

### Литература

1. *Аbrasimov M.B., Matorin A.A.* Анализ надежности графических captcha-систем на примере проекта reCAPTCHA // Математические основы интернет-безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-nadezhnosti-graficheskikh-captcha-sistem-na-primere-proekta-kcaptcha> (дата обращения: 10.04.2019).
2. *Habr* [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/globalsign/blog/415075/> (дата обращения: 26.02.2019).
3. *Zhang T.Y., Suen C.Y.* A fast parallel algorithm for thinning digital patterns // *Comm. ACM.* 1984. Vol. 27. № 3. P. 236–239.

### Literatura

1. *Abrasimov M.B., Matorin A.A.* Analiz nadezhnosti graficheskikh captcha-sistem na primere proekta reCAPTCHA // *Matematicheskie osnovy internet-bezopasnosti* [Ehlektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-nadezhnosti-graficheskikh-captcha-sistem-na-primere-proekta-kcaptcha> (data obrashcheniya: 10.04.2019).
2. *Habr* [Ehlektronnyj resurs]. URL: <https://habr.com/ru/company/globalsign/blog/415075/> (data obrashcheniya: 26.02.2019).
3. *Zhang T.Y., Suen C.Y.* A fast parallel algorithm for thinning digital patterns // *Comm. ACM.* 1984. Vol. 27. № 3. P. 236–239.

DOI: 10.25586/RNUV9187.19.02.P.138

УДК 004.72

Р.Б. Сулейманов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА  
В СИСТЕМАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ  
АНТЕННАМИ

Рассматривается использование технологий множественного доступа в системах мобильной связи. Особое внимание уделяется исследованию множественного доступа типа CDMA, который имеет широкую сферу применения и используется в системах с интеллектуальными антеннами.

*Ключевые слова:* система множественного доступа, канал связи, мобильная связь, передача сигнала, CDMA, интеллектуальная антенна.

R.B. Suleymanov

RESEARCH OF QUESTIONS OF MULTIPLE ACCESS  
IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS WITH INTELLECTUAL  
ANTENNAS

The article discusses the use of multiple access technologies in mobile communication systems. Particular attention is pay to the study of multiple access type CDMA, which has a wide range of applications and is use in systems with intelligent antennas.

*Keywords:* multiple access system, communication channel, mobile communication, signal transmission, CDMA, intelligent antenna.

На всех этапах развития человеческого общества одним из самых ценных и важных ресурсов была информация. Сегодня сложно представить, что передача информации даже несколько столетий назад являла собой сложный процесс. Люди отправляли письма через гонцов, отправляли весточки через почтовых голубей. Несложно предположить, что при таком виде передачи информации проходило много времени и часто нарушался один из главных аспектов – актуальность информации.

Идеи о передаче информации по линиям связи появились в XVIII веке. Тогда Иоганн Винклер работал над вопросом создания телеграфной связи путем создания и передачи электрических зарядов на расстоянии. Телеграф, телефон, радио – вот что стало предшественниками привычной нам мобильной связи, которая доступна каждому.

Сети мобильной связи позволяют пользователям обмениваться данными, речевыми сообщениями на неограниченном расстоянии с помощью карманного устройства передачи. Расширение сферы влияния сотовых сетей связи повлекло за собой увеличение емкости за счет расширения обслуживаемой территории и используемого частотного ресурса. В связи с этим наиболее актуальным стал вопрос о повышении эффективности использования уже имеющегося у оператора канального ресурса.

Система мобильной связи, алгоритмы передачи сигнала строятся таким образом, чтобы абонент мог одновременно отправлять информацию с мобильного устройства на базовую станцию и получать информацию с базовой станции на мобильное устройство [2, с. 54].

Система делит любую заданную область на ячейки, где мобильный блок в каждой ячейке взаимодействует с базовой станцией мобильного оператора связи. Основной целью при проектировании мобильной системы связи является возможность увеличить пропускную способность канала, то есть обрабатывать как можно больше вызовов в данном спектре частот при достаточном уровне качества обслуживания [1].

Существует несколько способов разрешить доступ к каналу связи [3]:

- множественный доступ с частотным разделением (FDMA);
- множественный доступ разделения времени (TDMA);
- множественный доступ с кодовым разделением (CDMA);
- множественный доступ с разделением пространства (SDMA).

В зависимости от того, как доступная полоса пропускания выделяется пользователям, эти методы можно разделить на две группы.

#### 1. Узкополосные системы.

Системы, работающие с каналами существенно более узкими, чем полоса пропускания когерентности, называются узкополосными системами. Узкополосный TDMA позволяет пользователям использовать один и тот же канал, но выделяет уникальный временной интервал для каждого пользователя на канале, таким образом разделяя небольшое количество пользователей во времени на одном канале.

#### 2. Широкополосные системы.

В широкополосных системах пропускная способность одного канала намного больше, чем пропускная способность когерентности канала. Таким образом, многолучевое затухание не сильно влияет на принимаемый сигнал в пределах широкополосного канала, а частотно-селективные затухания происходят лишь в малой доле полосы пропускания сигнала.

*Множественный доступ с частотным разделением (FDMA)*

FDMA является базовой технологией для передовых услуг мобильной связи. Основными характеристиками FDMA выступают следующие критерии:

- FDMA выделяет различные поддиапазоны частоты для каждого пользователя для доступа к сети;
- Если FDMA не используется, канал остается бездействующим вместо выделения другим пользователям;
- FDMA реализован в узкополосных системах и является менее сложным, чем TDMA;
- плотная фильтрация производится здесь, чтобы уменьшить помехи соседнего канала;
- базовая станция BS и передвижная станция MS передают и получают одновременно и непрерывно в FDMA.

*Множественный доступ разделения времени (TDMA)*

В случаях, когда непрерывная передача не требуется, вместо FDMA используется TDMA. Особенности TDMA:

- TDMA разделяет одну несущую частоту с несколькими пользователями, где каждый пользователь использует неперекрывающиеся временные интервалы;
- передача данных в TDMA не является непрерывной, а происходит в виде пакетов. Следовательно, процесс handoff проще;
- TDMA использует различные временные интервалы для передачи и приема, поэтому удвоители не требуются;
- TDMA имеет преимущество, которое позволяет распределять разное количество временных интервалов на кадр для разных пользователей;
- пропускная способность может предоставляться по требованию различным пользователям путем объединения или переназначения временного интервала на основе приоритета.

*Множественный доступ с кодовым разделением (CDMA)*

Метод множественного доступа с кодовым разделением является примером множественного доступа, когда несколько передатчиков используют один канал для передачи информации одновременно. Имеет следующие характеристики:

- в CDMA каждый пользователь использует весь доступный спектр вместо того, чтобы получить выделенный отдельной частотой;
- CDMA рекомендуется для голосовой связи и передачи данных;
- пока множественные коды занимают такой же канал в CDMA, потребители, имея такой же код, могут связываться друг с другом;
- CDMA предлагает больше емкости воздушного пространства, чем TDMA;
- антенны между базовыми станциями очень хорошо отрегулированы CDMA.

*Множественный доступ с разделением пространства (SDMA)*

Множественный доступ с разделением пространства, или пространственным разделением, является архитектурой MIMO (multiple-input multiple-output) и используется в основном в беспроводной и спутниковой связи. Он имеет следующие особенности:

Сулейманов Р.Б. Исследование вопросов множественного доступа...

- все пользователи могут общаться одновременно, используя один и тот же канал;
- SDMA полностью свободен от помех;
- один спутник может взаимодействовать с несколькими приемниками спутников той же частоты;
- дирекционные антенны spot-beam использованы последовательно, базовая станция в SDMA, может отслеживать трафик потребителя;
- управляет излучаемой энергией для каждого пользователя в пространстве.

Для повышения пропускной способности большой дальности связи при низкой мощности излучения в ранее рассмотренных системах используют интеллектуальные антенны. Рассмотрим использование интеллектуальных антенн в системах CDMA [5]. Способ обработки основной полосы частот на основе интеллектуальной антенны и подавления помех заключается в выполнении оценки каналов для получения отклика всех пользователей на всех каналах, выборе сигнала с полезным символическим уровнем из принятого цифрового сигнала с помощью формирования луча интеллектуальной антенны на основе оценки каналов, в выполнении реконструкции сигнала с помощью полученного полезного сигнала и добавлении кода скремблирования для получения реконструированного сигнала на уровне элементарной посылки, в вычитании реконструированного сигнала из принятого цифрового сигнала, причем указанные действия выполняют повторно до восстановления сигналов всех пользователей [4]. Рассмотрим общую схему систем мобильной связи с интеллектуальными антеннами при использовании модели CDMA.

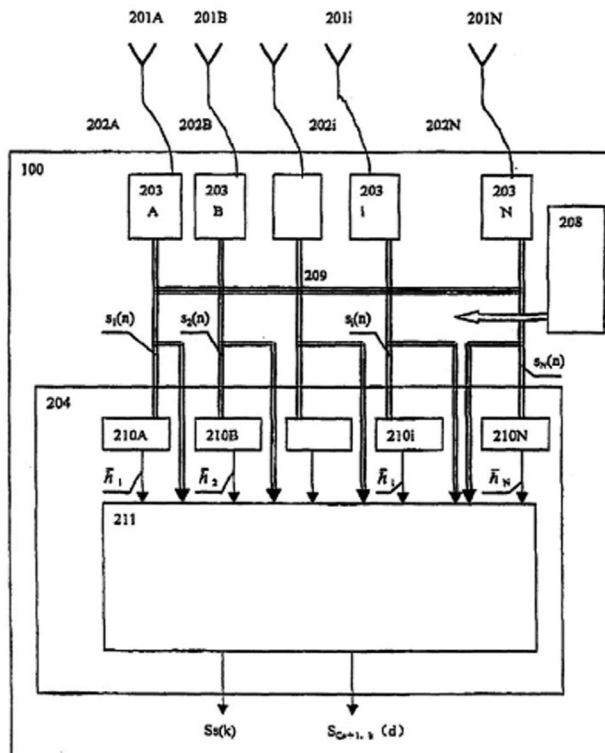


Схема множественного доступа с интеллектуальными антеннами

Множественный доступ в системах мобильной связи с интеллектуальными антеннами является важным аспектом в развитии современных технологий. Сегодня, несмотря на развитие телекоммуникационных сетей, отдаленные населенные пункты до сих пор не имеют возможности использовать мобильную связь. Использование интеллектуальных антенн, которые значительно улучшают сигнал, идущий по каналу связи, позволяют значительно улучшить ситуацию. В крупных городах использование подобных систем позволяет полностью решить проблему с перегрузкой локальных линий мобильных операторов. Нельзя предугадать, в каком направлении сделает следующий шаг технический прогресс, но системы мобильной связи, поддерживающие коммуникации между слоями населения, будут развиваться и совершенствоваться на протяжении всего существования человечества.

### Литература

1. *Быховский М.А.* Частотное планирование сотовых сетей мобильной радиосвязи. М.: Электросвязь, 1993. № 8.
2. *Кротов Н.А., Шорин О.А.* Экспериментальные результаты применения алгоритмов перераспределения нагрузки в сетях стандарта GSM. М.: Труды МТУСИ, 2004. С. 59–66.
3. Habr. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/92980>.
4. *Newell G.* Nonlinear effects in the dynamics of car-following // Oper. Res. 2017. № 9.
5. *Razavilar J., Ray Liu K.J.* Traffic Improvements in Wireless Communication Networks Using Antenna Arrays. Режим доступа: <http://sig.umd.edu/publications/razavilarJSAC200003.pdf>.

### Literatura

1. *Bykhovskij M.A.* Chastotnoe planirovanie sotovykh setej mobil'noj radiosvyazi. M.: Ehlektrosvyaz', 1993. № 8.
2. *Krotov N.A., Shorin O.A.* Ehksperimental'nye rezul'taty primeneniya algoritmov pereraspredeleniya nagruzki v setyakh standarta GSM. – M.: Trudy MTUSI, 2004. – S. 59–66.
3. Habr. Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/post/92980>.
4. *Newell G.* Nonlinear effects in the dynamics of car-following // Oper. Res. 2017. № 9.
5. *Razavilar J., Ray Liu K.J.* Traffic Improvements in Wireless Communication Networks Using Antenna Arrays. Rezhim dostupa: <http://sig.umd.edu/publications/razavilarJSAC200003.pdf>.

DOI: 10.25586/RNUV9187.19.02.P.142

УДК 007.52

В.А. Минаев, Е.В. Вайц, Е.А. Ефремов, А.Е. Ковалевский

### БЕЗОПАСНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ В СТРАНАХ ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ

Выявлено, что обострение криминогенной обстановки в странах Латинской Америки (ЛА) привело к поиску новых технологических решений проблем безопасности государств и граждан. Рассмотрено значение ЛА как крупнейшего рынка биометрических технологий (БТ). Выделены два типа биометрических данных: статические, полученные человеком с рождения, и динамические, меняющиеся со временем или под внешним воздействием. Установлено, что среди БТ