

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В МУЛЬТИПРОТОКОЛЬНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Обухова Виктория Вадимовна, окончила кафедру металлургии стали и ферросплавов Московского института стали и сплавов (НИТУ МИСЦ) по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств». Ведущий инженер-программист ОАО «НИИАА». Имеет статьи в области проектирования телекоммуникационных систем. [e-mail: obuhovavictory@gmail.com].

Аннотация

В статье рассмотрена организация дифференцированного обслуживания в стандартной IP-сети и мультипротокольной телекоммуникационной сети. Проведен обзор обработки трафика на пограничном и магистральном узлах в домене дифференцированных служб стандартной IP-сети и предложено применение стандартной обработки трафика в мультипротокольной телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: дифференцированное обслуживание, согласование трафика, управление очередями, обслуживание очередей.

Совершенствование телекоммуникационной сети (ТКС), используемой в качестве транспортной системы в составе специализированной автоматизированной системы управления (АСУ), должно производиться с учетом необходимости обеспечения непрерывности функционирования самой АСУ, поэтому проектируемая ТКС должна быть интегрирована с эксплуатируемой ТКС. Совместимость проектируемой и эксплуатируемой ТКС в этом случае обеспечивается путем использования технологий передачи данных как по аналоговым, так и по цифровым каналам связи, что позволяет сохранить объем предоставляемых услуг для абонентов эксплуатируемой ТКС и предоставить спектр услуг современного уровня для абонентов проектируемой ТКС [1]. Такой подход обеспечивает возможность передачи в проектируемой ТКС разнородного IP-трафика (трафика данных и потокового – речи, видео в режиме реального времени), а также специального трафика (спец-трафика), инкапсулированного в IP-пакеты. При этом проектируемая ТКС должна функционировать как мультипротокольная ТКС, обеспечивая передачу различных трафиков с учетом требований, предъявляемых к качеству обслуживания каждого из видов трафика.

Для обеспечения качества обслуживания трафиков в мультипротокольной ТКС наиболее приемлемым вариантом является использование дифференцированных служб (Differentiated Services, далее – ДС) управления трафиком, разработанных комитетом IETF (Internet Engineering Task Force) и описанных в RFC 2475 [2].

Главной особенностью ДС является гибкая архитектура, позволяющая разработать широкий спектр политик обслуживания различных видов IP-трафика и спец-трафика.

Механизм функционирования ДС позволяет предоставлять различные уровни качества обслуживания разным типам трафика. Поток трафика согласно predetermined правилам классифицируется таким образом, что множество прикладных потоков объединяются в ограниченный набор потоков, называемых классами. Управление потоками представляет собой совокупность механизмов, управляющих доступом к сетевым ресурсам и обеспечивающих согласование параметров сети и пользовательского трафика [3].

Простота реализации и эффективность ДС обеспечиваются следующими характеристиками функционирования ДС:

- встроенный механизм агрегирования пакетов;
- одинаковая обработка сетевой службой трафика с одинаковым полем кода дифференцированной услуги в заголовке IP-пакета;
- индивидуальная обработка каждого пакета на маршрутизаторе (соответственно отсутствует необходимость сохранения информации о состоянии потоков пакетов на маршрутизаторе);
- измерение производительности каждого класса трафика (например, ожидаемая пропускная способность, вероятность отбрасывания пакета, задержка, ограничения в точках предоставления услуги и другие).

Рассмотрим организацию дифференцированного обслуживания в IP-сети на примере домена ДС, являющегося частью ТКС, в которой реализован непротиворечивый набор политик предоставления дифференцированных услуг. Домен ДС состоит из непрерывного множества связанных друг с другом маршрутизаторов. Маршрутизаторы в домене ДС представляют собой либо пограничные, либо магистральные узлы. Тип конфигурации домена ДС, обеспечивающий непротиворечивое обслуживание, представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Домен дифференцированных служб

Пограничные узлы выполняют основную обработку поступающего трафика, а именно классификацию трафика, измерение соответствия заданным требованиям, маркирование пакетов и формирование трафика. Также пограничные узлы определяют дальнейшую работу с пакетом на магистральном узле. Магистральные узлы обладают минимальной функциональностью: выполняют перенаправление пакетов по выбранной пограничным узлом методике.

Пограничные узлы реализуют сложные механизмы согласования, необходимые для предоставления требуемой услуги. Схема согласования трафика на пограничном узле представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема согласования трафика на пограничном узле

Функция согласования трафика разделена на следующие этапы:

- классификация – разделение поставляемых пакетов на различные классы на основе значения поля DS или на основе нескольких полей заголовка пакета;
- измерение трафика на предмет соответствия гарантированному уровню обслуживания класса;
- маркирование – управление трафиком, при необходимости, маркирование пакетов заново различными кодами;
- формирование – управление трафиком, при котором поток пакетов данного класса не превышает скорости трафика, указанного в профиле данного класса;
- отбрасывание пакетов, если скорость пакетов данного класса превышает скорость, указанную в профиле данного класса.

Механизм согласования трафика работает следующим образом. После того как выполнена классификация потока и определен уровень предоставляемых услуг для данного потока, производится измерение размера потребляемых ресурсов. Для этого на этапе измерения определяется суммарный объем пакетов за некоторый период времени, чтобы выяснить, соответствует ли поток соглашению о трафике. Если хост посылает данные неравномерно, то в таком случае применяются специальные механизмы выравнивания трафика в соответствии с заданным уровнем обслуживания класса. Если классу обслуживания гарантируется некоторая пропускная способность, любые пакеты этого класса, превышающие пропускную способность в течение определенного временного интервала, могут быть маркированы заново в сторону понижения класса обслуживания, после чего таким пакетам будет разрешено войти в домен ДС. Изменение маркировки может потребоваться на границе между двумя доменами ДС. При формировании всплеск трафика поглощается с помощью соответствующего буфера и принятые пакеты распределяются на более длительный период времени. Отбрасывание пакетов возможно, если используемый для регулирования скорости буфер заполнен.

В отличие от стандартной IP-сети, мультипротокольная ТКС реализует передачу IP-трафика и спектрафика с использованием различных технологий передачи данных, причем:

- IP-трафик передается по цифровым каналам связи;
- спектрафик, инкапсулированный в IP-пакеты, передается по цифровым каналам связи;
- спектрафик передается по аналоговым каналам связи.

В связи с этим разделение различными видами трафика канальных ресурсов влияет как на организацию доменного пространства ДС мультипротокольной ТКС, так и на набор функций каждого элемента домена ДС в этой ТКС.

В мультипротокольной ТКС домен ДС представляет собой непрерывное множество связанных друг с другом маршрутизаторов – узлов, являющихся одновременно как пограничными, так и магистральными. В отличие от классического домена ДС, функциональное деление на пограничную и магистральную части узла является исключительно логическим.

В мультипротокольной ТКС спектрафик может следовать как по аналоговым, так и по цифровым каналам связи. Для передачи спектрафика по цифровым каналам связи требуется инкапсуляция спектрафика в IP-пакеты. В связи с этим для специального пакета набор услуг определяется после выбора направления выдачи пакета, то есть после его маршрутизации. В зависимости от выбранного направления выдачи спецпакет далее обслуживается либо как спецпакет, либо как IP-пакет. Таким образом, согласование трафика, описанное выше и используемое в стандартной IP-сети, для мультипротокольной ТКС требует введения дополнительной функции маршрутизации.

Конфигурация домена ДС, учитывающая особенности передачи данных в мультипротокольной ТКС, представлена на рисунке 3, где показан узел, который логически разделен на две части: пограничную и магистральную (по аналогии с организацией домена ДС в IP-сети).

Пограничная часть узла выполняет основную обработку трафика, а именно: классификацию трафика, маршрутизацию пакетов, измерение трафика на соответствие заданным требованиям, маркирование пакетов и формирование трафика. Также пограничная часть определяет дальнейшую работу с пакетом на магистральной части узла. Магистральная часть выполняет перенаправление трафика по методике, заданной пограничной частью узла.

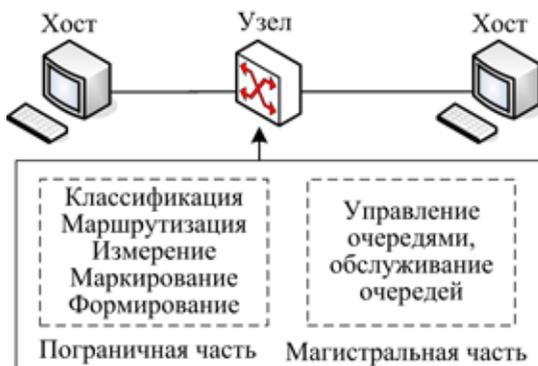


Рис. 3. Домен дифференцированных служб в мультипротокольной ТКС

Схема согласования трафика на пограничной части узла домена ДС мультипротокольной ТКС представлена на рисунке 4.

Процесс согласования трафика на пограничной части узла в мультипротокольной ТКС разделен на несколько этапов, причем выполнение того или иного этапа зависит от типа поступившего пакета. Этапы согласования трафика на пограничной части узла в мультипротокольной ТКС:

- классификация;
- маршрутизация;
- измерение;
- маркирование;
- формирование;
- отбрасывание.

Механизм согласования трафика на пограничной части узла в мультипротокольной ТКС работает следующим образом. При поступлении пакета на пограничную часть узла сначала выполняется классификация пакета по типу протокола передачи данных: спецпакет или IP-пакет.

Для спецпакета строится оптимальный маршрут доведения в соответствии с категорией срочности пакета и текущим состоянием связности ТКС. Если выбранный маршрут проходит по аналоговому направлению связи, спецпакет передается на магистральную часть узла для постановки в очередь на выдачу. В случае, если выбранный маршрут проходит по стандартной технологии передачи данных, спецпакет инкапсулируется в IP-пакет. При этом происходит формирование IP-заголовка, поле кода дифференцированной услуги которого соответствует категории срочности исходного спецпакета. Далее производится определение размера потребляемых ресурсов. Для этого функция измерения определяет суммарный объем пакетов за некоторый период времени, чтобы выяснить, соответствует ли поток соглашению о трафике. Некоторые инкапсулированные пакеты могут быть заново маркированы. Для сглаживания пульсаций используется формирование трафика. Функция формирования может поглотить всплеск трафика с помощью своего буфера и распределить принятые пакеты на более длительный период вре-



Рис. 4. Схема согласования трафика на пограничной части узла мультипротокольной ТКС

мени. Отбрасывание инкапсулированного спецпакета недопустимо. После этого инкапсулированный в IP-пакет спецпакет передается на магистральную часть узла для постановки в очередь на выдачу.

Если типом пакета является IP-пакет, то его обработка осуществляется в соответствии с описанной выше схемой согласования трафика в домене ДС IP-сети. После этого маркированный пакет передается на магистральную часть узла для дальнейшей обработки.

На магистральном узле IP-сети либо магистральной части узла мультипротокольной ТКС поддержка функций качества обслуживания обеспечивается специальными механизмами:

- управления очередями и борьбы с перегрузками;
- обслуживания очередей.

Основными задачами механизмов управления очередями и борьбы с перегрузками является распределение ресурсов и контроль их использования для каждого потока трафика. Обслуживание очередей предназначено для предоставления требуемого уровня обслуживания конкретному классу трафика.

Порядок обработки пакета на магистральном узле представлен на рисунке 5.

На этапе управления очередями в зависимости от выбранного алгоритма управления определяется, когда и какой пакет необходимо сбрасывать для предотвращения возникновения или увеличения степени перегрузки. Функционирование алгоритма управления очередями оценивается как его способность эффективно контролировать трафик во время периодов перегрузки. Решение о сбросе пакета принимается либо при поступлении пакета в систему, либо при наступлении перегрузки, когда могут быть сброшены пакеты, уже находящиеся в очередях, для освобождения буферного пространства новым высокоприоритетным пакетам [4].

Существует два типа управления очередями: пассивное и активное.

В общем случае функционирование алгоритмов пассивного управления очередями заключается в отбрасывании пакетов, которые должны быть поставлены

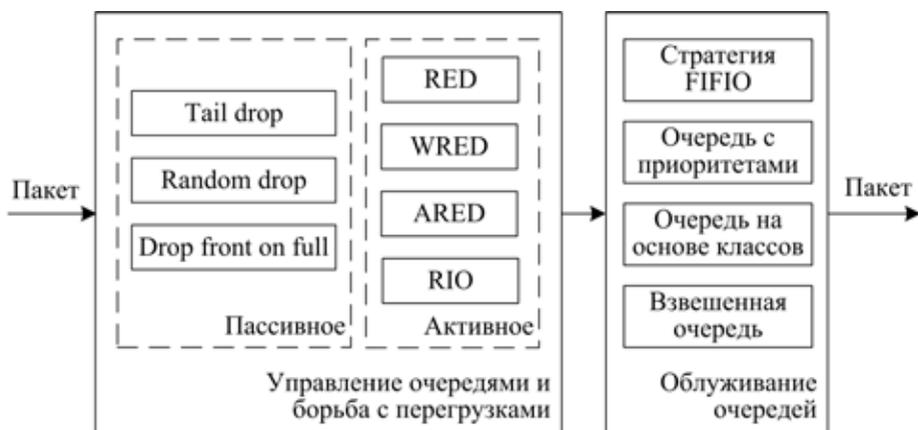


Рис. 5. Порядок обработки пакета на магистральном узле

в очередь. Для этого задается максимальный размер очереди (в пакетах либо байтах). Такого рода «дискриминация» пакетов продолжается, пока длина очереди не уменьшится за счет передачи уже находящихся в ней пакетов.

К алгоритмам пассивного управления очередями относятся:

- алгоритм «отбрасывания хвоста», tail drop;
- алгоритм «вероятностного сброса пакета», random drop;
- алгоритм «сброса начала очереди», drop front on full [5].

Пассивное управление очередями является наиболее простым методом, но имеет ряд существенных недостатков:

- появление эффекта «lock-out» (возникающего при монополизации очередью одного или нескольких потоков пакетов, что препятствует попаданию в очередь пакетов остальных потоков);
- невозможность заблаговременного определения момента перегрузки (т. е. констатация перегрузки возможна только после того, как первый пакет будет потерян вследствие переполнения очереди).

С учетом перечисленных недостатков выбор алгоритма пассивного управления очередями должен основываться на чувствительности к потере пакетов. Пассивное управление очередями можно использовать для малочувствительных к потерям трафиков, например трафиков речи и видео, поскольку такие типы трафика допускают потери пакетов до 5 %.

Активное управление очередями позволяет избежать проблем захвата очереди пакетами одного или нескольких потоков, решить проблему отсутствия возможности заблаговременного обнаружения перегрузки, увеличить коэффициент использования сетевых ресурсов.

К алгоритмам активного управления очередями относятся:

- алгоритм произвольного раннего обнаружения, random early detection (RED);
- взвешенный алгоритм произвольного раннего обнаружения, weighted RED (WRED);
- адаптивный алгоритм произвольного раннего обнаружения, adaptive RED (ARED);
- алгоритм произвольного раннего обнаружения (с учетом класса пакетов), RED in and out (RIO).

Выбор пассивного либо активного управления очередями определяется разработчиком в зависимости от объема и состава информационных трафиков, обслуживаемых узлами мультипротокольной ТКС.

Для обеспечения гарантированного качества обслуживания, помимо управления очередями и борьбы с перегрузками, на магистральных узлах используются различные алгоритмы обслуживания очередей, основными видами которых являются:

- стратегия «первым пришел, первым обслужен», first-in first-out (FIFO);
- очередь с приоритетами;
- очередь на основе классов, class-based queuing (CBQ);
- взвешенная справедливая очередь.

Каждый из алгоритмов имеет свои плюсы и минусы:

- «первым пришел, первым обслужен» (FIFO) прост в реализации, но не учитывает тип трафика, и, соответственно, не может обеспечить его приоритетную обработку;

- очередь с приоритетами обеспечивает гарантированную своевременную доставку наиболее привилегированного трафика, но блокирует очереди с низким приоритетом в течение длительного времени;

- обработка очередей на основе классов (CBQ) гарантирует требуемую скорость передачи определенному классу трафика, а оставшийся ресурс распределяется между остальными классами;

- взвешенная справедливая очередь является частным случаем CBQ, когда каждому классу соответствует свой поток; используется в случае, когда необходимо обеспечить постоянное время задержки для всех потоков [6].

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

- механизмы ДС, разработанные комитетом IETF для стандартных IP-сетей, могут быть использованы в мультипротокольной ТКС при условии дополнительной конфигурации домена ДС, учитывающей требования обработки спецтрафика;

- для обеспечения качества обслуживания спецтрафика в процесс согласования трафика на пограничной части узла мультипротокольной ТКС необходимо ввести этап маршрутизации спецпакетов (рис. 4);

- с целью определения наиболее эффективного набора алгоритмов, удовлетворяющих требованиям к качеству обслуживания различных видов трафиков, необходимо провести моделирование функционирования фрагмента мультипротокольной ТКС с использованием различных алгоритмов управления очередями и их обслуживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обухова В.В. К вопросу передачи разнородного трафика в интегрированной телекоммуникационной сети // «Новые информационные технологии в сетях связи и управления» труды XII Российской науч.-технич. конф., Калуга, 2013. – С. 75–78.

2. Blake S., Black D., Carlson M., Davies E., Wang Z., Weiss W. «An Architecture for Differentiated Services» [Электронный ресурс]: RFC 2475, December 1998. – URL: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2475.txt> (дата обращения 10.01.2014).

3. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб. : Питер, 2003. – 783 с.

4. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. – СПб. : Наука и техника, 2004. – 336 с.

5. Braden B., Clark D., Crowcroft J., Davie B., Deering S., Estrin D., Floyd S., Jacobson V., Minshall G., Partridge C., Peterson L., Ramakrishnan K., Shenker S., Wroclawski J., Zhang L. «Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet» [Электронный ресурс]: RFC 2309, April 1998. – URL: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2309.txt> (дата обращения 10.01.2014).

6. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония // Радио и связь. – 2001. – 336 с.