

Андрушко, Т. В. Вавенко, М. В. Семеняка

МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ С БАЛАНСИРОВКОЙ НАГРУЗКИ В СЕТЯХ С ДУПЛЕКСНЫМИ КАНАЛАМИ

В данной статье рассматриваются вопросы по моделированию процессов маршрутизации в сетях с дуплексными каналами связи. Проводится анализ существующих потоковых моделей и их усовершенствование для данного типа сетей. Показано, что в определенных случаях при решении задачи маршрутизации возникают трудности, пути решения которых предложены в статье и проанализированы.

Введение

В настоящее время наблюдается возрастающая популярность мультимедийных услуг с различными требованиями по качеству обслуживания (Quality of Service, QoS). Чтобы обеспечить заданные показатели QoS и предоставить пользователям широкий доступ к различным сетям и услугам, необходимо эффективно решить задачи сетевого уровня, а именно задачу маршрутизации. В основе протоколов маршрутизации положены графовые модели, однако учитывая многопоточный характер современного трафика при моделировании задач маршрутизации, переходят от графовых моделей к потоковым. К настоящему моменту времени известно большое количество потоковых моделей маршрутизации, из которых наиболее перспективным решением является модель, учитывающая технологию балансировки нагрузки (Traffic Engineering). В связи с рядом преимуществ данной модели она была выбрана для дальнейшего исследования.

Существующие потоковые модели ориентированы на решение задач маршрутизации для телекоммуникационных сетей (ТКС) с симплексными каналами (радиотрансляция, телевидение и др.). Однако на сегодняшний день ТКС представлены в большей степени дуплексными каналами (передача речи, передача данных и др.), поэтому моделирование и решение задач маршрутизации для данных сетей приобретает актуальность. Цель данной статьи – в анализе и совершенствовании потоковых моделей при решении задачи маршрутизации для сетей с дуплексными каналами.

Описание потоковой модели маршрутизации

Выбранная потоковая модель, в рамках которой реализуется многопутевая стратегия маршрутизации с учетом технологии балансировки нагрузки (технология Traffic Engineering), описана в [1,2] и ориентирована на сети с симплексными каналами связи. Чтобы учесть дуплексный характер каналов в потоковых моделях, осуществляют следующее преобразование [3]. Каждую дугу графа, который описывает структуру ТКС, заменяют двумя дугами, направленными в противоположные стороны, при этом их суммарная пропускная способность остается равной пропускной способности моделируемого дуплексного канала связи вследствие использования одной физической линии.

Пусть структура ТКС описывается с помощью графа $G = (V, E)$, где V – это множество узлов сети, E – множество каналов сети. Для каждой дуги $(i, j) \in E$ характерна ее пропускная способность c_{ij} . Каждому трафику из множества K сопоставлен ряд параметров: пусть d_k , s_k , t_k – интенсивность k -го трафика, узел-источник и узел-получатель соответственно. Управляющей переменной служит величина X_{ij}^k , которая характеризует интенсивность k -го трафика, протекающего в канале $(i, j) \in E$. Вводится величина α , которая определяет максимальное использование каналов сети:

$$\alpha = \max_{k \in K} \frac{\sum_{(i,j) \in E} X_{ij}^k}{c_{ij}}, \quad (i, j) \in E. \quad (1)$$

В ходе решения задачи маршрутизации минимизируется величина α :

$$\alpha \rightarrow \min. \quad (2)$$

Важно не допустить потери пакетов на сетевых узлах и в сети в целом, для этого необходимо обеспечить выполнение условий сохранения потока:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^k = 0, & k \in K, i \neq s_k, t_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^k = 1, & k \in K, i = s_k, \\ \sum_{j:(i,j) \in E} X_{ij}^k - \sum_{j:(j,i) \in E} X_{ji}^k = -1, & k \in K, i = t_k. \end{cases} \quad (3)$$

Кроме этого необходимо обеспечить выполнение условий предотвращения перегрузки в каналах сети:

$$\sum_{k \in K} d_k X_{ij}^k + \sum_{k \in K} d_k X_{ji}^k \leq c_{ij} \alpha, \quad (i, j) \in E. \quad (4)$$

В соответствии с физикой решаемой задачи (1)–(4) на переменные X_{ij}^k и α накладываются следующие ограничения:

$$0 \leq X_{ij}^k \leq 1, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (5)$$

Рассмотренная потоковая модель (1)–(5) представляет собой задачу линейного программирования и описывает процесс маршрутизации для сетей с дуплексными каналами связи. Однако при моделировании задачи многопутевой маршрутизации в рамках рассматриваемой потоковой модели для сетей с дуплексными каналами связи возникают трудности. По одному и тому же каналу передается один и тот же трафик в разных направлениях одновременно, что недопустимо и говорит о неадекватном описании процесса маршрутизации в рамках данной модели.

Для устранения данной проблемы предлагаются ввести в задачу маршрутизации дополнительное условие, которое смогло бы обеспечить однонаправленную передачу трафика k из множества K по каналам ТКС. Данное условие было выведено в результате проведенного анализа и имеет вид:

$$X_{ij}^k \cdot X_{ji}^k = 0, \quad (i, j) \in E, \quad k \in K. \quad (6)$$

Выполнение условия (6) позволяет решить поставленную задачу по усовершенствованию потоковой модели (1)–(5) для сетей с дуплексными каналами. Использование данного условия при решении задачи маршрутизации позволяет получать такое распределение трафика, при котором по одному и тому же каналу связи трафик k из множества K передается в одном направлении. В то же время каналы ТКС не перегружаются, следовательно, сетевые ресурсы используются эффективно. Использование предлагаемого условия (6) хотя и приводит к нелинейности модели, позволяет так решить задачу маршрутизации, что распределение сетевых ресурсов сохраняет сбалансированный характер решения. А это, в свою очередь, снижает максимальный порог загрузки пропускных способностей каналов связи, что положительно влияет на работу ТКС в целом, уменьшая очереди на узлах сети, предотвращая рост средних задержек и потерь.

Выводы

В работе рассматриваются особенности моделирования процессов маршрутизации для сетей с дуплексными каналами. Несмотря на ряд преимуществ потоковых моделей, было показано, что при решении задач маршрутизации в определенных случаях возникают трудности, которые свидетельствуют о недостатках данных моделей в описании процесса маршрутизации. Для устранения недостатков предлагается ввести в оптимизационную задачу дополнительные условия, которые позволяют усовершенствовать потоковую модель для сетей с дуплексными каналами.

Литература

1. *Wang, Y.* Explicit Routing Algorithms for Internet Traffic Engineering / Y. Wang, Z. Wang // Bell Laboratories. IEEE. – 1999. – № 9. – P. 582–588.
2. *Seo, Y.* Dynamic Constrained Multipath Routing for MPLS Networks / Y. Seo, Y. Lee, Y. Choi, C. Kim // IEEE. – 2001. – № 3. – P. 348–353.
3. *Форд, Л. Р.* Потоки в сетях.: Пер. с англ. / Л. Р. Форд, Д. Р.