

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО МНОЖЕСТВУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МНОГОПУТЕВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Лемешко А.В., Евсева О.Ю., Хасан А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

E-mail: avlem@ukr.net, evseva.o.yu@gmail.com

A conditions for assurance of multiple QoS metrics by multipath routing in multiservice network

Tensor approach to multipath routing allows formulating analytical boundary conditions for ensuring required quality of service under multiple metrics (rate, average delay and packet loss probability) at same time. Numerical research results show implementation of the conditions allows decreasing end-to-end delay, increasing delivery rate, minimizing packet jitter caused by the multiple paths, increasing the probability of ensuring QoS-requirements.

Важнейшей задачей современных мультисервисных сетей является обеспечение качества обслуживания (Quality of Service, QoS) запросов пользователей. При этом циркулирующий в сети трафик достаточно разнороден ввиду того, что он генерируется в интересах множества пользовательских и сетевых приложений. Отдельные потоки сетевого трафика также по-разному чувствительны к отдельным показателям качества обслуживания: мультимедийные потоки традиционно более критичны к средней задержке и джиттеру пакетов, а данные – к уровню потерь пакетов [1].

При обеспечении качества обслуживания из конца в конец (end-to-end QoS) ключевая роль принадлежит протоколам маршрутизации, именно на них возлагается функция по выбору маршрута (маршрутов), вдоль которых бы значения ключевых QoS-показателей были не хуже допустимых. С точки зрения практики наиболее предпочтительным является реализация многопутевой маршрутизации, способствующей сбалансированной загруженности сети. В этой связи, актуальной представляется задача, связанная с формулировкой условий обеспечения качества обслуживания одновременно по множеству QoS-показателей, которые бы использовались в ходе реализации многопутевой маршрутизации.

Вывод искомым условий основан на тензорной потоковой модели сети, описывающей процесс многопутевой маршрутизации с учетом возможных потерь пакетов на маршрутизаторах сети. При этом условия сохранения потока в узлах мультисервисной сети приняли вид [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j:(i,j) \in V} x_{(i,j)}^k = 1 \text{ при } k \in K, i = s_k; \\ \sum_{j:(i,j) \in V} x_{(i,j)}^k - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{(j,i)}^k (1 - p_{(j,i)}) = 0 \text{ при } k \in K, i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j:(j,i) \in V} x_{(j,i)}^k (1 - p_{(i,j)}) = \varepsilon^k \text{ при } k \in K, i = d_k, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $0 \leq x_{(i,j)}^k \leq 1$ – множество маршрутных переменных, каждая из которых характеризует долю интенсивности k -го потока, направленного с i -го на j -й узел через соответствующий, т.е. j -й интерфейс; $p_{(i,j)}$ – вероятность потерь пакетов на j -м интерфейсе i -го узла по причине его перегрузки; K – множество потоков в сети; s_k – узел-отправитель и d_k – узел-получатель для пакетов k -го потока; ε^k – доля k -го потока, обслуженного сетью, т.е. пакеты которого успешно доставлены до узла-получателя.

Вероятность потерь пакетов $p_{(i,j)}$ может быть рассчитана при моделировании интерфейса той или иной системой массового обслуживания (СМО) с отказами, например $M/M/1/N$ или $SS/M/1/N$. При использовании СМО с отказами вида $M/M/1/N$ вероятность потерь пакетов может быть рассчитана как

$$p = p(q < \Theta_{\text{буф}}) = \frac{(1-\rho)(\rho)^N}{1-(\rho)^{N+1}},$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\varphi}$ – коэффициент загрузки канала; q – текущая средняя длина очереди; $N = \Theta_{\text{буф}} + 1$ – максимальное количество пакетов, которое может находиться на интерфейсе, включая буфер ($\Theta_{\text{буф}}$) и сам канал; λ – пакетная интенсивность суммарного потока в рассматриваемом канале, 1/с. В этой связи, система (1) в общем случае представляется нелинейными уравнениями.

Для обеспечения управляемости процессом борьбы с перегрузкой каналов и очередей в структуру модели вводятся следующие ограничения:

$$\lambda_{(i,j)} < \varphi_{(i,j)},$$

где $\lambda_{(i,j)} = \sum_{k \in K} \lambda_k^{\langle mp\bar{\sigma} \rangle} x_{(i,j)}^k (1 - p_{(i,j)})$ – суммарная интенсивность потока в

канале между i -м и j -м маршрутизаторами сети; $\lambda_k^{\langle mp\bar{\sigma} \rangle}$ – требуемая интенсивность k -го потока; $\varphi_{(i,j)}$ – пропускная способность канала между i -м и j -м маршрутизаторами сети.

В рамках тензорной модели условие обеспечения качества обслуживания по показателю надежности доставки пакетов имеет вид

$$\sum_{j=2}^{\phi} \lambda_{\eta}^j \leq \lambda^{\langle mp\bar{o} \rangle} p_{\langle don \rangle}. \quad (2)$$

где $\lambda_{\eta}^i = \sum_{j=1}^{R_i} \lambda^{\langle mp\bar{o} \rangle} x_{(i,j)} P_{(i,j)}$, R_i – общее число выходных интерфейсов на i -м маршрутизирующем узле; ϕ – число транзитных узлов для данного потока.

Тогда условие, связывающее ключевые параметры мультисервисной сети, характеристики потоков и QoS-показатели, выглядит следующим образом:

$$\lambda^{\langle mp\bar{o} \rangle} (1 - p_{\langle don \rangle}) \leq G_{\pi\eta}^{\langle 4,2 \rangle} \left[G_{\pi\eta}^{\langle 4,4 \rangle} \right]^{-1} \Lambda_{\eta-1} + \left(G_{\pi\eta}^{\langle 4,1 \rangle} - G_{\pi\eta}^{\langle 4,2 \rangle} \left[G_{\pi\eta}^{\langle 4,4 \rangle} \right]^{-1} G_{\pi\eta}^{\langle 4,3 \rangle} \right) \tau_{\langle don \rangle}, \quad (3)$$

где $\tau_{\langle don \rangle}$ – допустимая межконцевая средняя задержка; $p_{\langle don \rangle}$ – допустимая вероятность потерь пакетов; метрические матрицы $G_{\pi\eta}^{\langle *,* \rangle}$ определяются на основе особенностей структурного построения сети, принятых моделей потока и обслуживания пакетов на маршрутизаторах сети [3].

Выполнение условий (2)-(3) позволяет обеспечить качество обслуживания по скорости (интенсивности) потока, средней задержке и вероятности потерь пакетов в ходе реализации многопутевой стратегии маршрутизации.

Выводы. Получены в аналитическом виде условия обеспечения качества обслуживания по множеству разнородных показателей (скорости потока, средней задержке и вероятности потерь пакетов) при реализации многопутевой маршрутизации в мультисервисных сетях. Ранее учет QoS-показателей в существующих протоколах маршрутизации осуществлялся преимущественно путем формирования интегральных (композиционных) маршрутных метрик, что не обеспечивало дифференциацию качества обслуживания по отдельным потокам и показателям. Использование же условий (2)-(3) позволяет придать процессам маршрутизации функции обеспечения заданных значений разнородных показателей качества обслуживания.

Литература

1. Багатоканальний електровз'язок та телекомунікаційні технології: Підручник У 2-х ч. Ч. 1 / О.В. Лемешко, В.В. Поповський, В.А. Лошаков та ін., за ред. В.В. Поповського. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2010. – 470 с.
2. Лемешко А.В., Евсева О.Ю., Гаркуша С.В. Поточковая модель маршрутизации с учетом потерь пакетов на узлах телекоммуникационной сети // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2013. - № 2. - С. 52-60.
3. Лемешко А.В. Тензорная модель многопутевой маршрутизации с гарантиями качества обслуживания одновременно по множеству разнородных показателей [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, О.Ю. Евсева // Проблемы телекоммуникацій. – 2012. – № 4 (9). – С. 16 - 31. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2012/4/1/124_lemeshko_tensor.pdf.