

УДК 621.391

Қабиден Алишер Маратұлы – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МІМО В СОВРЕМЕННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

В современных системах связи существует необходимость повышения пропускной способности. Например, в сотовых системах связи, высокоскоростных локально-вычислительных сетях и др. пропускная способность может быть увеличена с помощью расширения полосы частот или повышения излучаемой мощности. Тем не менее, применимость этих методов имеет недостатки, так как из-за требований биологической защиты и электромагнитной совместимости повышение мощности и расширение полосы частот ограничено. Поэтому если в системах связи возможные повышения излучаемой мощности и расширение полосы частот не обеспечивают необходимую скорость передачи данных, то одним из самых эффективных способов решений этой проблемы может быть применение адаптивных антенных решёток со слабо коррелированными антенными элементами. Системы связи, которые используют такие антенны, получили название МІМО систем (Multiple Input Multiple Output).

МІМО – технология, которая используется в системах беспроводной связи (сотовые сети связи, WI-MAX, WIFI, LTE), которая позволяет улучшать спектральную эффективность системы, повысить ёмкость сети и скорость передачи данных. Основной способ достижения вышеуказанных преимуществ, это передача данных от источника к месту назначения через несколько радио соединений, откуда технология получила свое название.

Необходимость в высокоскоростных соединениях, обеспечивающих высокие показатели качества обслуживания (QoS) с высокой отказоустойчивостью растёт из года в год. Это в значительной степени способствует появлению таких услуг, как VoIP (передача голоса по интернет протоколу), видеоконференции, VoD (видео по запросу) и так далее. Тем не менее, большинство беспроводных технологий не позволяют клиентам обеспечить высокое качество обслуживания на границе зоны покрытия. В сотовых и других системах беспроводной связи, качество связи, а также доступная скорость передачи данных, быстро уменьшается с увеличением расстояния от базовой станции (BTS). В то же время снижается качество услуг, что в конечном итоге приводит к невозможности предоставления услуг в режиме реального времени с высоким качеством по всей зоне радио-покрытия. Чтобы решить эту проблему, можно попробовать наиболее плотно установить базовые станции и организовать внутреннее покрытие всех областей с низким уровнем сигнала. Тем не менее, это требует значительных финансовых затрат, что в конечном итоге приведет к увеличению стоимости обслуживания и снижению конкурентоспособности.

Таким образом, чтобы решить эту проблему, нужно оригинальное новшество, используя, где это возможно, текущий диапазон частот и не требуется строительства новых объектов сети.

Принцип работы МІМО

Чтобы организовать технологию МІМО нужно установить несколько антенн на приемной и передающей стороне. Как правило устанавливается одинаковое число антенн на входе и выходе систему, потому что в таком случае и достигается максимальная скорость передачи данных.

В первую очередь, на передающей стороне необходим делитель потоков, который будет разделять данные, предназначенные для передачи на несколько низкоскоростных подпотоков, число которых зависит от числа антенн. К примеру, для MIMO 4x4 и скорости поступления входных данных 200 Мбит/сек делитель будет создавать 4 потока по 50 Мбит/сек каждый. Далее каждый из данных потоков должен быть передан через свою антенну. Обычно, антенны на передаче устанавливаются с некоторым пространственным разнесением, чтобы обеспечить как можно большее число побочных сигналов, которые возникают в результате переотражений. В одном из возможных способов организации технологии MIMO сигнал передается от каждой антенны с различной поляризацией, что позволяет идентифицировать его при приеме. Однако в простейшем случае каждый из передаваемых сигналов оказывается промаркированным самой средой передачи (задержкой во времени, затуханием и другими искажениями).

Несколько приемных антенн принимают сигнал из радиоэфира. Кроме того, антенна на приемной стороне также устанавливается с определенным пространственным разнесением, тем самым обеспечивая разнесенный прием, который обсуждался ранее. Полученные сигналы поступают на приемники, соответствующее количеству антенн и передающих трактов.

Причем на каждый из приемников поступают сигналы от всех антенн системы. Каждый из таких сумматоров выделяет из общего потока энергию сигнала только того тракта, за который он отвечает. Делает он это либо по какому-либо заранее предусмотренному признаку, которым был снабжен каждый из сигналов, либо благодаря анализу задержки, затухания, сдвига фазы, т.е. набору искажений или «отпечатку» среды распространения. В зависимости от принципа работы системы (Bell Laboratories Layered Space-Time - BLAST, Selective Per Antenna Rate Control (SPARC) и т.д.), передаваемый сигнал может повторяться через определенное время, либо передаваться с небольшой задержкой через другие антенны.

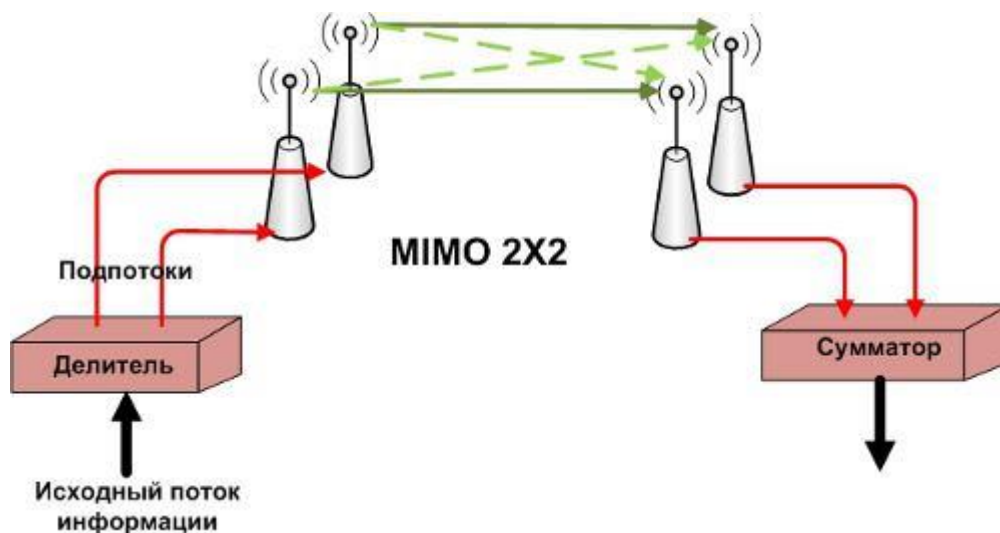


Рисунок 1– Принцип организации технологии MIMO

Главный недостаток в том, что скорость передачи данных в системе MIMO может снизиться в случае появления прямой видимости между источником и приемником сигнала. Это обусловлено в первую очередь уменьшением выраженности искажений окружающего пространства, который маркирует каждый из сигналов. В результате на приемной стороне становится проблематичным разделить сигналы, и они начинают оказывать влияние друг на друга. Таким образом, чем выше качество радио соединения, тем меньше преимуществ можно получить от MIMO[1].

Применение MIMO

Стандарт WiFi 802.11n – один из наиболее ярких примеров использования технологии MIMO. Согласно ему он позволяет поддерживать скорость до 300 Мбит/сек. Причем предыдущий стандарт 802.11g позволял предоставлять лишь 50 Мбит/сек. Кроме увеличения скорости передачи данных, новый стандарт благодаря MIMO также позволяет обеспечить лучшие характеристики качества обслуживания в местах с низким уровнем сигнала. 802.11n используется не только в системах точка/многоточка (Point/Multipoint) – наиболее привычной нише использования технологии WiFi для организации LAN (Local Area Network), но и для организации соединений типа точка/точка которые используются для организации магистральных каналов связи со скоростью несколько сотен Мбит/сек и позволяющих передавать данные на десятки километров (до 50 км).

Стандарт WiMAX также имеет два релиза, которые раскрывают новые возможности перед пользователями с помощью технологии MIMO. Первый – 802.16e – предоставляет услуги мобильного широкополосного доступа. Он позволяет передавать информацию со скоростью до 40 Мбит/сек в направлении от базовой станции к абонентскому оборудованию. Однако MIMO в 802.16e рассматривается как опция и используется в простейшей конфигурации – 2x2. В следующем релизе 802.16m MIMO рассматривается как обязательная технология, с возможной конфигурацией 4x4. В данном случае WiMAX уже можно отнести к сотовым системам связи, а именно четвертому их поколению (за счет высокой скорости передачи данных), т.к. обладает рядом присущих сотовым сетям признаков: роуминг, хэндовер, голосовые соединения. В случае мобильного использования, теоретически, может быть достигнута скорость 100 Мбит/сек. В фиксированном исполнении скорость может достигать 1 Гбит/сек.

Системы 4G, а именно LTE, также предусматривают использование MIMO в конфигурации до 8x8. Это в теории может дать возможность передавать данные от базовой станции к абоненту свыше 300 Мбит/сек. Также важным положительным моментом является устойчивое качество соединения даже на краю соты. При этом даже на значительном удалении от базовой станции, или при нахождении в глухом помещении будет наблюдаться лишь незначительное снижение скорости передачи данных[2].

Система связи технология MIMO дает возможность увеличения спектральной эффективности полосы пропускания и улучшения качества обслуживания.

Был проанализирован канал с применением технологии MIMO различных конфигураций.

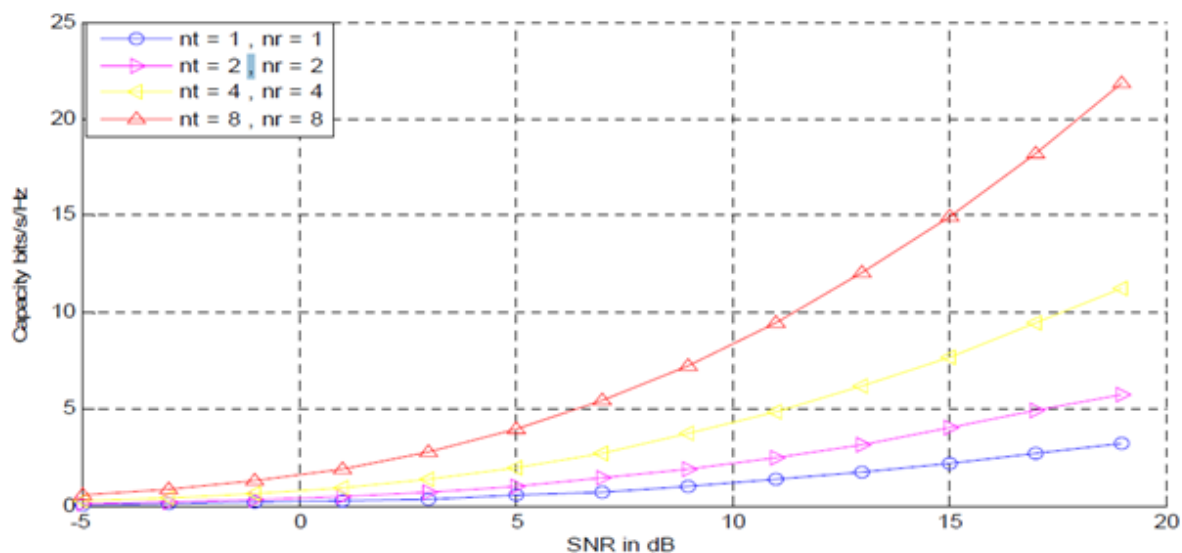


Рисунок 2 – Зависимость мощности передатчика от числа антенн

Эффективность МИМО систем сильно зависит от базовых условий распространения радиоволн. Пространственные характеристики радиоканала оказывают существенное влияние на эффективность МИМО систем. Показано что технология МИМО использует интер-лучевые эффекты в виде пространственного разнообразия значительно улучшают отношение сигнал-шум путем объединения выходов де-коррелированных антенных решеток с низким взаимно коррелированным замиранием.

Большое преимущество технологии МИМО может быть достигнуто путем низкой пространственной корреляции. Разделение антенн, в контексте длины волны рабочей частоты, оказывает существенное влияние на пространственную корреляцию. Добиться снижения корреляции замираний, расстояния между антеннами должна быть большой. Малые размеры беспроводных устройств ограничивают большое расстояние между антеннами, которое зависит от длины волны рабочей частоты. Альтернативным решением для достижения уменьшения корреляции является использование антенных решеток с кросс-поляризацией (т. е. антенные решетки с ортогональными или приблизительно ортогональной поляризацией)[2].

Настоящая МИМО система требует полного знания коммуникационного канала. Для того чтобы с уверенностью говорить о заявленных скоростях передачи данных для МИМО систем, необходимо оценить импульсную характеристику каждого канала.

Эволюция во времени систем МИМО от ранних версий, где используется обычное разнесение, до многосотовых многопользовательских систем МИМО с кооперацией показана на рисунке 3

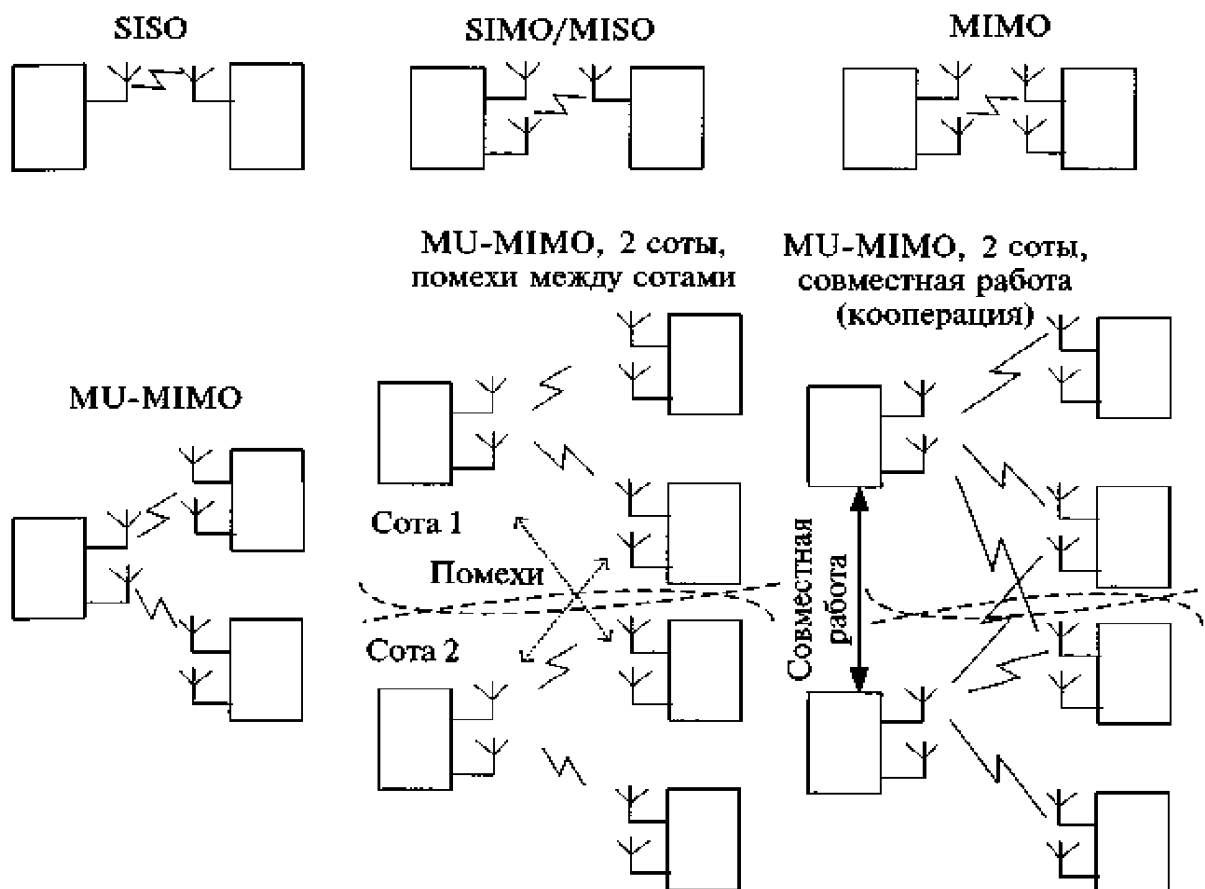


Рисунок 3 – Различные конфигурации МИМО

Рассмотрим основные отличия между однопользовательскими и многопользовательскими системами ММО. В многопользовательской системе ММО из общего числа L активных абонентов выбирается K абонентов, которые используют один и тот же частотно-временной ресурс для связи с базовой станцией данной соты. Каждая абонентская станция имеет J антенн, и, таким образом, общее число антенн у всех этих K абонентских станций составляет $M = KJ$. Если мы имеем на базовой станции N антенн, то максимальное число пространственных каналов канала ММО составляет $\min\{M, N\}$. В то же время число пространственных каналов, которые могут быть выделены одному абоненту, ограничено числом антенн J на абонентской станции, В случае, если на абонентской станции имеется одна антенна ($J = 1$), базовая станция может выделить один отдельный пространственный канал каждому из K ($K \leq N$) абонентов.

В однопользовательской системе ММО ситуация другая. В такой системе все N пространственных каналов могут быть выделены базовой станцией только одному абоненту и при этом число антенн у абонентской станции J должно быть не меньше N ($J \leq N$). Таким образом, многопользовательская система ММО имеет очевидное преимущество перед однопользовательской системой ММО благодаря тому, что позволяет использовать относительно простые абонентские станции с одной антенной.

Еще одно важное различие между однопользовательскими и многопользовательскими системами ММО заключается в том, что в однопользовательской системе ММО наиболее высокая пропускная способность достигается в канале ММО с некоррелированными по пространству замираниями. В реальных системах связи такая благоприятная ситуация имеет место далеко не всегда. В то же время в многопользовательской системе ММО замирания в пространственных каналах, связывающих базовую станцию и выделенных абонентских станций, почти всегда являются некоррелированными.

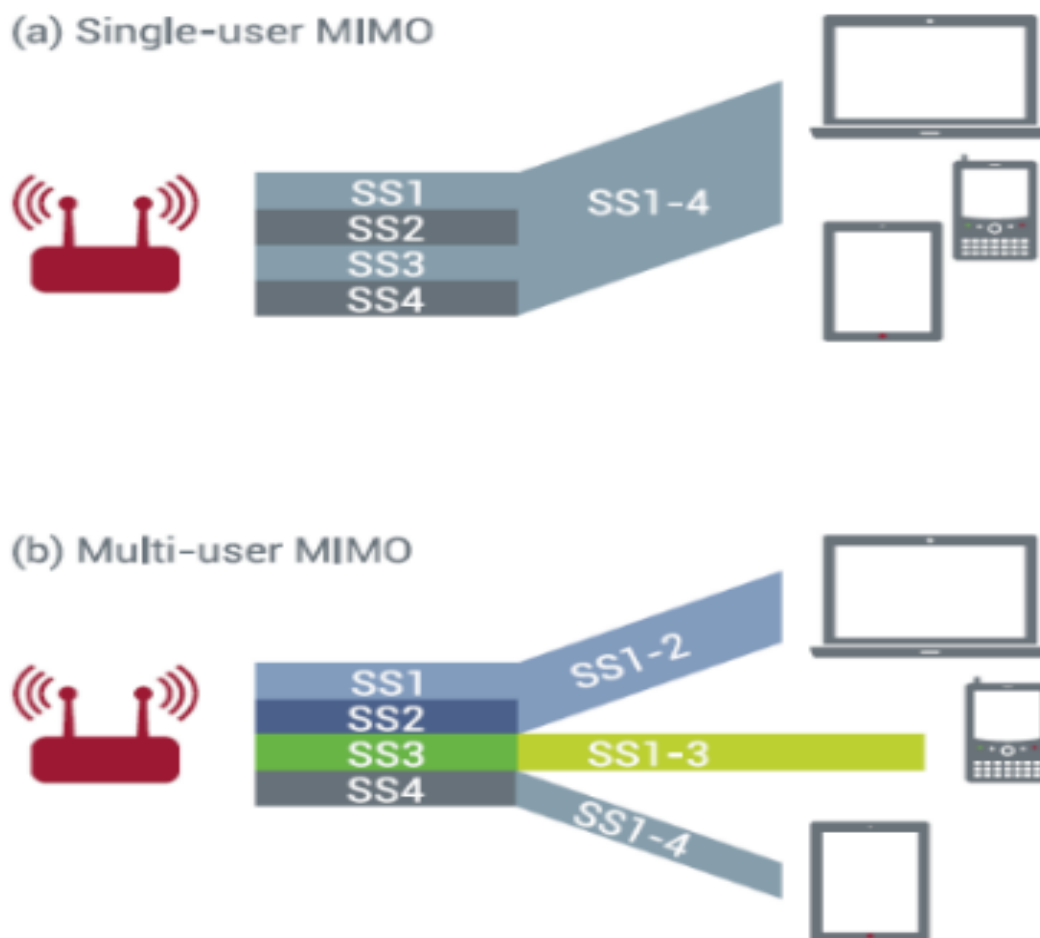


Рисунок 4 – Отличия в работе SU-MIMO и MU-MIMO

Вывод. При исследовании возможности применения технологии MIMO в современных беспроводных сетях было замечено, что технология MIMO находит применение практически во всех системах беспроводной передачи данных. Причем потенциал ее не исчерпан. Уже сейчас разрабатываются новые варианты конфигурации антенн, вплоть до 128x128 MIMO. Это в будущем позволит добиться еще больших скоростей передачи данных, емкости сети и спектральной эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейнделин В.Б. Технология MIMO. Принципы и алгоритмы - Горячая Линия - Телеком 2014г.
2. Бурда И.Д. СНІР. Журнал информационных технологий, Выпуски 12-2014.