

УДК 621.396.4

Гаркавий Д.С.;
Петрова В.Н.,
НТУУ «КП»

МЕТОДЫ QOS-УПРАВЛЕНИЯ НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ ДЛЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ РАДИОСЕТЕЙ

Для радіомереж, що самоорганізуються, розглянуто методи управління якістю обслуговування на каналному рівні, за допомогою яких забезпечується передача певних типів трафіку із заданою якістю обслуговування.

Для самоорганизующихся радиосетей рассмотрены методы управления качеством обслуживания на канальном уровне, с помощью которых обеспечивается передача определенных типов трафика с заданным качеством обслуживания.

For self-organizing wireless networks considered quality management service at the link layer, with the help of which can be provided the transfer of certain types of traffic to a predetermined quality of service.

Вступление. Одной из задач оперативного управления в СРС является обеспечение передачи определенных классов (типов) трафика с заданным качеством обслуживания QoS. Термин QoS обычно подразумевает набор параметров (пропускная способность, задержка доставки пакетов и ее вариация, вероятность потери пакетов, емкость батареи и др.) для определенного потока данных. Наиболее важными параметрами являются первые два. Так, трафик реального времени требует малой задержки передачи и ее вариации. Поточковый трафик (аудио- и видеоприложения) характеризуется однонаправленностью передачи и меньшей критичностью к задержке передачи. ВЕ-трафик (“best effort” — обрабатывается “с максимальным усилием”, но без гарантий качества обслуживания) требует высокой надежности доставки, но требования к задержке менее жестки.

Анализ исследований и публикаций. В существующих публикациях показаны лишь некоторые протоколы канального. В настоящее время предложено значительное количество протоколов канального уровня для самоорганизующихся радиосетей, однако большинство из них не предусматривают обеспечение качества обслуживания. Решение данной задачи зависит от класса, применяемого в СРС, протокола канального уровня (случайного или детерминированного).

Постановка задания. Целью данной работы является рассмотрение методов управления качеством обслуживания на канальном уровне для самоорганизующихся радиосетей

Детерминированные протоколы доступа. Преимуществом детерминированных протоколов доступа (HIPERLAN/2, Bluetooth) является потенциальная возможность гарантированного сервиса. Для данных протоколов основная задача QoS-управления заключается в децентрализованном динамическом распределении слотов между узлами сети, причем в масштабе реального времени. Однако получение точного решения данной задачи связано со значительными вычислительными трудностями из-за ее ЛТ-полноты. Поэтому на практике для распределения слотов используют эвристические алгоритмы. Другими недостатками являются необходимость эффективной временной синхронизации между всеми узлами (в большинстве случаев невозможность или нежелательность внешней синхронизации, например с использованием GPS, требует на внутреннюю синхронизацию значительных затрат временных и сетевых ресурсов), значительная чувствительность к мобильности узлов и другим изменениям канала (необходимо осуществлять перепланирование слотов).

Случайные протоколы доступа. Случайные протоколы доступа по своей природе не могут обеспечить гарантированный сервис. В то же время дифференцированный сервис может быть реализован следующими способами: дифференцированный доступ к каналу и его резервирование, приоритет в обслуживании очередей и гибридные схемы.

Отметим, что децентрализованный режим работы протокола IEEE 802.11 DCF (Distributed Control Function) предполагает следующую схему резервирования радиоканала: запрос/согласие/данные/квитанция (RTS/CTS/DATA/ACK) (рис. 5.10). Узел, перед передачей RTS, ожидает период времени $DIFS + B$ ($DIFS$ — наибольший интервал задержки, B — случайное время отсрочки в пределах окна состязаний sw). Если запрос на передачу (RTS) получатель принял без ошибок, то он посылает через короткий интервал (SIFS) пакет согласия (CTS). Осуществив безошибочный прием CTS, отправитель (по истечении SIFS) посылает пакет данных (DATE). Получатель, проверив безошибочность приема пакета данных, через интервал SIFS посылает отправителю квитанцию (ACK).

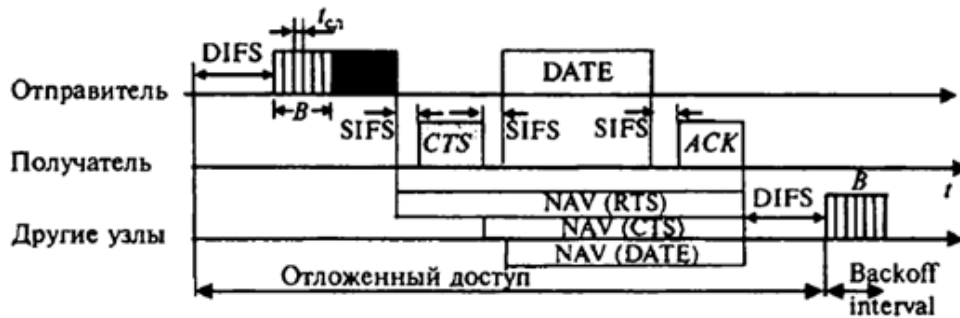


Рис.1 Функционирование протокола IEEE 802.11 в режиме DCF

Управление последовательностью доступа узлов к каналу у протокола IEEE 802.11 DCF осуществляется за счет динамического изменения размера окна состязаний: $cw_{min} < cw < cw_{max}$ ($cw_{min} = 32$, $cw_{max} = 1024$). Время отсрочки (backoff interval) передачи выбирается в пределах окна состязаний, измеряется в слотах и определяется выражением $B = \text{rand}[0, cw_{min} \cdot 2^r] t_{сл}$, где $t_{сл}$ — длительность слота окна состязаний; rand — случайное число, выбранное с равной вероятностью в интервале $[0, cw_{min} \cdot 2^r]$; $[x]$ — наибольшее целое, меньшее или равное x , r и m — число повторных передач, $0 \leq r \leq m$.

Рассмотрим способы реализации дифференцированного сервиса.

Дифференцированный доступ к радиоканалу. Этот доступ может быть установлен в зависимости от различных параметров (приоритета трафика, размера пакета, веса узла, величины столкновений, значения пропускной способности и др.) [38—40].

Адаптация окна состязаний cw к классу (приоритету) трафика. Для этого для каждого приоритета pr устанавливаются свои предельные величины окон состязаний — cw_{min}^{pr} и cw_{max}^{pr} . В этом случае время отсрочки B_{pr} (для протокола IEEE 802.11e) определяется формулой

$$B_{pr} = \text{rand} [0, cw_{min}^{pr} \cdot 2^r] t_{сл}, \quad 0 \leq r \leq m.$$

Адаптация интервала задержки DIFS к приоритету трафика, т.е. $DIFS_{pr+1} < DIFS_{pr}$. В протоколе IEEE 802.11e интервал задержки назван AIFS (Arbitrary Inter Frame Spacing). Устранение столкновений пакетов одного приоритета будет осуществляться адаптацией времени отсрочки передачи B .

Адаптация времени отсрочки передачи B к условиям функционирования радиоканала (в условиях высокой нагрузки возможны столкновения). В этом случае

$$B_{pr} = \text{rand} [0, cw_{min}^{pr} \cdot (2^r + R_c \cdot pr)] t_{сл}, \quad 0 \leq r \leq m,$$

где R_c — величина столкновений между успешными передачами; pr — приоритет трафика.

Дифференциация максимальной длины фрейма. Для каждого узла в зависимости от его приоритета устанавливается максимальная длина

фрейма. Таким образом, приоритетные узлы будут передавать больше информации во время доступа к каналу в сравнении с менее приоритетными узлами. При превышении размера пакета максимальной длины фрейма возможны два решения: при первом - узел уменьшает длину пакета до максимального значения фрейма; при втором — узел фрагментирует пакет. Оба подхода успешно используются при реализации протоколов транспортного уровня TCP и UDP. Однако в условиях помех увеличение длины пакета повышает вероятность его потери, что ведет к уменьшению эффективности данного решения.

Метод DFS (Distributed Fair Scheduling). Здесь значение B является функцией (линейной, экспоненциальной и др.) от длины пакета и веса узла. Например, при линейной функции имеем $B = [a \cdot l \cdot k / \varphi]$, где a — случайная величина в интервале $[0, 9-1,1]$; k - масштабируемый коэффициент; l — длина пакета; φ - вес узла. При столкновении пакетов дальнейший розыгрыш B осуществляется согласно правилам функционирования протокола IEEE 802.11 DCF.

Метод DWFQ (Distributed Weighted Fair Queue). Распределенная взвешенная справедливая очередь может быть реализована двумя алгоритмами. Первый алгоритм значение cw рассчитывает на различии между текущей и ожидаемой пропускной способностью (ПС): если текущее значение ПС меньше ожидаемого, то cw будет уменьшаться, увеличивая приоритет, и наоборот. Второй алгоритм вычисляет соотношение $L_i = w_i / \varphi_i$, где w_i - существующая ПС; φ_i - вес i -го узла. При сравнении своего значения L_i с соседними узлами узел будет адаптировать значение cw .

Метод DRR (Distributed Deficit Round Robin). Назначается i -му классу трафика j -го узла квант сервиса Q_{ij} (равен требуемой пропускной способности) и счетчик дефицита DC_{ij} , уменьшаемый с каждым переданным пакетом. DC_{ij} используется для вычисления времени ожидания до передачи DIFS или времени отсрочки B . Большее значение DC_{ij} определяет меньшие величины данных интервалов.

Метод VMAC (Virtual MAC). В этом случае алгоритм осуществляет мониторинг радиоканала и локальную оценку степени достижения качества обслуживания по определенным параметрам (задержка, джиттер, величины столкновений и потерь пакетов), которые могут быть использованы верхними уровнями ЭМ ВОС. Также метод использует дифференциацию размера окна по приоритетам $cw_{min}^{ВП} < cw_{min}^{НП}$, $cw_{max}^{ВП} < cw_{max}^{НП}$, где ВП, НП — высокий и низкий приоритеты трафика.

Метод Blackburst scheme. Основная цель — минимизация задержки трафика реального времени. В отличие от других методов он навязывает определенные требования к высокоприоритетным узлам.

Управление очередями. Управление очередями имеет в своем распоряжении четыре основных механизма.

Метод PQ (Priority Queuing). Осуществляется обработка очередей с абсолютным приоритетом. Пакеты из очередей с более высоким приоритетом обслуживаются в первую очередь, а низкоприоритетные — могут остаться “на голодном пайке”.

Метод CBQ (Class-Based Queuing). Очереди обслуживаются на основе классов. Этот алгоритм в некоторой степени справляется с проблемой “голода”, присущей схеме PQ. Всем классам назначается хоть какая-то минимальная полоса пропускания, причем ее можно “заимствовать” у других классов (если у них она свободна).

Метод WFQ (Weighted Fair Queuing). Устанавливаются взвешенные справедливые очереди. Этот алгоритм увеличивает или уменьшает размер очереди в зависимости от уровня приоритета. Использование полосы пропускания во внимание не принимается.

Метод HWFQ (Hierarchical Weighted Fair Queuing). Выделяются иерархические WFQ-очереди. Система оценивает наихудшую задержку пакета при различных сценариях прохождения трафика и использует эти данные при организации обслуживания очередей.

Гибридные способы. Метод EDCF (Enhanced DCF). Этот метод реализован в протоколе IEEE 802.11e. Пакеты высшего приоритета имеют большую вероятность доступа к среде. Для этого определены четыре категории AC (access category) трафика: речь (AC_0), видео (AC_1), BE-трафик (AC_2) и неприоритетный трафик (AC_3). Каждая категория трафика имеет выделенную очередь в узле (всего восемь приоритетов) (рис. 2), интервал задержки передачи $AIFS_{AC}$ и свое значение времени отсрочки B за счет минимального cw_{min}^{AC} и максимального cw_{max}^{AC} значений окна состояний.

Управление исправлением ошибок. Управление исправлением ошибок может осуществляться методами автоматического запроса повторной передачи, кодированием с прямым исправлением ошибок и совместным применением FEC-ARQ.

Методы автоматического запроса повторной передачи ARQ (Automatic Repeat reQuest). Метод SW-ARQ (Stop and Wait ARQ). Это — метод повторной передачи с остановкой и ожиданием. Он обеспечивает квитирование каждого правильно принятого пакета. Метод требует только полудуплексного канала, поскольку передатчик перед началом очередной передачи ожидает квитанции об успешном приеме предыдущей (используется в протоколе IEEE 802.11 DCF).

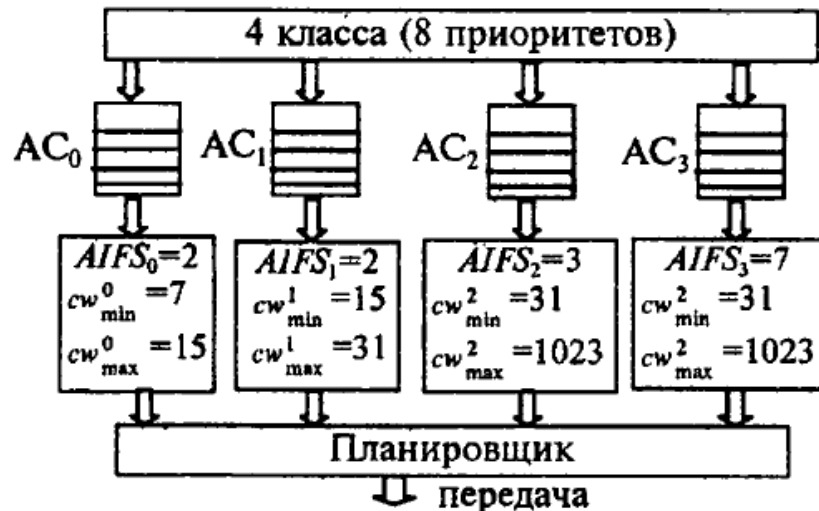


Рис.2. Схема дифференцированного доступа протокола IEEE802.11e

Метод SR-ARQ (Selective Repeat ARQ). Это — метод селективной повторной передачи. Повторно передаются только искаженные пакеты, затем передатчик начинает передачу с того места, где она прервалась, не выполняя повторной передачи правильно принятых пакетов. Метод эффективен с позиций задержки, однако механизм исправления ошибок сложнее и требуется дуплексная передача.

Метод GBN-ARQ (Go-Back-N ARQ). Это — метод повторной передачи на n шагов назад, где n — параметр, который определяет, сколько идущих друг за другом пакетов может послать передатчик, не дожидаясь прихода подтверждения (применим при дуплексной передаче). Для данного метода существует проблема адаптации “окна передачи”.

Выбор конкретного метода ARQ осуществляется исходя из компромисса между требованиями эффективного применения ресурсов связи и необходимостью дуплексной связи.

Кодирование с прямым исправлением ошибок FEC (Forward Error Correction). Преимущество методов ARQ перед методом прямого исправления ошибок заключается в более простой реализации и меньшей избыточности. Кроме того, информация передается повторно только при обнаружении ошибок. С другой стороны, метод прямого исправления ошибок может оказаться более приемлемым, если обратный канал недоступен или задержка при использовании ARQ слишком велика.

Совместное применение FEC-ARQ. Первый тип FEC-ARQ. При этом типе реализуется обнаружение и исправление ошибок для каждого пакета в пределах корректирующей способности кода. В случае невозможности исправить ошибку осуществляется повторная передача пакета (определенное количество раз).

Второй тип FEC-ARQ. Дополнительно осуществляется накопление принятых с ошибками пакетов для реализации мажоритарного принципа повышения достоверности приема.

Выводы. Таким образом, использование квитирования для исправления ошибок вызывает вариацию задержки передачи и поэтому не может обеспечить гарантированный сервис, в то же время FEC позволяет поддерживать однородную пропускную способность и определенную задержку передачи. Совместное применение методов помехоустойчивого кодирования с исправлением ошибок и повторных передач практически оправдано благодаря большей устойчивости, но тогда хуже используется пропускная способность при малых значениях ошибки.

Использованные источники информации:

1. С.Г.Бунин, А.П.Войтер, М.Е.Ильченко, В.а.Романюк Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.:НПП «Издательство «Наукова думка» НАН Украины». – 444с.: ил.
2. Миночкин А.И., Романюк В.А. Интеллектуальный метод маршрутизації в мобільних радіомережах // Зб. Наук. Праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2009. - №1 – С. 88-97
3. Миночкин А.И., Романюк В.А. Управление топологией мобильной радиосети // Зв'язок. – 2003. - №2 – С. 28-33
4. Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи. — М.: Эко-Трендз, 2003. - 288 с.
5. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методология оперативного управления мобильными радиосетями // Зв'язок. - 2005. - № 2. - С. 53-58.