

ке криптосистем и проведение их сертификации требует значительных средств, что не может не отразиться на стоимости конечного продукта и под силу далеко не всем организациям. А потому, по-моему мнению, нужна соответствующая программа для поддержки отечественных разработок, предоставления грантов и т. д.

Комплексное решение указанных проблем позволит получить преимущества, которые предоставляет электронный банкинг при высоком уровне безопасности банковских информационных систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие для следователя. Расследование преступлений повышенной общественной опасности [под ред. Н. А. Селиванова]. – М. : Лига Разум. – 1999. – С. 420.
2. Курило Н. Віртуальний злочинець? Розкритий і знешкоджений! / Н. Курило // Крок. – 2001. – № 19.
3. Комп'ютерна злочинність : навчальний посібник. – Київ : Атік. – С. 89.
4. Про затвердження Програми реалізації положень Варшавської конференції щодо спільної боротьби проти тероризму : Постанова КМ України від 14 грудня 2001 р. № 1694.
5. Зубок М. І. Безпека банківської діяльності : навч. посіб. / М. І. Зубок. – К. : КНЕУ, 2002. – 190 с.
6. Протидія злочинам, які вчиняються з використанням комп'ютерних мереж : тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (м. Севастополь, 1–2 жовтня 2010 року) / Державний вищий навчальний заклад «Українська академія банківської справи НБУ». – Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2010.

*Е. Матович,*

*студент 5 курсу факультета*

*Комп'ютерних наук и инновационных технологий,*

*Международный гуманитарный университет;*

*руководитель – д-р. техн. наук, проф. С. А. Михайлов*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ РАДИОДОСТУПА В СТАНДАРТЕ WiMax

Ввиду растущей интеграции телекоммуникаций и компьютерной техники, на сегодня в номенклатуре средств абонентского доступа главное место занимают технологии широкополосного радиодоступа. Новейшие технологии широкополосного радиодоступа призваны решать целый комплекс заданий из обеспечения персонализации, мобильности и мультимедийности средств связи.

Wireless Fidelity (WiFi) – технология на базе стандарта IEEE 802.11b и IEEE 802.11a, работающая в режимах – «клиент-сервер» и «точка-точка». С целью сдерживания неконтролируемого роста промышленного рынка средств широкополосного радиодоступа, уменьшения расходов, разработки эффективных механизмов взаимодействия разных радиотехнологий, упрощения развертывания сетей и расширения ассортимента услуг, были разработаны и другие модификации стандарта IEEE 802.11.

Комплекс общетехнических подходов относительно последующего повышения показателей спектральной эффективности и пропускной способности радиотехнологии WiFi 802.11b с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) характеризуется многими составляющими, среди которых главное место занимают методы множественных антенн (MIMO). Благодаря эффективным решениям техника MIMO обладает рядом преимуществ перед аналогичными методами повышения спектральной эффективности радиотехнологии и достоверности передачи данных. Ожидается, что в

ближайшие годы методы ММО станут доминирующими в контексте общего перехода к спектроэффективным радиотехнологиям подвижной связи 3-го и 4-го поколений.

Ортогональное частотное разделение каналов является методом высокоскоростной передачи, при котором последовательный поток информации из  $N$  символов, разбивается на  $n$  блоков по  $N/n$  символов в каждом, причем символы разных блоков передаются «параллельно», каждый на своей поднесущей частоте.

В технологии OFDM также происходит деление полной доступной полосы частот на множественное число узких подполос, в каждой из которых на соответствующих поднесущих осуществляется передача информационных сигналов. При этом передаваемый высокоскоростной последовательный поток данных разделяется на несколько низкоскоростных потоков данных, которые передаются параллельно на разных поднесущих.

Основная идея сигнальной обработки в OFDM заключается в одновременной передаче информационных данных в наборе ортогональных узкополосных поднесущих, для получения которых используется превращение потока данных из последовательной в параллельную форму. В системе параллельной передачи данных полная полоса частот сигнала разделяется на  $N$  частотных подканалов, которые между собой не перекрываются. Каждый подканал модулируется отдельным символом, после чего  $N$  подканалов мультиплексируются в частотной области.

Спектр OFDM сигнала не является строго ограниченным по полосе, линейное искажение типа многолучевости приводит к тому, что каждый подканал распространяет энергию на смежные каналы, вызывая тем самым межсимвольную интерференцию. Простым решением этой проблемы может быть увеличение длительности информационного символа или общего количества несущих, однако использование данного метода ограничивается стабильностью несущей, допустимыми уровнями доплеровского сдвига, размерностью дискретного преобразования Фурье и длительностью задержки в радиоканале.

В дискретных каналах, которыми являются реальные каналы цифровых систем, с ростом отношения сигнал/шум удельная скорость передачи сначала растет тем же темпом, что и в непрерывном канале, но по достижении некоторого порога её рост резко замедляется, и она фактически перестает зависеть от отношения сигнал/шум, достигая своего номинального значения, которое обуславливается количеством значимых позиций для канала без шума. Таким образом, в системе с дискретным каналом и фиксированной полосой частот, рост показателя пропускной способности может быть обеспечен только путем увеличения количества значимых позиций сигнала. Но это, в свою очередь, требует или соответствующего увеличения отношения сигнал/шум, что не всегда возможно, или применение мощных помехоустойчивых кодов, что также имеет свои ограничения.

Современные системы радиодоступа поддерживают мультимедийное обслуживание за счет использования широкополосных сигналов. Потому повышение системной эффективности за счет простого увеличения ширины канала ограничено имеющимся частотным ресурсом. Кроме того, канал в современных системах радиодоступа характеризуется многолучевыми замираниями и случайной статистикой, которая налагает дополнительные ограничения на ширину полосы пропускания. В конечном итоге, увеличение пропускной способности за счет повышения мощности полезных сигналов на сегодня уже не является эффективным.

Одним из перспективных путей решения проблемы повышения спектральной эффективности современных систем радиодоступа является использование многоэлементных антенных решеток (АР) как на приемном, так и на передающем концах линии связи. Использование АР позволяет осуществлять пространственную и временную обработку сигналов, более эффективно использовать излучаемую передатчиком мощность и подавлять помехи. Вследствие этого пропускная способность теоретически может быть увеличена пропорционально количеству антенных элементов в сравнении с обычными системами связи, которые используют одноэлементные антенны (без увеличения полной излучаемой мощности и полосы частот).

На сегодня целесообразно рекомендовать использование многоэлементных антенн в виде так называемых интеллектуальных антенн (смарт-антенн). Интеллектуальные антенны принадлежат к системам антенных решеток с алгоритмами интеллектуальной обработки сигнала, которые используются для определения направления прибытия сигнала и для вычисления векторов диаграммы направленности, для отслеживания и определения расположения луча антенны в нужном направлении.

В интеллектуальных антеннах применяются такие методы сигнальной обработки:

1. *Формирование диаграммы направленности* (также известно как коммутация лучей) для концентрации энергии сигнала в главном направлении;

2. *Объединение на приеме* (также известно как разнесение) для захвата сигнального луча с наивысшей амплитудой в любой момент.

Использование метода формирования диаграммы направленности приводит к увеличению среднего отношения сигнал/шум путем фокусировки энергии в желаемых направлениях на передающей или приемной сторонах. Метод объединения на приеме, который также называется пространственным разнесением, используется для захвата в каждый момент сигнального луча с наибольшей амплитудой. При условии воздействия замираний, вызванных многолучевым распространением, вероятность потери сигнала уменьшается экспоненциально с ростом количества используемых антенных элементов без корреляции.

Таким образом, путем использования интеллектуальных антенн, возможно достичь улучшения показателей обслуживания абонентов радиодоступа в смысле размеров зон радиопокрытия и качества соединения.

В отличие от технологий интеллектуальных антенн, технология множественных антенн (Multiple Input Multiple Output – МІМО) допускает использование отдельных многолучевых радиоканалов для одновременной передачи разной информации, тем самым повышая общую пропускную способность системы радиодоступа.

В общем случае методы МІМО используют преимущество пространственного разнесения и пространственного мультиплексирования радиоканалов в многолучевой среде. В зависимости от методов, которые применяются для повышения общей спектральной эффективности, системы радиодоступа, технология МІМО разделяется на три класса.

1. *Методы МІМО класса 1*, предназначенные для улучшения отношения сигнал/шум путем максимизации пространственного разнесения. К методам МІМО класса 1 относятся :

- разнесение по задержке сигнала;
- пространственно-временные блочные коды (STBC);
- пространственно-временные треллис коды (STTC);

2. *Методы МІМО класса 2* используют так называемый уровневый подход для увеличения пропускной способности. Одним из наиболее эффективных методов МІМО

класса 2 есть метод V-BLAST (Vertical Bell Labs Layered Space-Time Architecture), который основывается на пространственном мультиплексировании;

3. *Методы MIMO класса 3* основываются на использовании знания статистических данных канала для предварительной и последующей обработки на передающей и приемной стороне с целью достижения предельной пропускной способности. В основу методов MIMO класса 3 положено разложение на сингулярные числа матриц канальных коэффициентов.

Методы MIMO используют многоэлементные антенные решетки как на передающей, так и на приемной стороне радиолинии и значительно повышают пропускную способность в сравнении с системами, в которых множественные антенны обычно используются лишь на одной стороне (MISO и SIMO) или не применяются вообще (SISO).

Для одинакового соотношения сигнал/шум удельная пропускная способность для MIMO-OFDM может быть почти в два раза больше удельной пропускной способности SISO-OFDM системы. Например, при отношении сигнал/шум 20 дБ удельная пропускная способность для системы с одной передающей и одной приемной антенной равняется приблизительно 6,6 бит/с/Гц, тогда как для OFDM системы, которая использует двухэлементные антенны на передающей и приемной стороне удельная пропускная способность для случая изотропного рассеивания равняется 13 бит/с/Гц. Для среднего значения  $k = 50$  удельная пропускная способность равняется 10,95 бит/с/Гц. Таким образом, видно, что при увеличении количества антенн удельная пропускная способность увеличивается почти в 2 раза по отношению к случаю SISO.

При использовании техники множественных антенн MIMO на передающей и приемной стороне для получения удельной пропускной способности 6,6 бит/с/Гц в MIMO-OFDM системе необходимо отношение сигнал/шум 10 дБ, для SISO-OFDM систем соответственно 20 дБ. Возможность уменьшения показателя необходимого отношения сигнал/шум на приемной стороне при неизменной мощности передатчика для достижения удельной пропускной способности SISO-OFDM системы позволяет увеличить радиус зоны обслуживания базовой станции. Достигаемый за счет применения MIMO-OFDM энергетический выигрыш необходимого отношения сигнал/шум в 10 дБ может рассматриваться как повышение чувствительности приемника на 10 дБ или повышение мощности передатчика на 10 дБ.

*М. Морар,*

*студент 5 курса факультета*

*Компьютерных наук и инновационных технологий,*

*Международный гуманитарный университет;*

*руководитель – д-р. техн. наук, проф. С. А. Михайлов*

## **АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИЙ БЕСПРОВОДНОГО РАДИОДОСТУПА К ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ СЕТЯМ**

### *Технология Wi-Fi*

Аббревиатуру **Wi-Fi** (от английского словосочетания Wireless Fidelity), можно дословно перевести, как «высокая точность беспроводной передачи данных». Это современная беспроводная технология соединения в сеть компьютеров, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Передача данных осуществляется не с помощью проводов, а с использованием радиоканалов.