

## МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОГО КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТЯХ IP

**Аннотация.** На сегодняшний день существуют три основных механизма обеспечения гарантированного качества обслуживания в IP-сетях. Основное внимание в докладе уделяется протоколу RSVP. Кроме того, для полноты картины в докладе также рассматривается технология MPLS.

**Annotaion.** For a present-day day exist three main mechanisms of ensuring a guarantee quality of service in IP-networks. Main attention in the report belongs to RSVP technologies. Besides, for the fullness of picture this report also consider MPLS.

В последнее время качеству обслуживания в IP-сетях стало уделяться все большее внимание. Передача трафика, чувствительного к задержкам, каким является речевой трафик, не допускает значительных задержек и их вариаций. В то же время речевой трафик менее трафика данных чувствителен к потерям. Исследования, проведенные рабочей группой TIPHON института ETSI, показывают, что при потере примерно 3% пакетов качество речи остается удовлетворительным, но уже при 15%, становится неприемлемым для ведения телефонных разговоров. Следовательно, существует необходимость построения IP-сетей с поддержкой гарантированного качества обслуживания, в первую очередь, для передачи речевой информации. 90% провайдеров IP в мире и практически 100% провайдеров в России построили сети IP-телефонии на базе рекомендации ITU-T H.323, в которой рекомендуется использование протокола RSVP для обеспечения гарантированного качества обслуживания.

Протокол RSVP (Resource reSerVation Protocol) является протоколом сигнализации, который обеспечивает резервирование ресурсов для предоставления в IP-сетях услуг эмуляции выделенных каналов. Протокол позволяет системам запрашивать гарантированную пропускную способность такого канала, предсказуемую задержку, максимальный уровень потерь. Но резервирование выполняется лишь в том случае, если имеются требуемые ресурсы. Вначале сеанса отправитель данных передает на индивидуальный или групповой адрес получателя сообщение *Path*, в котором указывает желательные характеристики качества обслуживания трафика - верхнюю и нижнюю границу полосы пропускания, величину задержки и вариации задержки. Сообщение *Path* пересылается маршрутизаторами сети по направлению к получателю данных с использованием таблиц маршрутизации в

узлах сети. Каждый маршрутизатор, поддерживающий протокол RSVP, получив сообщение *Path*, фиксирует определенный элемент “структуры пути” - адрес предыдущего маршрутизатора. Таким образом, в сети образуется фиксированный маршрут. Сообщение *Path* должно нести в себе шаблон данных отправителя (Sender Template), описывающий тип этих данных. Шаблон определяет фильтр, который может отделять пакеты данного отправителя от других пакетов в пределах сессии. Кроме того, сообщение *Path* должно содержать спецификацию потока данных отправителя *Tspec*, определяющую характеристики этого потока, которая используется для предотвращения избыточности резервирования. Шаблон данных отправителя имеет тот же формат, что и спецификация фильтра в сообщениях *Resv*. В зависимости от идентификатора протокола, заданного для сессии, шаблон может специфицировать только IP-адрес отправителя или (но не обязательно) также и UDP/TCP-порт. Приняв сообщение *Path*, его получатель передает к маршрутизатору, от которого пришло это сообщение (т.е. по направлению к отправителю), запрос резервирования ресурсов – сообщение *Resv*. В дополнение к информации *Tspec*, сообщение *Resv* содержит спецификацию запроса (*Rspec*), в которой указываются нужные получателю параметры качества обслуживания, и спецификацию фильтра (*filterspec*), определяющую, к каким пакетам сессии относится данная процедура. Вместе *Rspec* и *filterspec* представляют собой дескриптор потока, используемый маршрутизатором для идентификации каждой процедуры резервирования ресурсов. Когда получатель данных передает запрос резервирования, он может запросить передачу ему ответного сообщения, подтверждающего резервирование. При получении сообщения *Resv* каждый маршрутизатор резервируемого пути, поддерживающий протокол RSVP, определяет, приемлем ли этот запрос, для чего выполняются две процедуры. С помощью механизмов управления доступом проверяется, имеются ли у маршрутизатора ресурсы, необходимые для поддержки запрашиваемого качества обслуживания, а с помощью процедуры режимного контроля (*policy control*) – правомерен ли запрос резервирования ресурсов. Если запрос не может быть удовлетворен, маршрутизатор отвечает на него сообщением об ошибке. Если же запрос приемлем, данные о требуемом качестве обслуживания поступают для обработки в соответствующие функциональные блоки (способ обработки параметров QoS маршрутизатором в протоколе RSVP не определен), и маршрутизатор передает сообщение *Resv* следующему маршрутизатору. Когда последний маршрутизатор получает сообщение *Resv* и выясняет, что запрос приемлем, он передает подтверждающее сообщение получателю данных. После окончания вышеописанной

процедуры ее инициатор начинает передавать данные, и на их пути к получателю будет обеспечено заданное QoS.

Технология многопротокольной коммутации по меткам MPLS (*MultiProtocol Label Switching*), разработанна Комитетом IETF и благодаря усилиям компаний, заинтересованных в скорейшем продвижении этой технологии на рынке, MPLS превратилась в стандарт Internet. В обычных IP-сетях любой маршрутизатор, находящийся на пути следования пакетов, анализирует заголовок каждого пакета, чтобы определить, к какому потоку этот пакет относится, и выбрать направление для его пересылки к следующему маршрутизатору. При использовании технологии MPLS соответствие между пакетом и потоком устанавливается один раз, на входе в сеть MPLS. Более точно, соответствие устанавливается между пакетом и так называемым «классом эквивалентности пересылки» FEC (Forwarding Equivalence Class); к одному FEC относятся пакеты всех потоков, пути следования которых через сеть совпадают. С точки зрения выбора ближайшего маршрутизатора, к которому их надо пересылать, все пакеты одного FEC неразличимы. Пакеты снабжаются метками – идентификаторами небольшой и фиксированной длины, которые определяют принадлежность каждого пакета тому или иному FEC. Метка имеет локальное значение: она действительна на участке между двумя соседними маршрутизаторами, являясь исходящей меткой определенного FEC для одного из маршрутизаторов и входящей – для второго. Второй маршрутизатор, пересылая пакет этого FEC к следующему маршрутизатору, снабжает его другой меткой, которая идентифицирует тот же FEC на следующем участке маршрута, и т.д., т.е. каждый FEC имеет свою систему меток. Использование меток значительно упрощает процедуру пересылки пакетов, так как маршрутизаторы обрабатывают не весь заголовок IP-пакета, а только метку, что занимает значительно меньше времени. Простейшая MPLS-сеть, содержит маршрутизаторы двух типов: пограничные (Label Edge Routers – LER) и транзитные (Label Switching Routers - LSR). По отношению к любому потоку пакетов, проходящему через MPLS-сеть, один LER является входным, а другой LER - выходным. Входной LER анализирует заголовок пришедшего извне пакета, устанавливает, какому FEC он принадлежит, снабжает этот пакет меткой, которая присвоена данному FEC, и пересылает пакет к соответствующему LSR. Далее, пройдя, в общем случае, через несколько LSR, пакет попадает к выходному LER, который удаляет из пакета метку, анализирует заголовок пакета и направляет его к адресату, находящемуся вне MPLS-сети. Последовательность маршрутизаторов ( $LER_{вх}$ ,  $LSR_1, \dots, LSR_n$ ,  $LER_{вых}$ ), через которые проходят пакеты, принадлежащие одному FEC, образует

виртуальный тракт LSP, коммутируемый по меткам, (Label Switched Path). Механизм MPLS предусматривает два способа пересылки пакетов. При одном способе каждый маршрутизатор выбирает следующий участок маршрута самостоятельно, а при другом заранее задается цепочка маршрутизаторов, через которые должен пройти пакет. Второй способ основан на том, что маршрутизаторы на пути следования пакета действуют в соответствии с инструкциями, полученными от одного из LSR данного LSP (обычно - от нижнего, что позволяет совместить процедуру “раздачи” этих инструкций с процедурой распределения меток).

#### Сравнение и взаимодействие протоколов RSVP и MPLS

В отличие от протокола RSVP, протокол MPLS работает только на маршрутизаторах и не управляется приложениями. MPLS является во многом протоколом «конструирования трафика», а не протоколом обеспечения качества обслуживания. Маршрутизация MPLS используется для образования виртуальных каналов в IP-сетях, причем предполагается, что для этих каналов выделяются определенные ресурсы маршрутизаторами сети. Способ резервирования и поддержки качества обслуживания остается за пределами протокола MPLS. Например, резервирование может осуществлять как администратор, так и протокол RSVP. Основное отличие MPLS от RSVP состоит в обеспечении сквозного пути передачи потока. При этом отдельные потоки можно объединять в классы, что позволяет добиться высокой масштабируемости и согласованного управления трафиком. Классифицируя потоки трафика, протокол MPLS создает эффективный «канал» для этих потоков. Для того чтобы обеспечить эти каналы качеством обслуживания, лучшим, чем в соответствии с принципом best effort, трафик этих виртуальных каналов не должен превосходить пропускную способность сети. Протокол MPLS не содержит механизмы определения потребностей в пропускной способности потоков и назначения необходимых ресурсов для выделенного использования, тогда как эти механизмы входят в состав протокола RSVP. В настоящее время существует предложение использовать в протоколе RSVP объект «explicit route» для направления переключаемых на основе меток потоков RSVP по predetermined маршрутам. Эти потоки будут использовать виртуальные каналы, установленные в MPLS-маршрутизаторах (LSR). Кроме того, можно сделать так, чтобы MPLS назначал метки в соответствии со спецификацией потока RSVP. Преимущества будут заключаться в том, что, имея указания в виде меток MPLS, маршрутизаторы могут не заниматься поддержкой состояния RSVP. Использование RSVP на границе сети и MPLS в магистральном сегменте может оказаться удачным решением проблемы обеспечения гарантированного качества обслуживания.