

КАЧЕСТВО СЕРВИСА В МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЯХ

Алексей Шереметьев

Содержание понятия «качество сервиса» (QoS)

Архитектура QoS

Сетевые решения по обеспечению требуемого качества сервиса

Управление качеством сервиса

Все более актуальным становится корпоративное использование Интернета для удаленного доступа к данным, информационного поиска, обмена электронными сообщениями и других применений. Сервис-провайдеры отмечают огромный потенциал Интернета при работе с корпоративными клиентами, который еще не реализован. Стремление к объединению сетей разной природы стимулирует построение мультисервисных сетей. Все это приводит к появлению новых комплексных приложений с высокими требованиями к пропускной способности сети и ее интеллектуальности, то есть способности гибко и качественно обрабатывать разнотипный трафик (данные, голос, видео) с целью максимально эффективного использования существующей полосы пропускания и предоставления требуемого качества сервиса клиентам и приложениям.

В данной статье рассматриваются наиболее общие вопросы построения и управления сетью на основе требований к качеству сервиса (QoS). Причем все это в равной мере относится и к корпоративным сетям, и к Интернету — независимо от выбранной сетевой технологии (ATM, Frame Relay или SONET).

СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЯ «КАЧЕСТВО СЕРВИСА» (QoS)

По мнению экспертов, QoS может стать «водоразделом» между поставщиками сервисных служб. Однако соглашение по ключевым составляющим и понятиям, относящимся к сервисным службам, — важная предпосылка для формирования стандартизованных сервисных предложений — все еще не достигнуто.

Например, сам термин QoS часто неправильно используется даже людьми, профессионально занимающимися сетевыми технологиями, то есть QoS рекламируется как набор функций, определяющих класс обслуживания (class of service, CoS).

Попробуем внести некоторую ясность: термин «класс обслуживания» определяет более или менее стандартизованный набор функций, характеризующих определенную службу (service) или набор служб (service package). «Качество сервиса» (quality of service, QoS) — более точный термин, в основном используемый для определения набора измеряемых параметров сервиса. В IP-сети QoS может представляться, например, производительностью передачи IP-пакетов через одну или большее число сетей.

Кроме задач по увеличению производительности и надежности сетей, поставщики сетевых сервисов стремятся к предоставлению пользователю «сквозного» (end-to-end), гарантируемого качества сервиса для передачи различных типов данных, включая видео, мультимедиа и голос.

В качестве первого шага к достижению поставленной цели необходимо определение небольшого набора измеряемых параметров, характеризующих качество сервиса и возможности поставщиков сетевых сервисов — сервис-провайдеров. Рассмотрим эти параметры:

- готовность предоставляемого сервиса (service availability). Определяет надежность соединений пользователей с сервис-провайдером;
- задержка (delay). Характеризует интервал между приемом и передачей пакетов;
- вариация, или флуктуация, задержки (jitter). Параметр, описывающий возможные отклонения от времени задержки при передаче пакетов;
- производительность, или пропускная способность (throughput) — скорость передачи пакетов в сети; выделяют среднюю (average rate) и пиковую (peak rate) скорости;
- скорость потери пакетов (packet loss rate) — максимальная скорость, на которой пакеты могут быть отвергнуты во время передачи по сети; потеря пакетов обычно происходит вследствие перегрузок сети (congestion).

Итак, важной частью будущих сетей должны стать механизмы повышения качества сервиса сети.

Задача заключается в том, чтобы обеспечить на всем протяжении сети, независимо от ее масштабов и используемых протоколов, гарантированную доставку данных в рамках определенных фиксированных параметров передачи. Такими параметрами являются готовность предоставляемого сервиса, задержка, вариация задержки, пропускная способность и скорость потери пакетов (или ячеек в случае ATM-сетей).



АРХИТЕКТУРА QoS

Предоставление провайдерами гарантированных служб доставки различных данных возможно только на базе сетей, поддерживающих QoS и обладающих возможностями для конфигурирования, управления и поддержания требуемой эффективности сети.

Известны две архитектуры QoS — на базе интегрированных служб (Integrated Services Architecture, Int-Serv) и на базе дифференцированных служб (Differentiated Services Framework, Diff-Serv), — определяемые в настоящее время IETF.

Int-Serv ориентирована на периферийное сетевое оборудование. Более масштабируемая, чем Int-Serv, архитектура Diff-Serv используется в магистральной части глобальных сетей и играет ключевую роль в сетях сервис-провайдеров. Рассмотрим архитектуры QoS более подробно.

Модель с интегрированными службами (Int-Serv) была определена в RFC 1633 совместно с протоколом резервирования ресурсов (RSVP) в качестве рабочего сигнального протокола. Этот протокол используется с целью резервирования ресурсов для каждого потока, нуждающегося в определенном качестве сервиса, в маршрутизаторах сети на основе «сквозных» параметров сигнализации.

Универсальность — ключевой аспект архитектуры Int-Serv — требует определения «сквозных» параметров сигнализации и поддержания «мягкого» состояния потока (per-flow soft state) в каждом маршрутизаторе на всем пути. «Мягкость» состояния определяется временным характером резервируемого ресурса и необходимостью периодических обновлений с помощью RSVP-сообщений. Другие аспекты касаются вопросов разрешения и управления приоритетами запросов о резервировании ресурсов, а также решения проблемы резервирования в случае отсутствия поддержки протокола сигнализации некоторыми устройствами сети.

Модель с интегрированными службами (Int-Serv) для архитектуры IP QoS определяет три класса обслуживания:

- **Гарантируемое обслуживание** (guaranteed service) характеризуется гарантированной пропускной способностью и фиксированной задержкой (определено в документе RFC 2212).
- **Максимально доступное качество** (best-effort) — служба, предоставляющая качество сервиса, сравнимое с тем, что в настоящее время обеспечивает Интернет при различных степенях загрузки сети (от небольшой до критической).
- **Контролируемая загрузка** (controlled load service) адаптирует службу с максимально доступным качеством к сетям с небольшой загрузкой (определена в документе RFC 2211).

Наиболее вероятным местом поддержки модели Int-Serv станет периферия сети, где потоки могут управляться на пользовательском уровне. И здесь особенно важной может стать поддержка протокола резервирования ресурсов и QoS-возможностей компанией Microsoft в Windows 98 и NT 5.0.

Diff-Serv — относительно новая рабочая группа IETF, которая определила более масштабируемую архитектуру IP QoS для применения в сетях поставщиков сетевых услуг и магистральных сетях. В Diff-Serv по сравнению с ранее рассматриваемой архитектурой акцент в большей степени сделан не на сигнализации, а на способах обработки потоков в каждом участке сети на основе определенных классов. Потоки согласно предопределенным правилам классифицируются таким образом, что множество прикладных потоков объединяется в ограниченный набор классифицированных потоков. Трафики, входящие в сетевой домен через периферийный маршрутизатор (ER), сначала классифицируются, затем передаются через транзитные маршрутизаторы (TR) сети (рис. 1), где поочередно обрабатываются в соответствии с присвоенным классом.

Восьмиразрядное поле типа сервиса (ToS) в IPv4 используется для уведомления нисходящих (downstream) маршрутизаторов о требуемом уровне обслуживания каждого принятого пакета. В Diff-Serv это поле переименовано в поле «дифференцированные услуги» (Differentiated Services, DS). Diff-Serv берет управление ToS-полем и отводит ему такую простую роль, что производители сетевого оборудования смогут разрабатывать конфигурируемое QoS-оборудование, способное интерпретировать битовую комбинацию данного поля для управления поведением передаваемого потока.

Diff-Serv определяет также архитектурные особенности, обеспечивающие функции QoS за пределами сетевого домена (рис. 2).

Модель Diff-Serv более масштабируема, чем Int-Serv, потому что управляет агрегированными потоками и минимизирует затраты на сигнализацию, избегая, таким образом, сложностей определения «мягких» состояний потока в каждом узле.

Однако, вероятно, найдутся домены, где Int-Serv и Diff-Serv будут сосуществовать, поэтому необходима разработка правил их взаимодействия на границах. Эти правила должны будут определить способы преобразования индивидуальных потоков в классифицированные потоки для транспортировки через домен Diff-Serv.

Наиболее логично переложить ответственность за привязку трафика к классам на пользователя, однако в некоторых ситуациях при изменении границ домена сервис-провайдеры могут выполнять эту роль от его имени.

Diff-Serv создает основу для IP QoS, но самостоятельно не представляет собой полностью законченную архитектуру QoS.

В общем, Diff-Serv ведет себя как «облегченный» механизм сигнализации между границами домена и сетевыми узлами, неся информацию о классе обслуживания пакетов.

Требуется дополнительно определить:

1. Набор кодов DS-поля.
2. Количественные описания производительности атрибутов классов обслуживания.
3. Механизм для эффективного агрегирования множества трафиков в транзитных маршрутизаторах.
4. Функции SLA.
5. Способы привязки CoS IP к ATM QoS.
6. Средства управления.

СЕТЕВЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА СЕРВИСА

На рис. 3 показано прохождение потоков по IP-сети через механизм формирования очередей в каждом узле. Очереди формируются в каждом исходящем интерфейсе, и в лучшем случае имеется выделенная очередь для каждого класса трафика.

Транзитные маршрутизаторы обслуживают очереди на интерфейсах вывода (output interfaces).

Механизмы управления сетью по заданным правилам не используются, так как трафик поступает только из надежных источников.

Основываясь исключительно на метках DS-поля, трафик привязывается к очереди класса (class queue) в соответствующем исходящем интерфейсе (outgoing interface). Механизмы управления трафиком в исходящих очередях, воздействуя на каждую очередь, определяют четкие правила поведения каждого класса. Ключевые функции — распределение выходной полосы пропускания и управление механизмами отбрасывания пакетов при возникновении перегрузки.

Периферийные маршрутизаторы имеют те же возможности, что и транзитные, но в отличие от последних используют управление на основе заданных правил для отслеживания соглашений провайдеров с пользователями на уровень предоставляемых услуг, классификации и пометки трафика на входящем интерфейсе. Скорость входящих пакетов может быть измерена для каждого класса с целью согласования с услугами SLA. В большинстве случаев проверяется средняя скорость в определенные периоды времени для минимизации эффектов резкого увеличения объемов передаваемого трафика (bursty).

Механизмы формирования и обслуживания очередей в маршрутизаторах и коммутаторах играют жизненно важную роль в обеспечении качества сервиса. Наиболее широко известны следующие механизмы:

- «Первым вошел, первым вышел» (First-In First-Out, FIFO) — обслуживание в порядке поступления пакетов — наиболее простой для реализации подход. Однако при использовании данного механизма пакет с высоким приоритетом может долго ждать своей очереди.
- «Строгий учет приоритетов» (Strict priority scheduling) — обслуживание пакетов определенного класса производится лишь в том случае, когда отсутствуют очереди пакетов более высокого класса. Механизм прост для реализации, но может возникнуть проблема, связанная с задержкой пакетов всех классов, кроме одного.
- «Честное формирование очередей» (Fair Queuing, или Round Robin (RR)) — реализация механизма выбора из множества очередей. Позволяет эффективно распределять полосу пропускания между различными очередями. Одна из основных проблем данного механизма заключается в том, что потоки с длинными пакетами могут захватывать значительную часть доступной полосы пропускания.
- «Взвешенное честное формирование очередей» (Weighted-Fair Queuing, WFQ) — усовершенствование механизма честного формирования очередей. В этой схеме каждой очереди присваивается вес, который определяет ширину используемой полосы пропускания.
- «Формирование очередей на основе классов» (Class-based Queuing) — используется несколько очередей, соответствующих различным классам трафика. Возможно применение различных методов обслуживания или планирования очередей.
- «Формирование очередей на основе иерархии классов» (Hierarchical Class Based Queuing, CBQ) — трафик разделяется на классы, каждый класс, в свою очередь, может иметь подклассы. Такая иерархия хорошо описывается с помощью деревьев. Если подклассу требуется больше выделенной ему полосы пропускания, то он сначала пробует заимствовать дополнительную полосу у своих дочерних подклассов. Такая схема может использоваться для обработки различных типов трафика на множестве иерархических уровней.

При построении сети возникает комплекс проблем, при решении которых важную роль играет вопрос обеспечения необходимого качества сервиса. После выполнения мероприятий по планированию, разработке и стандартизации сеть должна быть в состоянии функционировать на различных

аппаратных и программных платформах, включая устройства предыдущего поколения и смешанные технологии, с требуемым качеством сервиса. Рассмотрим некоторые практические рекомендации, полезные при построении сети.

Маршрутизирующие коммутаторы, способные обрабатывать и передавать пакеты на скорости физического соединения, как будто специально предназначены для предоставления IP QoS. Однако при выборе маршрутизатора должны быть рассмотрены и другие, не менее важные для обеспечения гарантированного качества сервиса аспекты:

- Маршрутизаторы и коммутаторы должны обладать требуемым уровнем надежности. Цель состоит в том, чтобы достигнуть так называемых пяти «девяток» (99,999%) надежности.
- Поддержка гибких механизмов QoS. Оборудование должно поддерживать по меньшей мере четыре очереди (класса обслуживания) на интерфейс с возможностью настройки алгоритмов отбрасывания пакетов (discard algorithms) и строгого учета приоритетов, которые могут быть выбраны независимо для каждой очереди. Желательна реализация таких алгоритмов, как RED, WFQ и strict priority, для создания широкого набора классов обслуживания.
- Поддержка конфигурируемых механизмов QoS. Оборудование, поддерживающее QoS, должно обеспечивать отображение значения DS-поля в классы, определяемые пользователем. Ограниченные возможности средств конфигурирования устройств могут отрицательно сказаться на дальнейшем развитии служб обеспечения качества сервиса.
- Управление сетью по заданным правилам. По мере роста сложности обслуживания сетей с разными параметрами QoS необходима их строгая проверка на совместимость. Механизм управления пакетами типа Token bucket и ему подобными может быть критически важным для IP QoS, так как позволяет согласовывать скорость поступления трафика с классами обслуживания.
- Сбор статистики. Оборудование QoS должно поддерживать широкий набор средств, которые могут быть должным образом сконфигурированы для организации сбора статистики по интерфейсам. Эта информация очень важна для планирования и управления трафиком.

По мере развития услуг QoS-маршрутизаторы должны обрабатывать на скорости передачи физического соединения большое число пакетов длиной — в самом худшем случае — 40 байтов. Однако не все существующие маршрутизаторы, продолжающие функционировать в сети, смогут справиться с возрастающей нагрузкой, и это потенциально может ограничить возможности по предоставлению качественного сервиса. В архитектуре Diff-serv, основанной на оценке поведения пакетов на каждом участке маршрута, уровень качества сервиса (QoS) будет определяться производительностью наименее мощного маршрутизатора.

Возможное решение состоит в том, чтобы оставить существующим маршрутизаторам предоставление качества сервиса на уровне их максимальных возможностей (best-effort), а чувствительный к задержкам трафик направлять в обход их. Например, при наличии устройств ATM в параллель с IP-маршрутизаторами можно направлять трафик с высокими требованиями к QoS по виртуальным каналам ATM с соответствующими атрибутами QoS.

Другая возможность — обновление существующего парка устройств новым поколением высокопроизводительных маршрутизаторов.

Рассматривая вопросы построения сети, важно кратко описать роли ATM-коммутаторов и IP-маршрутизаторов, определить, где и когда они могут использоваться наиболее эффективно. Сетевые решения по обеспечению передачи IP-трафика с требуемым уровнем качества могут сильно различаться в зависимости от возможностей сервис-провайдеров и решаемых ими задач. При детальном анализе обнаруживается, что каждое сетевое решение имеет собственные достоинства и недостатки, так что предлагаемый универсальный вариант организации сети практически никогда не будет оптимальным с точки зрения требований конкретных пользователей, однако полезен для рассмотрения некоторых общих критериев, влияющих на процесс принятия решения.

На рис. 4 представлен вариант сети на основе IP-маршрутизаторов и ATM-коммутаторов в магистральной IP-сети, показывающий, что любая технология — а в некоторых случаях их конгломерат — допустима для принятия правильного сетевого решения.

Учет следующих факторов поможет разработчику сетевых проектов сделать правильный выбор:

- существующая сетевая инфраструктура;
- уровень приемлемого риска;
- возможности используемых продуктов;
- объем планируемого для передачи IP-трафика и скорость его возможного прироста.

Для проектировщика всегда будет существовать выбор: применять уже апробированную технологию на основе стандартов или использовать частные, но, возможно, более подходящие решения.

И тот и другой подходы связаны с риском. Например, выбирая новую технологию или оборудование, проектировщик повышает степень риска, но может значительно выиграть от большей конкурентоспособности решения по сравнению со стандартными вариантами, предлагаемыми поставщиками услуг.

Другой важный фактор, который необходимо учитывать, — относительное количество IP-трафика в сети. Если процент IP-трафика небольшой и желательно использовать одну и ту же сеть для всех

видов данных (голоса, видео), то технология ATM является наиболее предпочтительной. Необходимость в более сложных решениях возникает при построении IP-сетей, обслуживающих бизнес-приложения. В этом случае требуется особенно внимательный анализ рисков, оценка времени, необходимого для развертывания сети, и стартовых вложений.

Возвращаясь к техническим вопросам построения сети, важно отметить, что имеется две основные области применения ATM- и IP-оборудования (в том числе и с точки зрения предоставления требуемого уровня сервиса) — это обработка трафика на границе сети и на магистрали. Модель, представленная здесь, позволяет реализовать архитектуру Diff-Serv на основе как технологии ATM, так и IP.

Технология IP может легко использовать быстрдействие и эффективность оборудования ATM в ядре сети. Пакеты переменной длины преобразуются в ячейки фиксированной длины с использованием уровней адаптации ATM (ATM adaptation layers, AAL). Как уровни адаптации, так и коммутация ячеек с одного виртуального канала на другой в основном выполнены на аппаратных средствах. На рис. 5 показано решение на базе граничных маршрутизаторов, направляющих IP-трафик через выходные ATM-интерфейсы в ядро сети на ATM-коммутаторах.

Многопротокольная коммутация меток (MPLS) может быть реализована на ATM-оборудовании без изменений в аппаратной части. Поддержка MPLS на ATM-коммутаторе означает, что операция коммутации осуществляется с помощью модуля коммутации меток на основе как протоколов OSPF, BGP и PIM, так и UNI и PNNI. RSVP — один из методов распределения QoS-ресурсов в IP-сети.

Более крупномасштабные действия по управлению QoS могут быть осуществлены с помощью протокола распределения меток (Label Distribution Protocol, LDP). Такой протокол соответствует типу дифференцированных услуг. LDP обеспечивает вышестоящее относительно потока передачи данных устройство с идентификатором виртуального канала/виртуального пути (VCI/VPI) значением CoS.

VPI/VCI используется как метка, а требования к QoS сообщаются через LDP на основе полученных предыдущих IP-пакетов со значениями CoS в заголовке.

Обработка IP- и ATM-трафика будет основана на общей архитектуре управления трафиком, некоторые вопросы которой еще рассматриваются, например поддержка механизмов MPLS/ATM для предотвращения циклов.



УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕРВИСА

Управление QoS — нетривиальная задача, особенно когда необходимо конфигурирование большого числа очередей на каждом интерфейсе и выполнение требований, определяемых пользователем.

Управление сетью по заданным правилам — подход к решению этой сложной задачи.

Различают три фазы прохождения потока пакетов через сетевой домен: вход, пересылка и выход.

Сетевой оператор, обслуживающий заказчика, или сервис-провайдер, должен быть в первую очередь озабочен тем, как трафик входит в домен — обычно через граничный маршрутизатор. Этот маршрутизатор применяет механизмы управления трафиком для согласования параметров трафика между сервис-провайдерами на каждой стороне границы домена.

Сетевой оператор также должен внимательно отслеживать процесс передачи трафика внутри домена и выход трафика из домена. Таким образом, в каждой фазе прохождения потока через домен пакеты могут сталкиваться с множеством механизмов управления трафиком: фильтрацией, классификацией, заданными правилами и т.д., — что, несомненно, оказывает влияние на качество предоставляемого сервиса. Рассмотрим механизмы управления более подробно.

После входа в домен пакет может анализироваться несколькими способами, не все из которых необходимы для различных типов трафика. На рис. 6 приведены два примера передачи трафика между частной виртуальной сетью (VPN) пользователя и сетью сервис-провайдера.

На рис. 6а пользователь управляет маршрутизатором доступа в глобальную сеть, формируя трафик для передачи. Пакеты классифицируются и маркируются с использованием DS-поля в соответствии с согласованными с провайдером правилами, что позволяет последнему объединять индивидуальные потоки из Int-Serv-областей. В этом случае граничный маршрутизатор провайдера контролирует выполнение пользователем согласованных параметров.

На рис. 6б маршрутизатором пользователя управляет сервис-провайдер. В этом случае провайдер сетевого сервиса может формировать для передачи трафик на основе как собственных, так и определяемых пользователем правил. Конечно, этот вариант совместной деятельности зависит от уровня доверия между сторонами. Кроме того, в этом случае подключение сети пользователя к маршрутизатору поставщика услуг возможно по протоколу Ethernet вместо использования интерфейсов глобальных сетей, как это требуется в примере на рис. 6а. Это позволяет пользователю классифицировать трафик, используя механизм установления приоритетов Ethernet 802.1p, а поставщику сетевого сервиса привязывать установленные приоритеты к DS-полю пакета согласно правилам в SLA.

Для трафика, выходящего из домена, обычно применяют механизмы фильтрации. Необходимость фильтрации исходящего трафика может определяться требованиями как защиты, так и

предотвращения блокировки линии низкоприоритетным трафиком. Например, стратегия фильтрации может быть использована для ограничения объемов некоторого трафика, чтобы критически важный трафик получил приоритет над менее значимым. Фильтрация может также потребоваться для обеспечения безопасности и блокирования несанкционированного трафика.

Фильтрация должна выполняться устройством сервис-провайдера. В противном случае несанкционированные пользователи могут «заполнить» линию, не давая зарегистрированным пользователям возможности работать. Таким образом, на рис. 6а и 6б фильтрация выполняется на периферийном маршрутизаторе. Процедура пересылки IP-трафика в этом случае отличается от передачи по классической схеме тем, что трафик обрабатывается неравномерно из-за того, что пакеты более высокого класса на каждом участке маршрута выделяются и обрабатываются первыми. Сеть, построенная на основе модели Diff-Serv, определяет стандартный набор классов для передачи через домен. Количество классов может со временем расти, но число предоставляемых услуг SLA меняется мало. Весь трафик внутри сети обрабатывается как стандартизованный набор классифицированных потоков. Обслуживание пользователей производится по-разному в соответствии с заключаемым контрактом между пользователем и сервис-провайдером на объем и уровень предоставляемого сервиса. Типичными параметрами, определяемыми пользователем, могут быть пропускная способность на класс, цена, штрафные санкции, фильтрация и т.д.

Трафик, входящий в домен Diff-Serv, должен быть классифицирован для обработки внутри сети. Соответствующая метка ставится или оборудованием пользователя, или первым периферийным маршрутизатором поставщика сетевого доступа (рис. 6). Трафик пользователя может классифицироваться периферийным маршрутизатором сервис-провайдера на основе множества критериев в широком диапазоне: от использования множества схем приоритезации до анализа трафика на уровне приложений. При этом необходимо отметить, что механизмы криптозащиты типа шифрования и IPSec в некоторых случаях не позволят произвести анализ и классификацию трафика на уровне приложений.

Управление сетью по заданным правилам осуществляется на основе классификатора (для классифицированного трафика), токена (для отслеживания уровней входного трафика каждого класса) и маркера (для идентификации или понижения приоритета трафика, не соответствующего заданному уровню обслуживания). На рис. 7 представлена функциональная модель QoS, включающая сегмент управления по заданным правилам.

Трафик на интерфейсах вывода сначала классифицируется и затем помещается в соответствующую выходную очередь. Каждая очередь будет иметь выбираемые пользователем алгоритмы отбраковки пакетов, такие как случайное раннее обнаружение (Random Early Detection, RED) или отбрасывание хвостовых пакетов (tail-drop), настраиваемых под требования класса. Каждая очередь будет также иметь программируемые механизмы планирования для выполнения алгоритмов типа WFQ, RR и строгого учета приоритетов. Эти алгоритмы также настраиваются в соответствии с требованиями класса.

На рис. 8 показано, как очереди позволяют адаптировать скорость приема трафика к скорости интерфейса вывода.

Кроме того, для того чтобы приспособить различные требования классов к производительности и задержкам, настраивается также длина очереди. Однако здесь необходим компромисс. Короткие очереди могут быстро переполнять буфер, но обеспечивают наименьшую задержку. Более длинные очереди позволяют лучше управлять интенсивным трафиком и обеспечивают нужную производительность, но задержка, соответственно, значительно больше.

Фактически управление по заданным правилам, решая вопросы обеспечения QoS, расширяет возможности сервис-провайдера по управлению сетевыми ресурсами. Появляется возможность мониторинга используемой полосы пропускания на основе динамически меняющихся факторов, таких как время суток, приоритет приложения, состояние сети.

Управление по заданным правилам используется для определения и динамического мониторинга поведения трафика в пределах сетевого домена. Управление по заданным правилам напоминает подход к программированию, основанный на визуальных средствах разработки. Практически создается независимая от устройств программа, которая проверяется на отсутствие ошибок и компилируется в инструкции, исполняемые сетевыми устройствами.

Различные сетевые устройства могут иметь эквивалентные наборы средств управления трафиком, но разные параметры для настройки на конкретные задачи управления. Однако при наличии различных уровней управления возрастает сложность устройств. В некоторых случаях может оказаться достаточно небольшого общего набора возможностей управления по заданным правилам.

Таким образом, управление по заданным правилам является средством глобального управления в сетевом домене, позволяющим контролировать конфигурацию сетевых устройств, предоставляющих различное качество сервиса для передачи трафика.

Управление по заданным правилам включает пять функций:

- редактирование правил;
- проверку установленных параметров и разрешение конфликтов;

- генерацию правил;
- распространение правил;
- усовершенствование правил.

Редактирование используется администратором сети для определения управления по заданным правилам и заказываемых пользователем услуг.

Услуги пользователям (в основном SLA) должны интерпретироваться в инструкции сетевых правил вручную или автоматически с использованием сервисных шаблонов системы управления.

Сформированные правила должны быть проверены на ошибки и потенциальные конфликты перед генерацией и распространением команд на сетевые устройства.

Система управления на основе заданных правил должна быть устойчива к отказам, иметь единую консоль управления и обладать хорошей степенью защиты.

Итак, важнейшей частью современных мультисервисных сетей должны стать технологии предоставления требуемого качества сервиса (QoS), чтобы на всем протяжении сети, независимо от ее размеров и используемых протоколов, обеспечить гарантированную доставку данных в рамках определенных фиксированных параметров передачи, таких как высокая готовность предоставляемого сервиса, фиксированная задержка, вариация или флуктуация задержки, высокая пропускная способность и низкий уровень потери пакетов или ячеек.

Основой системы обеспечения качества могут стать две архитектуры QoS — на базе интегрированных и на базе дифференцированных служб, ориентированные соответственно на периферийное сетевое оборудование и магистральные устройства глобальных сетей.

Сетевые решения по обеспечению качества сервиса могут сильно различаться в зависимости от задач, решаемых сервис-провайдерами. Анализ сетевых решений показывает, что каждое предложенное решение имеет собственный комплекс достоинств и недостатков, так что оптимальных решений для всех случаев, скорее всего, не существует.

Управление QoS является достаточно сложной задачей для сетевого оборудования, и поддержка множества механизмов управления трафиком типа фильтрации, классификации и заданных правил, несомненно, может оказать большое влияние на качество предоставляемого сервиса.