

**МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАПРОСОВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКОВ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ****Польщикова К. А., Любченко Е. Н., Одарущенко О. Н.**

Представлен анализ технологий, применяемых в телекоммуникационных сетях для обслуживания запросов на передачу потоков реального времени. Предложено использовать буферизацию запросов на передачу потоков реального времени для повышения эффективности использования каналов сети. Разработаны имитационные модели для количественной оценки эффективности использования каналов телекоммуникационной сети. Результаты моделирования показали, что применение буферизации запросов на передачу потоков реального времени позволяет существенно повысить коэффициент использования каналов сети.

Представлено аналіз технологій, що застосовуються в телекомунікаційних мережах для обслуговування запитів на передачу потоків реального часу. Запропоновано використовувати буферизацію запитів на передачу потоків реального часу для підвищення використання каналів мережі. Розроблені імітаційні моделі для кількісної оцінки ефективності використання каналів телекомунікаційної мережі. Результати моделювання показали, що застосування буферизації запитів на передачу потоків реального часу дозволяє істотно підвищити коефіцієнт використання каналів мережі.

In the article the analysis of technologies, which are applied in telecommunication networks for service of requests for the transmission of streams of the real time, is presented. It is suggested to use buffering of requests for real-time flows transmission for the increase of telecommunication channel utilization. Simulation models for quantitative estimation of the channel utilization of telecommunication network are proposed. Modeling results show that application of buffering the requests for real-time flows transmission makes it possible to improve the channel utilization coefficient.

Польщикова К. А.

канд. техн. наук, доц. каф. КИТ ДГМА
konspol@rambler.ru

Любченко Е. Н.

аспирант ПНТУ
y.lyubchenko@gmail.com

Одарущенко О. Н.

канд. техн. наук, доц. ПНТУ
skifs2005@mail.ru

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ПНТУ – Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава.

УДК 621.396

Польщиков К. А., Любченко Е. Н., Одарущенко О. Н.

МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАПРОСОВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Наибольшая часть информационных потоков, передаваемых в современных телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов, образуют мультимедийный трафик. Интенсивность передачи информации, инициированная работой соответствующих программных средств в реальном времени, является достаточно высокой и близкой к постоянному значению. Поэтому такой вид трафика часто именуют потоковым или трафиком реального времени [1].

Поступление запросов от пользователей на передачу потоков реального времени изменяется случайным образом. При случайном возрастании активности пользователей в сети наблюдается временный дефицит канальных ресурсов. Это обуславливает появление отказов в обслуживании поступающих от пользователей запросов. При уменьшении интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени снижается сетевая нагрузка, каналы сети работают в недонагруженном режиме, наблюдаются паузы в их использовании. Таким образом, каналы современных телекоммуникационных сетей нагружаются неравномерно во времени, в результате чего используются недостаточно эффективно.

Управление ресурсами телекоммуникационных каналов в существующих сетях осуществляется с помощью средств, направленных на поддержку качественной передачи информационных потоков. Эти средства именуются технологиями обеспечения качества обслуживания (Quality of Service, QoS) [2, 3]. Для качественной передачи потоков реального времени требуется минимизировать задержку пакетов и ее дисперсию (джиттер). В телекоммуникационных сетях применяются различные технологии обслуживания запросов на передачу потоков реального времени (Best Effort, IntServ и DiffServ), каждая из которых имеет свои особенности.

Технология Best Effort предполагает обслуживание «по возможности» [1, 3]. При этом отсутствуют какие-либо гарантии качественной передачи информации.

Архитектура IntServ (интегрированного обслуживания) предполагает, что для качественного обслуживания приложений реального времени достаточно резервирования необходимой пропускной способности. Для этого в каждом маршрутизаторе должны быть механизмы определения зарезервированной и доступной пропускной способности. Основой этой архитектуры является сигнальный протокол RSVP (Resource ReSerVation Protocol), позволяющий приложениям резервировать ресурсы [4].

На каждом транзитном узле резервирование может быть, как поддержано, так и отвергнуто. Если на каком-либо этапе получен отказ, то источнику посылается сообщение об ошибке. В качестве примера рассмотрим случай нехватки пропускной способности. Если после проверки на допуск в сеть получен отрицательный результат, то маршрутизатор отвергает запрос на резервирование и отправляет получателю опционное сообщение RESV Error, свидетельствующее об ошибке. Ошибка в этом сообщении специфицируется с помощью объекта ERROR_SPEC. Предусмотрено два типа таких объектов: для IPv4 и IPv6 (рис. 1). В этих объектах содержится адрес узла, на котором возникла ошибка (в протоколе IPv4 – 4 байта, IPv6 – 16 байт); флаги, значения которых устанавливаются в соответствии с ошибкой, а также код и значение ошибки.

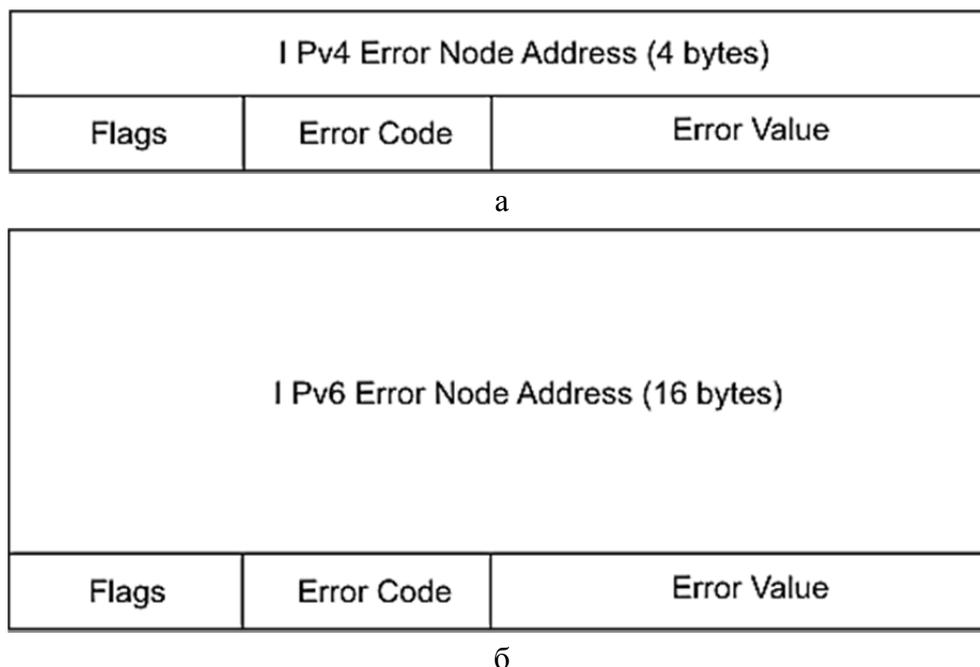


Рис. 1. Формат объекта ERROR_SPEC:

а – для протокола IPv4; б – для протокола IPv6

В современных телекоммуникационных сетях протокол RSVP используется для поддержки долговременных соединений. Протокол RSVP может также быть задействован в сетях MPLS для создания маршрутов, коммутируемых по метке (LSP – Label Switched Path).

Протокол RSVP имеет существенный недостаток: обработка информации обо всех потоках с увеличением их числа ведет к снижению производительности сети. То есть с увеличением числа поступающих запросов на передачу мультимедийного трафика, сеть перегружается служебной информацией.

Еще один подход к обеспечению качества обслуживания предложен в архитектуре DiffServ (дифференцированного обслуживания). Она позволяет обслуживать разные классы трафика в соответствии с их требованиями к качеству передачи. При этом если объем передаваемого трафика превысит установленную квоту для данного уровня обслуживания, то предоставление оговоренных услуг не гарантируется [5]. Это касается, прежде всего, мультимедийного трафика, для качественной передачи которого, необходимы гарантии задержки, джиттера и потери пакетов. В архитектуре дифференцированного обслуживания все пакеты классифицируются с помощью маркировки поля DS заголовка пакета протокола IPv4 или IPv6 [6]. После определения типа услуги разрабатываются соответствующие ей решения о продвижении пакета – PNH-политика (Per-Hop Behavior). Все пакеты потока трафика со специфическим требованием к обслуживанию несут в себе одно и то же значение поля DSCP. Необходимо отметить, что требования по низкой вероятности потери пакета, малых значений задержки и джиттера обеспечены в рамках домена DiffServ и только в пределах предоставляемого объема трафика.

Реализацией модели DiffServ также является технология многопротокольной коммутации на основе меток MPLS (Multiprotocol Label Switching). Одной из задач этой технологии является предоставление условий передачи мультимедиа по виртуальным частным сетям с гарантированным качеством. Для этого в MPLS используется протокол TE-RSVP (Traffic Engineering RSVP). Протокол TE-RSVP – это расширение соответствующего протокола RSVP с поддержкой сигнализации LSP-пути (Label Switched Path – путь, коммутируемый по меткам) [7].

Перед установкой TE-туннеля система управления доступом к каналу должна определить, есть ли свободные ресурсы, а также уничтожить существующие туннели, когда новые туннели с высоким приоритетом получения ресурсов вытесняют существующие туннели с низким приоритетом. Если же запрашиваемая пропускная способность недоступна, отправителю возвращается сообщение PATH Error с кодом 01, ошибкой контроля доступа 02 и значением ошибки 0x0002, где 002 – означает «запрашиваемая пропускная способность недоступна».

Несмотря на то, что архитектура DiffServ является усовершенствованием существующих моделей обслуживания, она имеет существенные недостатки. Гарантии качества обслуживания предоставляются только в одном домене, а также для предусмотренного объема трафика. То есть, трафик, превысивший заданный объем может быть передан недостаточно качественно. Таким образом, в сети MPLS в случае возникновения перегрузки не гарантируется качественное обслуживание при передаче мультимедиа.

Результаты выполненного анализа позволяют сформулировать основные особенности современных технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени:

- 1) главным средством, применяемым для обеспечения качественной передачи потоков реального времени является предварительное резервирование пропускной способности сети;
- 2) существующие сетевые технологии предполагают отказ в резервировании ресурсов для запроса, поступившего в сеть в момент отсутствия требуемых ресурсов;
- 3) в известных технологиях не предусмотрена буферизация запросов на передачу потоков реального времени.

Как было указано выше, случайность, неравномерность поступления в сеть запросов на передачу потоков мультимедийной информации, с одной стороны, приводит к возникновению временных перегрузок, а, с другой стороны, является причиной появления участков времени с недостаточной загруженностью каналов. Перечисленные последствия неравномерности поступления запросов в итоге приводят к недостаточно эффективному использованию каналов сети.

В данной статье для повышения используемости каналов сети предлагается использовать буферизацию запросов на передачу потоков реального времени. При этом запросы, получившие отказ, могут быть обслужены позже, в то время, когда в сети появится требуемая доступная пропускная способность. Реализация этой идеи обеспечит сглаживание потока поступающих заявок и позволит использовать пропускную способность каналов более эффективно.

Целью статьи является получение количественных данных, характеризующих зависимость используемости каналов сети от параметров буферизации запросов на передачу потоков реального времени.

Для достижения поставленной цели в статье представлено решение актуальной научно-технической задачи, состоящей в разработке моделей для количественной оценки повышения используемости каналов сети, получаемого при буферизации запросов на передачу потоков реального времени.

Для решения сформулированной выше задачи в программной среде MATLAB + Simulink разработаны имитационные модели, позволяющие получить количественные показатели, характеризующие зависимость используемости каналов сети от параметров буферизации запросов на передачу потоков реального времени.

Структурная схема имитационной модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени без использования буферизации представлена на рис. 2.

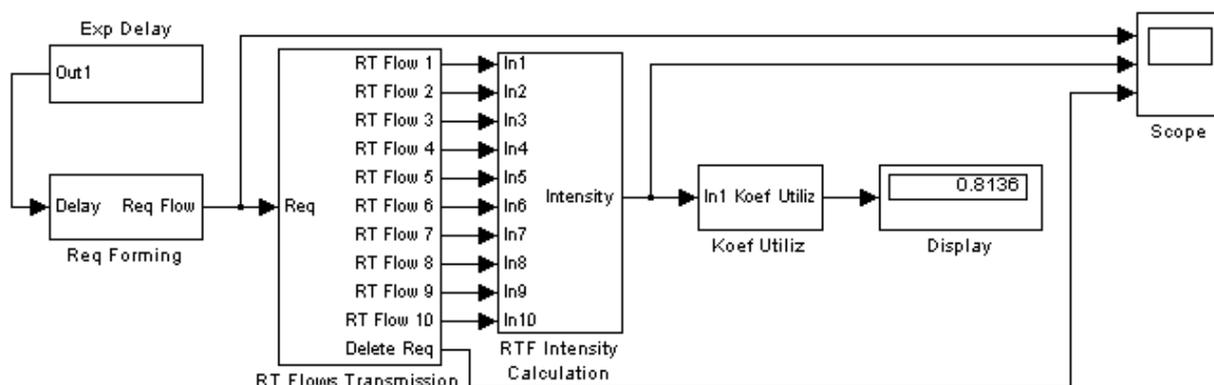


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени без использования буферизации

Элементы модели имитируют:

Exp Delay – осуществляет вычисление интервалов времени между моментами начала передачи потоков (подчинены экспоненциальному закону распределения);

Req Forming – имитирует формирование заявок на передачу потоков реального времени;

RTF Flow Transmission – обрабатывает заявки, поступившие на вход, и определяет, возможна ли передача потока в конкретный момент времени;

RTF Intensity Calculation – используется для имитации вычисления значений интенсивности передачи потоков в текущие моменты времени;

Koef Utiliz – используется для вычисления коэффициента использования каналов сети;

Scope – виртуальный регистратор, используемый для отображения поступающих заявок на передачу потоков, текущих значений интенсивности и заявок, получивших отказ в обслуживании.

На рис. 3 приводится структурная схема имитационной модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени с использованием буферизации. Для имитации очереди запросов в модель добавлен элемент *Req Queue*.

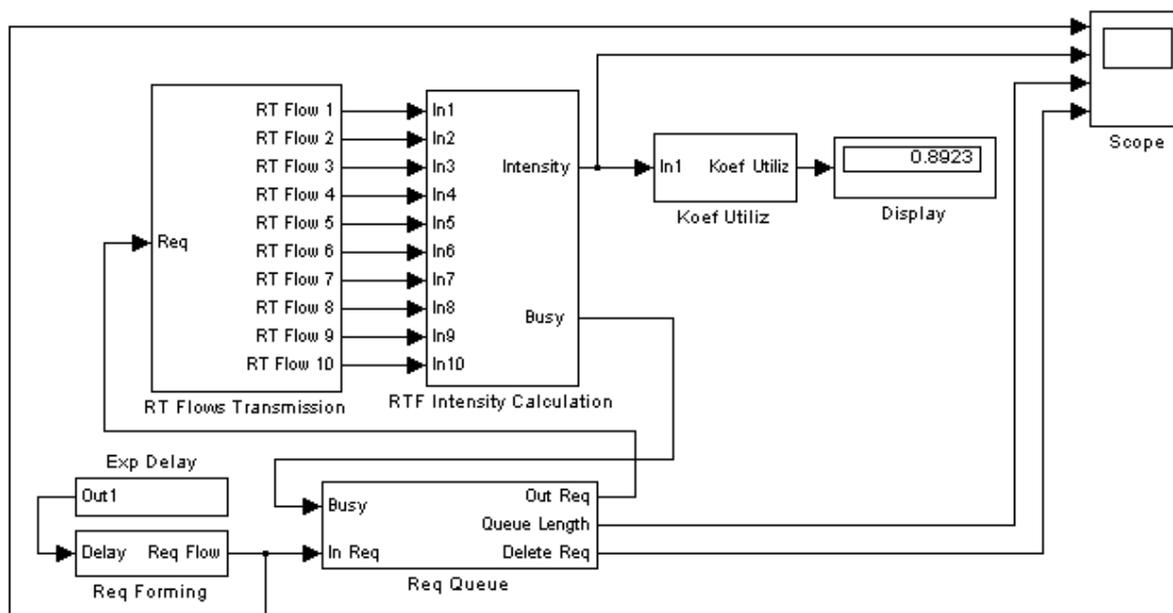


Рис. 3. Структурная схема имитационной модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени с использованием буферизации

Адекватность построенных моделей доказана:

- 1) контролем результатов вычислений, осуществляемых при имитации исследуемого процесса;
- 2) проверкой корректности моделирования в характерных для исследуемого процесса ситуациях;
- 3) сравнением результатов, полученных в ходе имитационного и аналитического моделирования.

С использованием разработанных моделей был проведен ряд имитационных экспериментов, в ходе которых вычислялись следующие величины:

- 1) коэффициент использования канала телекоммуникационной сети, который показывает, какая часть пропускной способности этого канала в среднем была использована в течение заданного интервала наблюдения:

$$K_u = \frac{\Delta A_u}{A},$$

где ΔA_u – среднее значение пропускной способности канала, использованной для передачи потоков реального времени в течение интервала наблюдения;

A – пропускная способность канала;

- 2) выигрыш в использовании буферизации запросов на передачу потоков реального времени:

$$\alpha(k) = \frac{K_u(k) - K_{u0}}{K_u(k)} \cdot 100\%,$$

где $K_u(k)$ – коэффициент использования канала, полученный с применением буфера заданного объема;

k – максимально возможная длина очереди запросов;

K_{u0} – значение коэффициента использования канала без буферизации запросов на передачу потоков реального времени;

- 3) загрузка канала, которая определяется отношением интенсивностей поступления λ и обслуживания μ запросов на передачу потоков реального времени:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu \cdot n} = \frac{\tau}{T \cdot n},$$

где τ – средняя длительность передачи потока реального времени по каналу;

T – среднее значение промежутка времени между поступлением запросов на передачу по каналу потоков реального времени;

n – количество потоков реального времени, одновременная передача которых возможна по каналу сети.

В результате проведения серии имитационных экспериментов получено семейство кривых, отражающих зависимость величины α от загрузки канала при различных значениях k (рис. 4). В ходе исследований применялись модели с $k = 0, 2, 4, 6$.

Анализ полученных графических зависимостей показывает, что применение буферизации запросов на передачу потоков реального времени позволяет существенно повысить используемость каналов сети. При этом величина выигрыша α может достигать более 15 %. Указанная буферизация наиболее эффективна, если значение загрузки канала стремится к единице, а в очереди на передачу может находиться большое количество запросов.

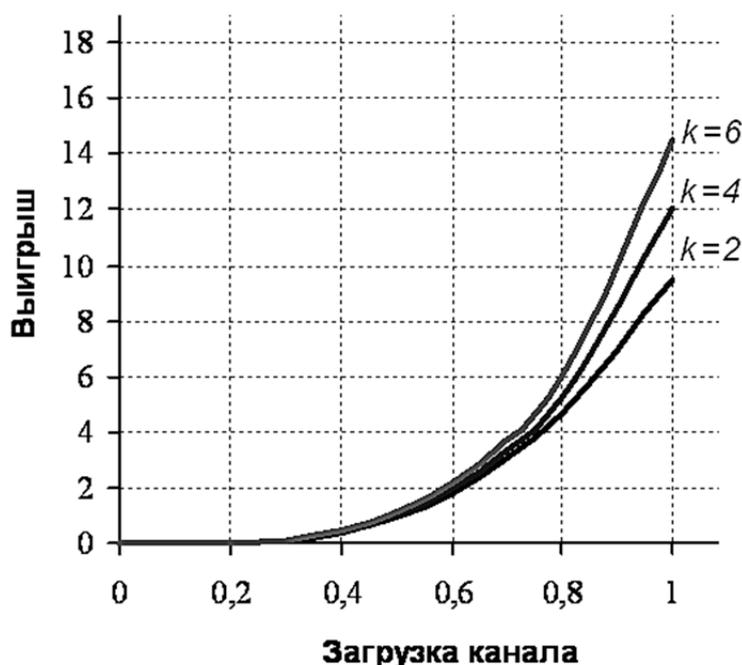


Рис. 4. Графики зависимости $\alpha = f(\rho)$ при различных значениях k

ВЫВОДЫ

Анализ сетевых технологий показал, что в условиях перегрузок при передаче по сети потоков реального времени каналные ресурсы используются недостаточно эффективно.

Созданы имитационные модели обслуживания запросов на передачу потоков реального времени с различными параметрами буферизации.

Результаты моделирования показали, что применение буферизации запросов на передачу потоков реального времени позволяет повысить используемость каналов сети на 15 %.

Буферизация запросов на передачу потоков реального времени наиболее эффективна, если значение загрузки канала стремится к единице, а в очереди на передачу может находиться большое количество запросов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучерявый Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 336 с.
2. Куроуз Дж. Компьютерные сети / Дж. Куроуз, К. Росс. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 765 с.
3. Вегенша Ш. Качество обслуживания в сетях IP : пер. с англ. / Ш. Вегенша. – М. : Вильямс, 2003. – 386 с.
4. Braden R. Integrated Services in the Internet Architecture: an overview [Электронный ресурс] / R. Braden, D. Clark, S. Shenker // RFC 1633. Jun. 1994. – Режим доступа: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1633>.
5. Grossman D. New Terminology and Clarifications for Diffserv [Электронный ресурс] / D. Grossman // RFC 3260, Apr. 2002. – Режим доступа: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3260.txt>.
6. Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers [Электронный ресурс] / K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black // RFC 2474, Dec. 1998. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc2474>.
7. Awduche D. RSVP-TE: Extensions for LSP-tunnels [Электронный ресурс] / D. Awduche, L. Berger, D. Gan // RFC 3209, Dec. 2001. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc3209>.