит получить значения структурных элементов проектируемой сети оптимальных с точки зрения стоимости.

Целью данной работы является усовершенствование метода параметрического синтеза мультисервисной сети

минимальной стоимости при самоподобном входящем потоке и заданными параметрами качества обслуживания предложенного в статье [1] путем использования в нем метода штрафных функций с экспоненциальным штрафом и алгоритма одновременной оптимизации.

2. Постановка задачи

Пусть для предоставления услуг «Triple play» проектируется мультисервисная сеть, магистральный участок которой состоит из множества $U = \{u_i\}$ узлов сети.

Определим матрицу $B = \|b_{km}\|$, описывающую топологию сети, где

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

Определим матрицу параметров $F^P = \|\bar{f}_{ij}^P\|$ информационных потоков передающихся по каналам связи мультисервисной сети, где $\bar{f}_{km}^P = (\lambda_{km}, \bar{n}_{km}, H_{km})$ - вектор параметров суммарного информационного потока передаваемого по каналу связи между узлами u_k и u_m , где λ_{km} - интенсивность поступления сообщений в канал, сообщений в сек.; \bar{n}_{km} - средняя длина сообщения, бит; H_{km} - параметр Херста.

В предложенном в статье [1] методе для перехода от задачи с ограничениями к задаче без ограничений, при решении математической модели, используется метод штрафных функций с квадратичным штрафом. Новая целевая функция, полученная при применении метода штрафных функций, решается алгоритмом пошаговой оптимизации. Необходимо для перехода от задачи с ограничениями к задаче без ограничений при решении математической модели, предложенной в статье [1], использовать метод штрафных функций с экспоненциальным штрафом, а для решения новой целевой функции - алгоритма одновременной оптимизации.

Математическая модель, предложенная в статье [1], имеет следующий вид:

$$\min \left(\sum_k \sum_m w(c_{km}, x_{km}) \cdot b_{km} \right); \quad (2)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{D_\Sigma} \sum_{k=1}^N \sum_{m=1}^N \left[f_{km} \cdot \left(\frac{1}{c_{km}} + \frac{f_{km}}{c_{km}} \cdot \frac{(f_{km} \cdot c_{km})^{\frac{2H_{km}-1}{2(1-H_{km})}}}{(c_{km} - f_{km})^{\frac{H_{km}}{1-H_{km}}}} \right) \right] \leq T_{cp, доп}; \quad (3)$$

$$P_{km} = \exp \left(- \frac{\left(\frac{c_{km}}{\bar{n}_{km}} - \lambda_{km} \right)^{2H_{km}}}{2k(H_{km})^2 a_{km} \lambda_{km}} x_{km}^{2-2H_{km}} \right); \quad (4)$$

$$P_{ij} = 1 - \prod_{(k,m) \in M_{ij}} (1 - P_{km}) \leq P_{доп}, \quad \forall i, j, \quad a_i, a_j \in A; \quad (5)$$

$$f_{km} \leq c_{km}, \quad \forall a_k, a_m \in A, b_{km} \neq 0, \quad (6)$$

где m_{km} - маршрут от узла u_k и u_m ;

P_{km} - вероятность потери пакетов в канале (k,m);

N - количество узлов в сети;

c_{km} - пропускная способность канала связи (k,m);
 f_{km} - суммарный поток, передаваемый по каналу связи (k,m);

D_Σ - полный трафик в сети;

x_{km} - размер буфера коммутационного оборудования, входящего в состав канала связи (k,m);

a_{km} - коэффициент разногласий в канале связи (k,m);

$$k(H) = H^H (1-H)^{1-H}.$$

3. Метод параметрического синтеза мультисервисной сети минимальной стоимости

Осуществим переход от задачи с ограничениями к задаче без ограничений при помощи метода штрафных функций с экспоненциальным штрафом. Приведем метод штрафных функций с экспоненциальным штрафом в общем виде:

$$\Omega = R_a \cdot e^{R_b \cdot h(x)}; \quad (7)$$

$$P(x, R) = W(x) + R_a \cdot e^{R_b \cdot h(x)}, \quad (8)$$

где Ω - штрафная функция, в которую включаются ограничения;

R_a - первый набор штрафных параметров;

R_b - второй набор штрафных параметров;

$h(x)$ - ограничения;

$W(x)$ - целевая функция;

$P(x, R)$ - Новая целевая функция.

Приведем полученную новую целевую функцию:

$$\begin{aligned} W(c, x, R_a^T, R_b^T, R_a^P, R_b^P) = & \sum_k \sum_m w(c_{km}, x_{km}) \cdot b_{km} + R_a^T \cdot e^{R_b^T (T_{cp}(c) - T_{cp, доп})} + \\ & + R_a^P \cdot e^{R_b^P (1 - \prod_{(k,m) \in M_{ij}} (1 - P_{km}(c_{km}, x_{km})) - P_{доп})}. \end{aligned} \quad (9)$$

Для нахождения минимума функции

$$W(c, x, R_a^T, R_b^T, R_a^P, R_b^P)$$

необходимо воспользоваться методом наискорейшего спуска. При решении данной задачи требуется выбрать начальные значения пропускных способностей каналов связи, размеров буферов коммутационного оборудования и набора штрафных параметров. Для повышения стабильности алгоритма начальные значения пропускных способностей каналов связи должны быть выбраны такими, чтобы они обеспечивали значение среднесетевой задержки пакетов в сети $T_{cp}(c)$ равным допустимому значению среднесетевой задержки пакетов в сети $T_{cp, доп}$ при минимальной стоимости. Для расчета начальных значений пропускных способностей каналов связи необходимо найти минимум следующей функции:

$$W(c, R_a^T, R_b^T) = \sum_k \sum_m w(c_{km}) \cdot b_{km} + R_a^T \cdot e^{R_b^T (T_{cp}(c) - T_{cp, доп})}. \quad (10)$$

Для нахождения минимума функции воспользуемся методом наискорейшего спуска. При решении данной задачи требуется выбрать начальное значение пропускных способностей каналов связи и набора штрафных параметров. Начальные значения пропускных способностей каналов связи рассчитываются следующим образом:

$$c_{km} = f_{km} * 1.15 . \tag{11}$$

Штрафной коэффициент R_a^T задается постоянным и равен 0,001. Штрафной коэффициент R_b^T необходимо изменять после решения каждой подзадачи безусловной оптимизации в a раз, чтобы обеспечить сходимость. Значение величины a зависит от отличия между среднесетевой задержкой $T_{cp}(c)$ и допустимой задержкой $T_{cp,доп}$ и изменяется от 2 до 0,01, чем меньше это отличие, тем меньше величина a . Начальное значение R_b^T составляет 1.

Начальные значения размеров буферов коммутационного оборудования выбирается произвольно, но меньше планируемых расчетных значений.

Значения штрафных параметров R_a^T, R_b^T берутся равными соответствующим параметрам при расчете начальных значений пропускных способностей каналов связи.

Штрафной коэффициент R_a^P задается постоянным и равен 0,001. Штрафной коэффициент R_b^P необходимо изменять после решения каждой подзадачи безусловной оптимизации в b раз, чтобы обеспечить сходимость. Значение величины b зависит от отличия между вероятностью потери пакетов в сети $P_{доп}$ и допустимой вероятностью потери пакетов в сети $P_{доп}$ и изменяется от 2 до 0,01, чем меньше это отличие, тем меньше величина b . Начальное значение R_b^P выбирается таким, чтобы градиенты функции $W(c, x, R_a^T, R_b^T, R_a^P, R_b^P)$ по размерам буферов коммутационного оборудования максимально приближались к нулю.

На рис. 1 приведен алгоритм метода параметрического синтеза мультисервисной сети минимальной стоимости при самоподобном входящем потоке и заданными параметрами качества обслуживания.

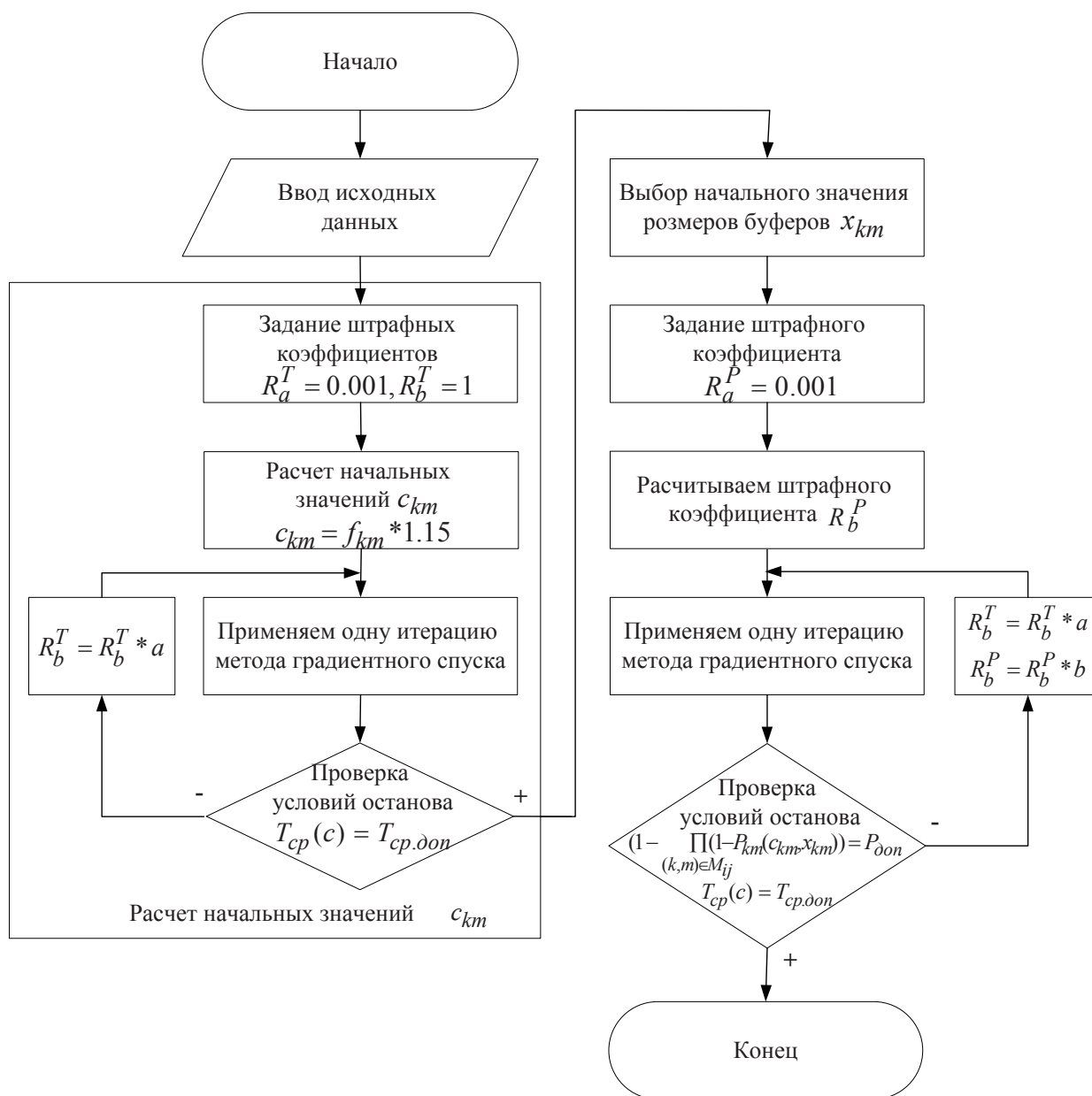


Рис. 1. Алгоритм метода параметрического синтеза мультисервисной сети минимальной стоимости

Данный алгоритм был реализован в пакете прикладных программ Matlab. В результате работы данного алгоритма был произведен параметрический синтез мультисервисной сети минимальной стоимости с соблюдением заданных параметров качества обслуживания. На рис. 2 и рис. 3 представлены результаты работы алгоритма параметрического синтеза. На рис. 2 изображена зависимость задержек пакетов в каждом канале связи и средне-сетевая задержка по сети в целом от номера подзадачи оптимизации при расчете начальных значений пропускных способностей каналов связи. На рис. 3 изображены зависимости задержек и вероятностей потери пакетов в каждом канале связи и по сети в целом от номера подзадачи оптимизации при одновременной оптимизации сети по пропускным способностям и размерам буферов.

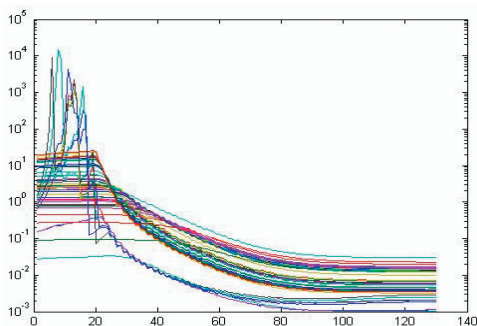
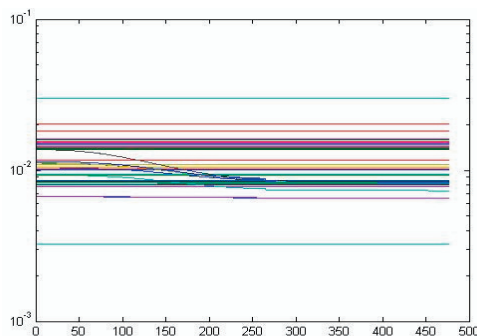
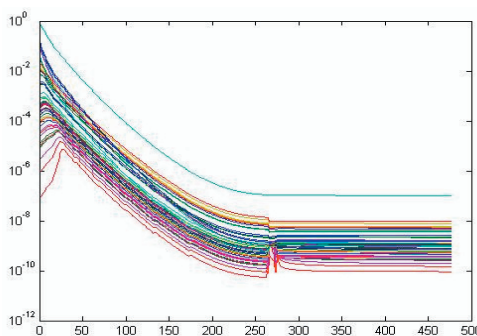


Рис. 2. Графики зависимости задержек пакетов в сети от номера итерации при расчете начальных значений пропускных способностей



а



б

Рис. 3. Графики зависимости:
а - задержек пакетов в сети от номера итерации;
б - вероятности потери пакетов в сети от номера итерации

На рис. 4 изображена зависимость изменения стоимости проектируемой мультисервисной сети от номера итерации работы алгоритма. Стоимость проектируемой сети увеличивается, так как изначально были выбраны параметры, не удовлетворяющие ограничениям на качество обслуживания.

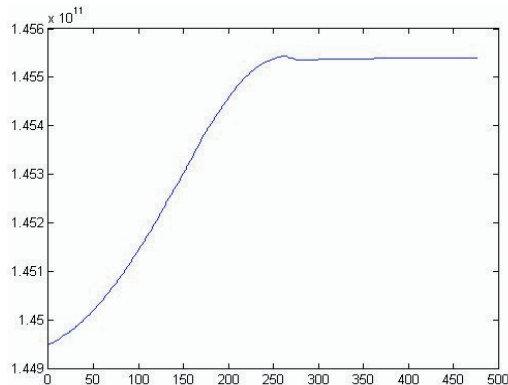


Рис. 4. График зависимости стоимости сети от номера итерации

Расчет параметров исходной сети также был произведен при помощи метода, предложенного в статье [1]. Стоимость проектируемой сети составила 145820304-16 у.е. Стоимость проектируемой сети при применении усовершенствованного метода составила 14554017571 у.е. Таким образом, выигрыш в стоимости составил 28012840 у.е.

4. Заключение

В данной работе получил дальнейшее развитие метод параметрического синтез мультисервисной сети минимальной стоимости при самоподобном входящем потоке и заданными параметрами качества обслуживания. В усовершенствованном методе для перехода от задачи с ограничениями к задаче без ограничений используется метода штрафных функций с экспоненциальным штрафом. Для нахождения минимума новой целевой функции применяется алгоритма одновременной оптимизации.

В ходе анализа полученных результатов было установлено, что усовершенствованный метод обладает более высокой стабильностью, благодаря применению штрафных функций с экспоненциальным штрафом. А также мультисервисные сети, спроектированные с его применением, обладают более низкой ценой, благодаря применению алгоритма одновременной оптимизации.

Литература

1. Агеев Д. В., Евлаш Д. В. Параметрический синтез мультисервисной сети минимальной стоимости при самоподобном входящем потоке и заданными параметрами качества обслуживания // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. 2008. Вып. 152. С.87-95.