

УДК 629.31

## ПРОБЛЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТЕЙ WiMAX НА MAC-УРОВНЕ

Лактионов А.Д., студ.; Лозинская В.Н., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Интенсивное развитие беспроводных сетей, WiMax в частности, привело к возникновению ряда проблем, связанных с увеличением производительности, улучшением обеспечения надежности, увеличением эффективности использования ресурсов сети и обеспечением требуемого качества обслуживания (QoS) для различных видов трафика.

В процессе обеспечения QoS необходимо планирование обслуживания, чтобы определить какой пакет будет обслуживаться первым в конкретной очереди. Выбор конкретного алгоритма планирования, напрямую связан с эффективностью использования канальных ресурсов сети. Вместе с этим, необходимо управление доступом к среде с целью ограничения числа соединений, т.е. предотвращение возможности переполнения и блокировки низкоприоритетных потоков [1]. Таким образом, актуальной является задача разработки новых, либо усовершенствования существующих, алгоритмов планирования и управления доступом к среде, для повышения эффективности использования ресурсов сети при обеспечении требуемых параметров качества обслуживания.

Обеспечения качества обслуживания в сетях WiMAX (стандарт 802.16) [2] определяет несколько принципов:

- планирование параметров QoS сервисного потока;
- динамические регулировки выделяемы полосы;
- двухфазная модель активации.

При этом, требования QoS включают в себя следующее:

- функции конфигурирования и регистрации для предварительного конфигурирования параметров QoS сервисного потока и параметров трафика на АС;
- функцию сигнализации для динамической установки QoS сервисного потока и параметров трафика;
- применение MAC-планирования и QoS-параметров трафика для восходящих потоков (UL);
- применение QoS-параметров трафика для нисходящих потоков (DL);
- группировку свойств сервисного потока в именованный класс сервиса (Service Class), так что объекты верхних уровней и внешние приложения (базовая станция (БС) и абонентская станция (АС) могли запросить сервисный поток с желаемыми параметрами QoS.

Принципиальный механизм обеспечения QoS — привязка пакетов, проходящих через MAC-интерфейс, к потоку сервиса посредством CID. Потоки сервиса существуют как в, прямом, так и в обратном направлении и могут существовать, не будучи активированными, для

переноса трафика. Каждый сервисный поток имеет 32-битный SFID, утвержденные и активированные потоки имеют 16-битный CID. Таким образом, основная цель QoS состоит в упорядочивании передачи и планировании использования радио интерфейса.

На данный момент в рамках сетевого узла, в зависимости от модели качества обслуживания предоставляемых услуг (Integrated Service, Differentiated Service), реализованы такие средства управления как: функции «управления допустимостью соединения», классификация пакетов, планировщик, протокол резервирования ресурсов. У поставщиков телекоммуникационных услуг появилась возможность перенастраивать политики планирования и управления доступом к среде. Это сделало актуальной задачу разработки новых, либо усовершенствования существующих, алгоритмов планирования и управления доступом к среде, для повышения эффективности использования ресурсов сети при обеспечении требуемых параметров качества обслуживания

Механизмы планирования MAC-уровня определяют порядок передачи пакетов. Обычно каждое соединение ассоциировано с одним механизмом планирования, который определяется набором параметров QoS.

Для сетей WiMax определены следующие механизмы опроса для планирования передачи пакетов:

- UGS - Unsolicited Grant Service: передача в реальном времени сигналов и потоков телефонии (E1) и VoIP; допустимая задержка менее 5 — 10мс в одном направлении при BER =  $10^{-6}$ ... $10^{-4}$ ;

- ertPS — extended real time Polling Service, предназначена для предоставления восходящего канала телефонии с использованием детектора речевой активности абонента;

- rtPS — real time Polling Service: передача потоков реального времени с пакетами переменной длины (например, видео);

- nrtPS — non-real-time Polling Service: поддержка потоков переменной длины при передаче файлов в широкополосном режиме;

- BE — Best Effort: остальной трафик.

При планировании исходящих потоков (направление DL для БС и UL для АС) при выборе данных для передачи в конкретном фрейме, планировщик принимает во внимание следующие факторы:

- механизм планирования, предназначенный данному сервисному потоку;

- значения параметров QoS;

- наличие данных для передачи;

- емкость выделенной полосы.

Планирование UL-соединения выполняется БС с целью обеспечить подчиненную АС полосой для передачи данных в обратном канале и запросов на передачу данных. На базе определенного механизма планирования и параметров, QoS планировщик БС может предвидеть величину и задержки обратного трафика и обеспечить опрос или предоставление ресурсов в нужное время.

В зависимости от механизмов опроса, необходимо обеспечивать соответствующие процедуры/параметры. Например, для UGS соединения планирование должно обеспечивать следующее: предоставление периодических «грантов» (интервалов) фиксированного размера, достаточных для передачи потока данных; БС должна предоставлять грант для АС с периодом, определяемым на основе параметра «Maximum Sustained Traffic Rate», при этом запросы на передачу от АС не нужны; размер этих грантов должен быть достаточным для передачи пакетов фиксированного размера, ассоциированных с данным потоком или больше; значение параметра «Request/Transmission Policy» должна запрещать АС использование конкурентных запросов.

Запросы на величину полосы пропускания формулируются в виде необходимого количества байт с учетом MAC-заголовка. Вложенный запрос (PiggyBack Request) - используется для запроса полосы в обратном канале. Сообщение «Bandwidth request» может передаваться в

любом распределенном UL-интервале и распределенном для данной станции, за исключением интервала «Initial Ranging».

Запросы могут быть инкрементными или совокупными. Когда БС получает инкрементный запрос «Bandwidth request», она должна увеличить (уменьшить) полосу пропускания. Когда БС получает совокупный запрос, она должна заменить текущее значение на полученное в запросе. Сообщение «Bandwidth request» может содержать инкрементный или совокупный запрос. Запросы PiggyBack всегда считаются инкрементными, поскольку не имеют поля. Самокорректирующая природа протокола предполагает, что АС может периодически использовать совокупные запросы как функцию от параметров QoS и качества линии.

На запросы, полученные со стороны АС, БС распределяет полосу и сообщает об этом в предоставлении полосы пропускания, которые ссылаются на CID АС. Если АС получила подтверждение на меньший объем, чем ожидалось (причина не указывается, это может быть решение планировщика или результат потери сообщения), то существует неопределенность в том, какие запросы удовлетворены. В любом случае, опираясь на последнюю принятую от БС информацию и статус запроса, АС может принять решение об откате и запросить ресурсы еще раз или сбросить лишние SDU.

Распределение полосы при помощи опросов - процесс, посредством которого БС размещает для АС интервалы для передачи запросов полосы пропускания. Это размещение может быть индивидуальным для одной или групп АС. Информация о размещении содержится в серии IEs в сообщении UL-MAP.

Опрос в реальном времени (rtPS, extended rtPS - Real-time Polling Service) - предназначен для поддержки UL потоков реального времени, состоящих из пакетов переменной длины, передаваемых через периодические интервалы времени.

На данный момент существуют следующие виды опросов: индивидуальный, групповой и широковещательный. Когда АС опрашивается индивидуально, ни каких явных сообщений не направляется в сторону АС. В UL-MAP выделяется место, достаточное для размещения запроса размера полосы пропускания. Если АС не нуждается в полосе, то это место забивается заполнителем. Если существует активное соединение, то АС не опрашивается индивидуально. Это связано с эффективностью использования канального ресурса. Групповой и широковещательный опрос применяется в случае нехватки полосы для индивидуального опроса множества неактивных АС. Для групповых и широковещательных сообщений резервируются определенные CID. Как и при индивидуальном опросе, в UL-MAP выделяется место для размещения запросов от АС со ссылкой на групповой или широковещательный CID. Когда опрос адресуется на групповой или широковещательный CID, то АС, принадлежащая к опрашиваемой группе, может запросить полосу в любом интервале запроса для этого CID в UL-MAP.

Применительно к механизмам планирования передаче пакетов, с целью эффективного использования сетевых ресурсов, как уже упоминалось выше, можно использовать средства, внедренные на сетевом узле [3]. К ним относятся планировщики. За счет основной функции планировщика, сглаживания профиля трафика, можно достичь таких целей как уменьшение пачечности трафика, повышение эффективности использования канальных ресурсов, осуществление защиты от перегрузки, при обеспечении заданных параметров QoS. Наибольшее распространение в телекоммуникационных сетях получили следующие алгоритмы как DRR, PQ, CQ, LLQ, WFQ, CWFQ и др. Все эти алгоритмы можно разделить на несколько классов [4]:

- без приоритетного обслуживания (DRR);
- приоритетного обслуживания (CQ, PQ);
- взвешенного обслуживания (WFQ, PGPS, W2FQ);
- гибридные (LLQ, CWFQ).

На данный момент планировщики без приоритетного обслуживания «трансформировались» в средства циклического обслуживания очередей в сетевом устройстве.

Алгоритмы приоритетного обслуживания - обслуживают очереди, согласно их приоритетам. Существует 4 класса очередей при приоритетном обслуживании: High, Medium, Normal,

Low. Пакеты попадают в очереди соответственно значению класса обслуживания в поле ToS. Логика работы такого класса планировщиков в следующем: если активна более приоритетная очередь, то из нее обслуживаются все пакеты, затем обслуживание получает очередь, приоритет у которой ниже и т.д. Из логики работы данного алгоритма, очевидно, что постоянное наличие высокоприоритетного трафика в очереди приведет к значительным потерям низкоприоритетного трафика. Исключение данного недостатка возможно путем применения алгоритмов взвешенного обслуживания очередей.

Алгоритмы взвешенного обслуживания очередей на данный момент является самым распространенным классом планировщиков, реализованных в сетевых устройствах. Логика работы данных планировщиков сводится к определению так называемых весов для обслуживания пакетов. Фактически вес определяет долю пропускной способности выходного интерфейса, которую необходимо предоставить для обслуживания каждой из очередей, формируемых согласно договору о предоставлении обслуживания (SLA). В итоге, каждый из пакетов, находящихся в любой из очередей, получает обслуживание. К недостаткам данного класса планировщика можно отнести низкую скорость обработки, что является достаточно критичным для приложений, чувствительных к временным задержкам. Для устранения этого недостатка разработчики предложили ряд гибридных алгоритмов.

Наиболее известным гибридным алгоритмом, который реализован в сетевом оборудовании большинства производителей, остается алгоритм очередей с малыми задержками (Low Latency Queue - LLQ). В данном алгоритме для трафика, чувствительного к задержкам, выделяется одна очередь, для обслуживания которой резервируется определенная пропускная способность исходящего интерфейса, а все остальные очереди обслуживаются в соответствии с алгоритмом взвешенного обслуживания. В этом случае также настраиваются доли пропускных способностей исходящего интерфейса для каждой очереди.

Вывод: В целях поиска наиболее эффективных решений проблемы повышения уровня QoS в слоях MAC сетей WiMAX были рассмотрены особенности этих проблем. Для этого проанализированы особенности планирования исходящих потоков, сервисы и механизмы опроса, механизмы распределения полосы пропускания MAC-уровня в сетях WiMAX.

С целью использования средств, внедренных на сетевом узле непосредственно, рассмотрены основные алгоритмы планировщиков. Можно сделать вывод о том, что планировщиком, при работе которого будут эффективно использоваться сетевые ресурсы при обеспечении заданных параметров качества обслуживания, является гибридный алгоритм.

#### Перечень ссылок

1. V. Mehta и D. N. Gupta, «Performance Analysis of QoS Parameters for WiMAX networks,» International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) , т. 1, № 5, pp. 105-111, May 2012.
2. Korowajczuk, LTE, WiMAX and WLAN Network Design, Optimization and Performance Analysis, John Wiley & Sons, 2011.
3. Дегтяренко И.В. Динамические модели средств управления трафиком в сетевом узле / И.В. Дегтяренко, В.Н. Лозинская // Наукові праці Донецького національного технічного університету: збірник наукових праць. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, ДонНТУ, 2014. – Вип. 1 (26). – С. 83-95.
4. Markaki M. Comparison of packet schedulers for differentiated services in the Internet / M. Marakaki, M.P. Saltouros, I.S. Venieris // Proc. IFIP ATM&IP 2000. – U.K., 2000. – с. 120-125.