

УДК 621.396.96

А.С. Мальцев

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА В СЕТЯХ РАДИОДОСТУПА

В статье показано, что алгоритм управления доступом к среде зачастую представляет собой «узкое место» всей сети радиодоступа и существенно снижает ее потенциальную производительность. Дается классификация и сравнительный анализ методов множественного доступа. Показано преимущество использования комбинированного метода множественного доступа к среде передачи.

Ключевые слова: алгоритм управления, сеть радиодоступа, методы множественного доступа

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. В современном обществе сети радиодоступа (СР) играют роль ускорителя развития информационных технологий. Бесспорными лидерами на рынке технологий, использующих каналы множественного доступа, являются протоколы региональных (городских) и локальных сетей. Однако часто возникает ситуация, в которой алгоритм управления доступом к среде зачастую представляет собой «узкое место» всей системы связи и существенно снижает ее потенциальную производительность [1, 2]. Это обуславливает актуальность совершенствования методом множественного доступа (МД).

Цель работы. Сравнительный анализ методов множественного доступа в сетях радиодоступа.

Основная часть

Метод доступа существенным образом определяет основной показатель сети радиодоступа – пропускную способность.

К настоящему времени используется большое число разнообразных методов МД. Они различаются способом распределения коллективного ресурса канала (фиксированный или динамический), природой процессов принятия решения (централизованные или распределенные), а также степенью адапта-

ции режима доступа к изменяющимся условиям. Все существующие методы МД можно сгруппировать и выбрать в качестве основания классификации способ управления распределением ресурса общего канала (рис. 1).

При случайном МД весь ресурс канала связи представляется как один канал, доступ в который происходит случайно. Корреспондентам предлагается совершить определенную последовательность действий с целью разрешения конфликта. Каждый пользователь при необходимости может передавать данные в канал, не выполняя явного согласования с другими пользователями.

Возможны два варианта реализации стратегии случайного доступа: без контроля несущей и с контролем несущей.

Случайный доступ без контроля несущей состоит в том, что при необходимости передачи данных терминал пользователя сразу начинает передачу пакетов. Поскольку пакеты передаются без синхронизации между собой, то возможно их наложение, что вызывает взаимные помехи. При возникновении такого конфликта, подтвержденного сигналом обратной связи, терминалы повторяют передачу искаженных пакетов. Во избежание повторения конфликтов промежутки времени до начала повторной передачи на каждом терминале выбираются случайно.

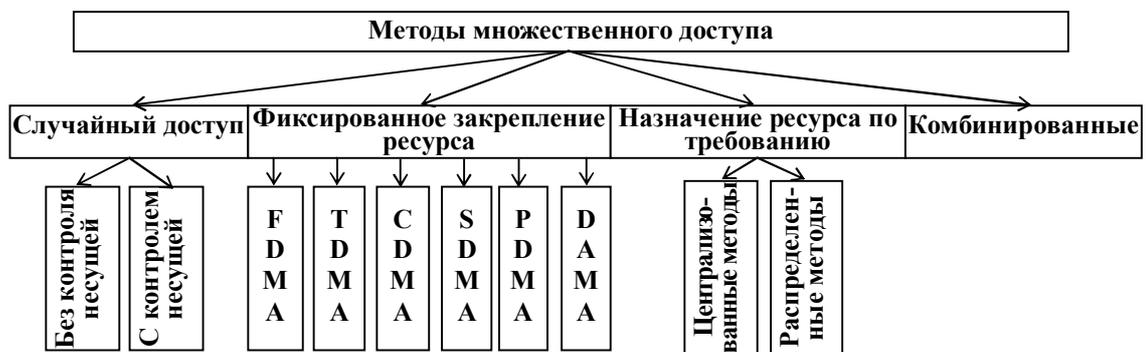


Рис. 1. Методы множественного доступа

Случайный доступ с контролем несущей предполагает возможность контролировать наличие передачи информации другими корреспондентами. К недостаткам методов случайного доступа можно отнести наличие «коллизий», вероятность которых увеличивается с увеличением числа абонентов и наличие дополнительных процедур, что снижает суммарную пропускную способность сети.

Протоколы фиксированного закрепления ресурса канала обеспечивают статическое распределение ресурса канала между пользователями.

МД с частотным разделением каналов (FDMA - Frequency Division Multiple Access). Полоса частот, выделенная под радиоканал, делится на более узкие полосы (субканалы), между которыми устанавливаются защитные полосы. При такой организации радиоканала каждому абоненту выделяется свой (отдельный) частотный субканал. Для уменьшения соканальных помех используются более эффективные методы модуляции, улучшаются характеристики фильтра, вводятся защитные интервалы.

Число пользователей на одну базовую станцию (сектор) рассчитывается как

$$N_a = \Delta F / (\Delta f_k + \Delta f_z),$$

где Δf_k - полоса частот, занимаемая полезным сигналом, нормируется по уровню -20 дБ от максимального значения спектральной плотности; Δf_z - защитный интервал, служащий для снижения уровня помех по соседнему каналу до допустимого значения.

Эффективность использования частотного ресурса данного метода оценивается как:

$$k = \Delta f_{kan} / \Delta f,$$

где Δf_{kan} - частотный ресурс канала, Δf - частотный ресурс базовой станции.

Дальнейшим развитием данного метода является использование режима OFDMA - МД с ортогональным частотным разделением каналов. В этом методе доступа ортогональные частотные субканалы могут частично перекрываться, что позволяет более эффективно использовать выделенный частотный ресурс. В современных системах беспроводного доступа, использующих режим OFDMA, на одного абонента может выделяться несколько субканалов, как правило, распределенных (то есть не обязательно соседних) внутри общего радиоканала.

Недостатком МД с частотным разделением каналов есть низкая эффективность использования частотного ресурса.

МД с временным разделением каналов (TDMA - Time Division Multiple Access). Все абоненты работают в общем радиоканале, но в разные (свои) временные интервалы, выделяемые для каждой работающей абонентской станции. Также широко применяются комплексные методы множественного

доступа, например, OFDM/TDMA. В этом случае формируется частотно-временная матрица, в которой каждому абоненту выделяются свои частотно-временные слоты.

Общее число абонентов для TDMA схемы определяется выражением

$$N_a = T / (T_k + T_z).$$

Недостатком МД с временным разделением каналов есть низкая эффективность использования частотного ресурса.

Способы FDMA и TDMA обеспечивают одинаковую скорость передачи при равном числе абонентских станций (АС). Задержка передачи для FDMA равна задержке распространения T_r радиоволны от АС к базовой станции (БС), а для TDMA - к задержке распространения добавляется время ожидания передачи T_o :

$$T_z = T_r + T_o = T_r + \left(\frac{T}{2}\right) \left(1 - \frac{1}{N_a}\right).$$

Технология кодового доступа (CDMA - Code Division Multiple Access) основана на применении широкополосных сигналов, сформированных с использованием псевдослучайных последовательностей. При этом методе для каждого абонента в общей полосе частот формируется отдельный кодированный канал. Основными преимуществами CDMA являются конфиденциальность, борьба с замираниями, повышение помехоустойчивости

Недостаток метода - низкий коэффициент использования частотного ресурса при большом числе абонентов.

Дальнейшее повышение эффективности применения частотно-территориального ресурса связано с повторным использованием частот благодаря методам пространственного и поляризационного разделения каналов (SDMA и PDMA), которые реализуются за счет свойств антенных систем.

МД с пространственным разделением каналов (SDMA - Space Division Multiple Access), который разделяется на следующие технологии:

- MISO (Multiple Input Single Output) - многоэлементная антенная система на прием, одноэлементная - на передачу;

- MIMO (Multiple Input Multiple Output) - многоэлементные антенные системы на прием/передачу;

- AAS (Adaptive Antenna System) - адаптивные антенные системы.

При этом для первых двух технологий для каждого абонента в общей полосе частот формируются отдельные кодированные каналы, что позволяет эффективно использовать частотный ресурс. Применение же цифровых антенных решеток (третья технология) позволяет в соответствии с заложенным

алгоритмом формировать требуемые диаграммы направленности, как на прием, так и на передачу (например, сформировать максимум ДНА в направлении на источник передачи информации и минимум на источник помех), что существенно расширяет возможности этого метода МД. В этом случае обеспечивается пространственный метод разделения абонентов (пространственный МД). Однако это требует организации значительного числа пространственных каналов и, как следствие, значительных геометрических размеров антенной решетки.

Методы назначения ресурса по требованию позволяют избавиться от недостатков, присущих вышперечисленным методам, но предполагают подробную и четкую информацию о требованиях пользователей сети.

По природе процессов принятия решения методы назначения ресурса по требованию подразделяют на централизованные и распределенные.

Централизованные методы назначения ресурса по требованию, характеризуются наличием запросов на передачу со стороны терминалов источника сообщения. Принятие решения о предоставлении ресурса осуществляется центральной станцией.

Распределенные методы назначения ресурса по требованию отличаются тем, что все пользователи производят одни и те же операции, не прибегая к помощи центральной станции, и используют дополнительную служебную информацию, которой обмениваются друг с другом. Все алгоритмы с распределенным управлением требуют обмена управляющей информацией между пользователями. Комбинированные методы представляют собой комбинации предыдущих методов распределения ресурса, и реализуют стратегии, в которых выбор метода является адаптивным для различных пользователей с целью получения характеристик используемого ресурса канала, близких к оптимальным. В качестве критерия оптимальности, как правило, принимается коэффициент использования пропускной способности канала. На основе протоколов данного типа

осуществляется подстройка параметров под конкретную обстановку в сети.

В общем случае максимальный эффект дают комбинированные методы разделения каналов, использующие все физические признаки радиосигналов, такие как частота, время, пространство и поляризация.

Эффективность методов разделения каналов оценивают количеством одновременно действующих абонентов N_a и степенью использования пропускной способности

$$\eta_{N_a} = \sum_{i=1}^{N_a} C_i / C,$$

где C - пропускная способность БС при $N_a = 1$; C_i - пропускная способность i -й АС.

Таким образом, каждый из рассмотренных способов распределения ресурса обладает достоинствами и недостатками.

На практике целесообразно иметь всю совокупность методов и осуществлять адаптивный переход от одного метода к другому при определенных изменениях рабочих условий [4].

Вывод

Сравнительный анализ показал, что наиболее эффективными методами МД есть комбинированные (адаптивные) методы, основой которых есть пространственный метод множественного доступа.

Список литературы

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. – М.: Экотрендз, 2005. – 384 с.
2. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, испр. и доп. / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.

Надійшла до редколегії 18.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ІІ. Обод, Харківський Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ У МЕРЕЖАХ РАДІОДОСТУПУ

О.С. Мальцев

У статті показано що алгоритм управління до середовища частенько є «вузьким місцем» усієї мережі радіодоступу та суттєво знижує її потенційну продуктивність. Дається класифікація та порівняльний аналіз методів множинного доступу. Показано переваги використання комбінованого множинного доступу до середовища передачі.

Ключові слова: алгоритм управління, мережа радіодоступу, методи множинного доступу.

COMPARATIVE ANALYSIS MULTIPLE ACCESS TECHNIQUE NETWORKS RADIO

O.S. Maltsev

The article shows that the medium access control algorithm is often a "bottleneck" of the entire radio network and significantly reduces its potential performance. The classification and comparative analysis of multiple access methods. The advantage of using a combined technique of multiple access to the transmission medium.

Keywords: the control algorithm, the radio access network, a multiple access method.