

УДК 621.396

К.А. ПОЛЬЩИКОВ¹, О.Н. ОДАРУЩЕНКО², Е.Н. ЛЮБЧЕНКО²¹ *Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина*² *Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка, Украина*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАПРОСОВ НА ПЕРЕДАЧУ ПОТОКОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Рассматриваются требования, предъявляемые к передаче трафика реального времени в телекоммуникационной сети. Так же рассматриваются методы и технологии обеспечения качественной доставки мультимедийных данных, такие как архитектуры интегрированного обслуживания IntServ и архитектуры дифференцированного обслуживания DiffServ. Для повышения используемости сетевых каналов предлагается осуществлять буферизацию запросов на передачу трафика реального времени. Реализация этой идеи обеспечит сглаживание потока поступающих заявок и позволит использовать пропускную способность сети более эффективно.

Ключевые слова: трафик реального времени, Best Effort, IntServ, DiffServ.

Введение

Большая часть информационных потоков, передаваемых в современных телекоммуникационных сетях с коммутацией пакетов, образуют мультимедийный трафик (голос, видео). Новые мультимедийные приложения – видео, IP-телефония, Интернет-радио, телеконференции, дистанционное обучение и многое другое – интенсивно разрабатываются и внедряются [2]. 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. 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 неэффективно.

Целью статьи является обоснование путей повышения используемости каналов телекоммуникационной сети при передаче потоков реального времени.

Для достижения указанной цели в статье решается **актуальная научно-техническая задача**, состоящая в критическом анализе методов и технологий обслуживания запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

1. Анализ требований, предъявляемых к передаче потоков реального времени

Мультимедийные приложения, как правило, очень чувствительны к длительности сквозной задержке, а также к изменению задержки (джиттеру). В таких приложениях задержки более нескольких сот миллисекунд являются критическими. В то же время сетевые мультимедийные приложения допускают потерю части данных – эти случайные потери пакетов вызывают незначительные сбои при воспроизведении аудио- и видеоданных и могут быть частично или полностью замаскированы [1]. Требования к задержке пакетов, несущих голосовую информацию из конца в конец, описаны в рекомендации ITU-T G.114 “One way transmission time”. В соответствии с этим документом величина сквозной задержки не должна превышать 150 мс, а вариация задержки, определяемая величиной буфера, не должна превышать 40 мс [3].

Для качественной передачи голоса допустимо не более 1% пакетных потерь и не более одного потерянного пакета подряд. Это вызвано тем, что голосовой кодек может скорректировать потерю голосового фрагмента длительностью до 30 мс, а стандартный пакет несет в себе образец голоса длиной 20 мс.

Рассмотрим три основных класса мультимедийных приложений (рис. 1): записанное потоковое аудио и видео, потоковое аудио и видео реального времени, а также интерактивное аудио и видео реального времени.



Рис. 1. Классификация мультимедийного трафика

В случае записанного потокового аудио и видео клиентам по их запросам через сеть доставляются сжатые аудио и видеофайлы, хранящиеся на сервере. Задержка воспроизведения в таких приложениях должна составлять от 5 до 10 секунд. Воспроизведение мультимедиа должно длиться столько, сколько длится оригинальная запись. Это накладывает строгие ограничения на значение задержки в доставке данных.

Приложения потокового аудио и видео реального времени позволяют пользователю получать теле- или радиопрограммы в режиме “live”. Допустимыми считаются задержки в десятки секунд от момента запроса пользователя до начала воспроизведения.

Интерактивное аудио и видео реального времени дает возможность пользователям общаться друг с другом в режиме реального времени. Для подобных приложений задержка в доставке данных не должна превышать нескольких десятых долей секунды. При передаче голоса задержки менее 150 мс не воспринимаются слушателем, задержки в пределах от 150 мс до 400 мс считаются приемлемыми, а задержки, превышающие 400 мс, воспринимаются как существенные искажения [2].

Таким образом, для качественной передачи мультимедийных приложений должны быть выполнены требования, основывающиеся, в первую очередь, на уменьшении величины сквозной задержки и джиттера, в то время как незначительная потеря данных является допустимой.

Существует несколько подходов или моделей обеспечения качества обслуживания трафика (QoS), в том числе и трафика реального времени: Best Effort, IntServ, DiffServ.

В модели Best Effort улучшение качества обслуживания может быть достигнуто за счет наращивания пропускной способности, но в ней не предусмотрено никаких средств по обеспечению качества обслуживания.

2. Анализ архитектуры интегрированного обслуживания IntServ

Архитектура IntServ 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 [1].

Функционирование протокола осуществляется следующим образом (рис. 2). Хост, инициирующий передачу (далее – источник) должен послать сообщение PATH принимающему хосту (далее – приемник). Каждый промежуточный узел (маршрутизатор) перенаправляет это сообщение следующему узлу, определенному используемым протоколом маршрутизации (например, OSPF или RIP). На получение сообщения PATH, приёмник отвечает сообщением RESV, которое и осуществляет резервирование ресурсов на узлах. Сообщение RESV использует тот же маршрут, что и сообщение PATH [4].

На каждом транзитном узле резервирование может быть как поддержано, так и отвергнуто. Если на каком-либо этапе получен отказ, то процесс передачи сообщения RESV прерывается и 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

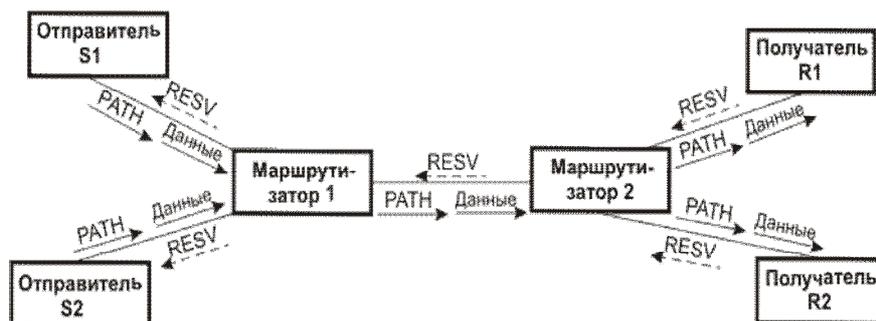


Рис. 2. Механизм функционирования протокола RSVP

отвергает запрос на резервирование и отправляет получателю опционное сообщение RESV Error, свидетельствующее об ошибке. Ошибка в этом сообщении специфицируется с помощью объекта ERROR_SPEC. Параметры этого объекта (рис. 3) определены в RFC 2205. Предусмотрено два типа таких объектов: для IPv4 и IPv6. 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.

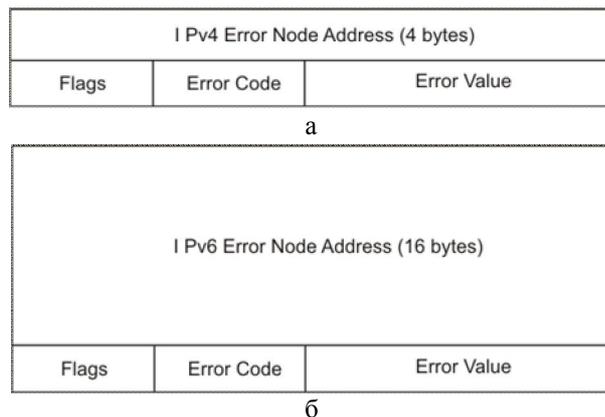


Рис. 3. Формат объекта ERROR_SPEC:
а – для протокола IPv4; б – для протокола IPv6

В данном случае, код ошибки (Error Code) будет 01, что означает отказ в контроле доступа. Значение ошибки (Error Value) будет: ssug cccc cccc cccc. 12 бит младшего разряда могут указывать на причину возникновения ошибки (например, значение задержки слишком велико).

В современных телекоммуникационных сетях протокол RSVP используется для поддержки долгосрочных 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 [4].

3. Анализ архитектуры дифференцированного обслуживания DiffServ

Основная цель модели DiffServ заключается в разработке масштабируемых и гибких способов, позволяющих различать уровни обслуживания, то есть обслуживать разные классы трафика в соответствии с их требованиями. Как правило, эти классы

имеют разную стоимость, которая оговорена в договоре об уровне обслуживания, заключаемом между поставщиком услуг и клиентом – SLA (Service Level Agreement). 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. Например, наиболее приоритетный мультимедийный трафик маркируется: EF(46) – передача голоса (по умолчанию гарантируется 25% полосы пропускания), AF41(34) – интерактивное видео (по умолчанию гарантируется 25% полосы пропускания), CS4 (32) – интерактивное видео (по умолчанию гарантируется 27% полосы пропускания). После определения типа услуги разрабатываются соответствующие ей решения о продвижении пакета – PHB-политика (Per-Hop Behavior), которая представляет собой сценарий поведения сетевого узла в отношении пакетов с определенным значением поля DSCP [6]. Все пакеты потока трафика со специфическим требованием к обслуживанию несут в себе одно и то же значение поля DSCP. Также в архитектуре DiffServ предусмотрено два вида PHB-политики: AF PHB (Assured Forwarding), применяемая для передачи трафика данных, и EF PHB (Expedited Forwarding), применяемая для передачи высокоприоритетного мультимедийного трафика. 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) [1]. 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). Протокол TE-RSVP использует сигнальные сообщения протокола RSVP, добавляя определенные расширения для поддержки механизма управления трафиком (рис. 4). Протокол TE-RSVP помогает создать явно маршрутизируемый LSP-путь (ER-LSP – Explicitly Routed LSP) для

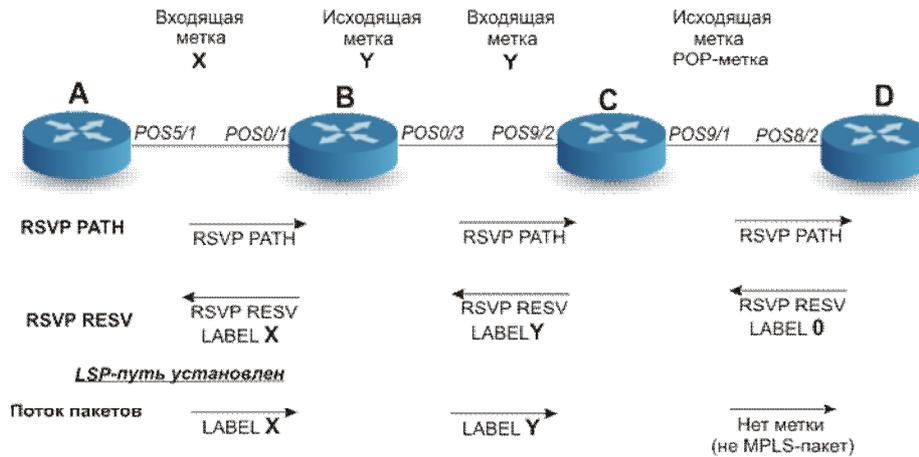


Рис. 4. Работа протокола RSVP-TE

установки TE-туннеля. В TE-туннеле, построенном на основе ER-LSP, единственным отправителем является первый узел пути, а единственным получателем – последний [7].

Головной маршрутизатор инициирует установку TE-туннеля, отправляя сообщение RSVP PATH по IP-адресу точки назначения туннеля с объектом SRO (Source Route Object – объект исходного маршрута), определяющим явный маршрут. В объекте SRO находится список IP-адресов и указателей, определяющих следующую точку назначения. Когда устройство в точке назначения получает PATH сообщение, оно определяет, что ему необходимо установить ER-LSP путь на основе объекта запроса метки (LRO – Label Request Object), который находится в PATH сообщении и генерирует RSVP сообщение запроса на резервирование ресурсов для сеанса (RESV). В сообщении RSVP RESV, которое передается отправителю, устройство размещает созданную им метку и отправляет её как объект LABEL. Узел, получивший RESV сообщение, использует метку для отправки всего трафика по этому пути. После того, как путь ER-LSP сформирован, устанавливается TE-туннель. Кроме этого, 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 [7].

Если же запрашиваемая пропускная способность недоступна, отправителю возвращается сообщение PATH Error с кодом 01 (рассмотренным ранее), ошибкой контроля доступа 02 и значением ошибки 0x0002, где 002 – означает «запрашиваемая пропускная способность недоступна». Если же запрашиваемая пропускная способность меньше, чем доступная, то начинается процесс передачи трафика.

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.

Выводы

Выполненный в статье анализ показал, что применяемые в современных телекоммуникационных сетях технологии передачи трафика реального времени не обеспечивают эффективное использование сетевых каналов. 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. В рассмотренных моделях обслуживания IntServ и DiffServ, заявки поступившие в момент, когда в сети наблюдается дефицит канальных ресурсов, получают отказ в обслуживании. Запросы, получившие отказ, могли бы быть обслужены позже, в то время, когда в сети появится требуемая доступная пропускная способность. Однако соответствующие средства в существующих сетях не предусмотрены.

Для повышения используемости каналов телекоммуникационной сети целесообразно использовать буферизацию заявок на передачу потоков реального времени. Реализация этой идеи обеспечит сглаживание потока поступающих заявок и позволит использовать пропускную способность сети более эффективно.

Обоснование применения в сети очередей запросов на передачу потоков реального времени обу-

славливает необходимость решения другой важной задачи, которая состоит в выборе максимального значения длины этих очередей. Возможность буферизации большого количества заявок, с одной стороны, улучшает качество обслуживания пользователей, потому что в этом случае большее число запросов будет обслужено и меньшее количество пользователей получит отказ. С другой стороны, чем больше запросов будет находиться в очереди, тем больше времени пользователям придется ждать обслуживания своих запросов, что негативно повлияет на качество их обслуживания.

Таким образом, дальнейшие исследования в рассмотренной области следует посвятить разработке метода выбора емкости памяти для буферизации запросов на передачу потоков реального времени в телекоммуникационной сети.

Литература

1. Кучерявый, Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. [Текст] / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
2. Куроуз, Дж. Компьютерные сети. 2-е изд. [Текст] / Дж. Куроуз, К. Росс. – СПб.: Питер, 2004. – 765 с.
3. Вегенша, Ш. Качество обслуживания в сетях IP [Текст]: пер. с англ. / Ш. Вегенша. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 386 с.
4. RFC 1633 Integrated Services in the Internet Architecture: an overview [Text]/ IETF, 1994.
5. RFC 3260 An Architecture for Differentiated Services [Text]/ IETF, 1994.
6. RFC 2474 Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) [Text]/ IETF, 1998.
7. RFC 3209 RSVP-TE: Extensions for LSP-tunnels [Text]/ IETF, 2001.

Поступила в редакцию 3.02.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Л. Ляхов, Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАПИТІВ НА ПЕРЕДАЧУ В МЕРЕЖІ ТРАФІКА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

К.О. Польщиков, О.М. Одарущенко, К.М. Любченко

Розглядаються вимоги, які висувуються до передачі трафіку реального часу у телекомунікаційній мережі. Також розглядаються методи і технології забезпечення якісної доставки мультимедійних даних, такі як архітектури інтегрованого обслуговування IntServ та архітектури диференційованого обслуговування DiffServ. Для підвищення використуваності мережних каналів пропонується здійснювати буферизацію запитів на передачу трафіку реального часу. Реалізація цієї ідеї забезпечить згладжування потоку заявок і дозволить використувувати пропускну здатність мережі більш ефективно.

Ключові слова: трафік реального часу, Best Effort, IntServ, DiffServ.

ANALYSIS OF METHODS AND TECHNOLOGIES OF SERVICING THE REQUESTS FOR THE REAL-TIME TRAFFIC TRANSMISSION

K.O. Polschikov, O.M. Odaruschenko, K.M. Lyubchenko

The requirements for the real-time traffic transmission in a telecommunication network are considered. Modern technologies and methods maintaining multimedia traffic's quality of service such as the IntServ architecture of integrated services and differentiated services architecture DiffServ are also examined. It is proposed to increase the network channels' usage by buffering the requests for the real-time traffic transmission. The implementation of this idea will provide smoothing the flow of incoming orders and allows you to use network bandwidth more efficiently.

Key words: real-time traffic, Best Effort, IntServ, DiffServ.

Польщиков Константин Александрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных информационных технологий Донбасской государственной машиностроительной академии, Краматорск, Украина.

Одарущенко Олег Николаевич – канд. техн. наук, доцент, декан факультета информационных и телекоммуникационных технологий и систем Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина.

Любченко Екатерина Николаевна – аспирант кафедры прикладной математики, информатики и математического моделирования Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка, Полтава, Украина.