

---

УДК 004.045:621.396.96

И.И. Обод, Кинан Арус

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА В МОБИЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

*В статье, на основании анализа суммарной пропускной способности мобильной информационной сети, показывается, что алгоритм управления доступом к среде зачастую представляет собой «узкое место» всей информационной сети и существенно снижает ее потенциальную производительность. Дается классификация и сравнительный анализ методов множественного доступа.*

**Ключевые слова:** мобильная информационная сеть, методы множественного доступа.

### Введение

**Постановка проблемы и анализ литературы.**  
В последние десятилетия наблюдается увеличение числа телекоммуникационных сетей локального и

регионального (городского) масштаба, где применение беспроводных технологий связи обеспечивает гибкость топологии сети, включая поддержку мобильных абонентов, быстроту проектирования и низкие затраты на реализацию. В современном обществе

мобильные информационные сети (МИС) и технологии играют роль ускорителя развития информационных (технологических) экономик и перехода к новому уровню качества жизни людей. Бесспорными лидерами на рынке технологий, использующих каналы множественного доступа, являются протоколы региональных (городских) и локальных сетей. Активный процесс международной стандартизации, производства беспроводного оборудования и развертывания сетей передачи информации традиционно выводит на передний план задачи так называемого физического уровня. Как следствие, на порядки возрастает скорость работы оборудования, а также значительно усложняется его структура. 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 – 3]. Это обуславливает актуальность совершенствования методом множественного доступа (МД).

**Цель работы.** Сравнительный анализ методов множественного доступа в МИС.

### Основная часть

Метод доступа в МИС существенным образом определяет основной показатель информационной сети – пропускную способность. Действительно суммарная пропускная способность МИС зависит от количества используемых частотных присвоений, способа распределения частотно-территориального ресурса, возможностей повторного использования частотных каналов, условий распространения радиоволн, помеховой обстановки и других, уже перечисленных выше, факторов:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij} (N_k \cdot \vec{P}_{dost} \cdot \vec{P}_{dyp1} \cdot K_{povt}), \quad (1)$$

где  $N_b$  – количество базовых станций в сети;  $N_c$  – количество секторов на одну базовую станцию;  $N_k$  – число каналов на одну базовую станцию (сектор);  $C_{ij}$  – пропускная способность на один сектор;  $\vec{P}_{dost}$  – вектор параметров протокола доступа к каналам;  $\vec{P}_{dyp1}$  – вектор параметров дуплексного разделения каналов;  $K_{povt}$  – коэффициент повторного использования частот.

В каждом конкретном случае МИС расчет пропускной способности (1) требует учета топологии сети, особенностей рельефа местности, типа застройки, особенностей распространения радиоволн, энергетических соотношений сигналов и помех, расположения абонентов и т.д. Выбором параметров модуляции, кодирования, мощности излучения передатчика, характеристик направленности антенн, способов обработки сигналов, синхронизации, протоколов доступа к каналам, разделением дуплекса пропускная способность сети может быть существенно увеличена. В современных системах со способами разделения каналов CDMA и OFDMA с технологиями обработки сигналов BLAST, MIMO увеличение может составлять до нескольких раз.

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 адаптации 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).

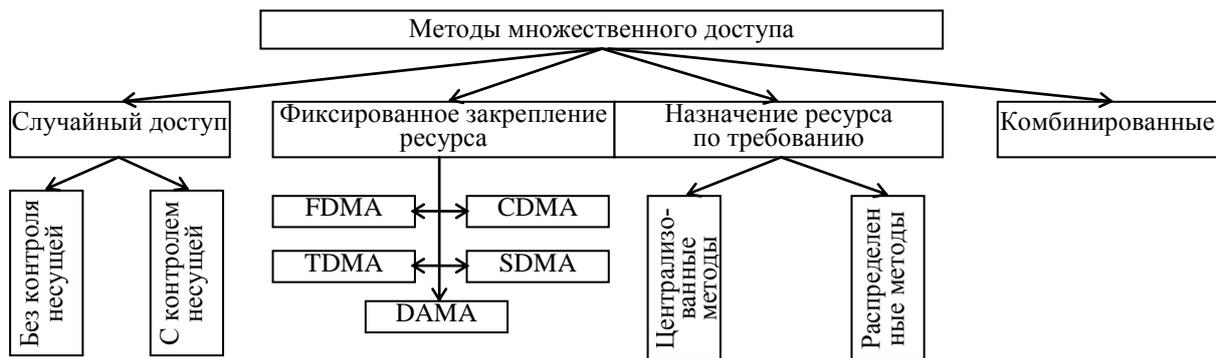


Рис. 1. Методы множественного доступа

**Протоколы случайного доступа.** При случайном МД весь ресурс канала связи представляется как один канал, доступ в который происходит случайно, в результате чего возможно столкновение пакетов передаваемой информации. 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. Наличие обратной связи позволяет взаимодействующим корреспондентам контролировать прохожде-

ние передаваемой информации. 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 передать данные, 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.

Случайный доступ с контролем несущей предполагает возможность контролировать наличие передачи информации другими корреспондентами. В случае отсутствия передачи данных незанятые временные промежутки имеются для передачи своей информации. В случае столкновения пользователи задерживают передачу пакетов на некоторый интервал времени. В настоящее время существуют две разновидности протокола: настойчивый и ненастойчивый. Различие заключается в том, что в первом случае пользователи подвижных объектов, обнаруживая столкновения, начинают передачу сразу, а при втором через определенный интервал времени. 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.** 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. Каждому пользователю при частотном разделении каналов на время сеанса связи выделяется свой участок спектра. На практике всегда присутствуют соканальные помехи, которые влияют на эффективность использования спектра. Для уменьшения соканальных помех используются более эффективные методы модуляции, улучшаются характеристики фильтра, вводятся защитные интервалы.

Эффективность использования частотного ресурса данного метода оценивается как:

$$k = \Delta f_{\text{kan}} / \Delta f, \quad (2)$$

где  $\Delta f_{\text{kan}}$  – частотный ресурс канала;  $\Delta f$  – 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.

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

МД с кодовым разделением каналов (CDMA – Code Division Multiple Access). Технология кодового доступа основана на применении широкополосных сигналов, сформированных с использованием псевдослучайных последовательностей. При этом методе для каждого абонента в общей полосе частот формируется отдельный кодированный канал. Недостаток метода – низкий коэффициент использования частотного ресурса при большом числе абонентов.

МД с распределением по запросу (DAMA – Demand Assigment Multiple Access). Базовая станция в соответствии с принятыми от абонентских станций запросами предоставляет им право доступа в определенные интервалы времени.

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 эф-

фективно 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. Действительно, 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.

**Протоколы назначения ресурса по требованию.** Методы назначения ресурса по требованию позволяют избавиться от недостатков, присущих вышеперечисленным 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.

Соответствующие протоколы отличаются наличием жестко закрепленных за каждым подвижным объектом каналов резервирования и наличием центральной станции управления. Протоколы характеризуются высоким значением коэффициента использования пропускной способности базовой станции, однако критичны к нарушениям функционирования системы управления.

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. Протоколы характеризуются жестким закреплением каналов резервирования за подвижным объектом. При этом на каждом объекте имеется таблица закрепления запросных каналов, следовательно, любой подвижный объект в любой момент времени имеет информацию о состоянии всей сети.

**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 оптималь-

ным. 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.

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].

Результаты расчета коэффициента использования частотного ресурса для некоторых методом МД представлены на рис. 2.

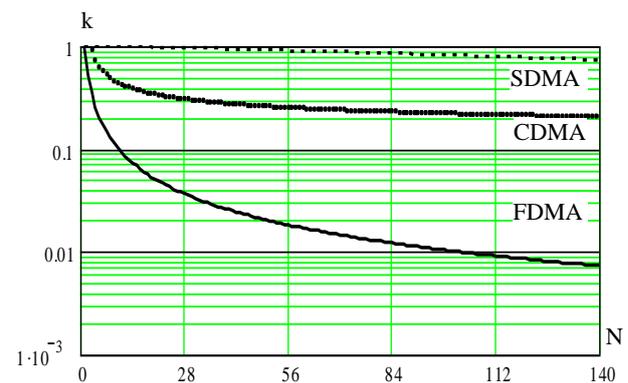


Рис. 2. Коэффициент использования частотного ресурса

Из приведенных зависимостей следует, что наибольшую эффективность имеет МД с пространственным разделением каналов.

## Выводы

Полученные результаты показали, что наиболее эффективными методами МД есть комбинированные (адаптивные) методы.

## Список литературы

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Раснаев. – М.: ЭкоТрендз, 2005. – 384 с.
2. Alazemi H.M.K. Stochastic modeling and analysis of 802.11 DCF with heterogeneous non-saturated nodes / H.M.K. Alazemi, A. Margolis, J. Choi, R. Vijaykumar, S. Roy // Computer Communications. – 2007. – Vol. 30, no. 18. – P. 3652-3661.
3. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи; Изд. второе, испр. и доп. / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
4. Пат. на корисну модель № 70955 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Нікітін Л.О., Нікітін С.О., Свід І.В., Тюрін О.О. від 03.01.2012.

Поступила в редколлегию 23.11.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.В. Ермаков, Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков.

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ  
У МОБІЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

I.I. Обод, Кінан Арус

*У статті, на підставі аналізу сумарної пропускної спроможності мобільної інформаційної мережі, показується, що алгоритм управління доступом до середовища частенько є «вузьким місцем» всієї інформаційної мережі і істотно знижує її потенційну продуктивність. Дається класифікація і порівняльний аналіз методів множинного доступу.*

**Ключові слова:** мобільна інформаційна мережа, методи множинного доступу.

**A COMPARATIVE ANALYSIS OF PLURAL ACCESS METHODS  
IS IN MOBILE INFORMATIVE NETWORKS**

I.I. Obod, Kinan Arous

*In the article, on the basis of analysis of total carrying capacity of mobile informative network, shown, that an algorithm of access control to the environment frequently is a «bottleneck» of all informative network and substantially reduces its potential productivity. Classification and comparative analysis of plural access methods is given.*

**Keywords:** mobile informative network, plural access methods.