

УДК 621.391.1

АНАЛИЗ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КАНАЛОВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ПОДАВЛЕНИЕМ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МИМО/OFDМ-СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ

А. В. Давыдов, А. А. Мальцев

Нижегородский госуниверситет им. Н. И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

Рассматривается проблема параллельной передачи данных по нескольким пространственным каналам в современных высокоскоростных системах сотовой связи, использующих OFDM-модуляцию (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) и антенные решётки на обоих концах системы связи. Параллельная передача данных в таких МИМО-системах (Multiple Input Multiple Output) достигается за счёт использования диаграммообразующих схем в передатчике и специальных методов разделения пространственных каналов в приёмнике. В работе приведён анализ помехоустойчивости схемы разделения пространственных каналов по критерию максимального правдоподобия с использованием метода последовательного подавления интерференции. Получена вероятность выполнения этапа последовательного подавления интерференции для случая двух пространственных каналов и различных комбинаций схем кодирования и модуляций. Проведён анализ производительности сотовой системы связи, использующей горизонтальное кодирование и последовательное подавление интерференции. Сделаны практические рекомендации по выбору модуляции и скорости кода на каждый пространственный канал, обеспечивающие максимальную помехоустойчивость приёмника с последовательным подавлением интерференции.

ВВЕДЕНИЕ

Применение МИМО-схем (Multiple-Input Multiple-Output) является одним из основных способов повышения пропускной способности и помехоустойчивости современных OFDM-систем (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) связи без дополнительного повышения мощности и расширения полосы передачи сигнала. Высокая помехоустойчивость в таких системах достигается за счёт оптимального взвешивания и суммирования принятых сигналов с различных элементов антенной решётки. Повышение пиковой пропускной способности в МИМО-системе связи происходит за счёт формирования и одновременной передачи данных по нескольким пространственным каналам. Технология МИМО стала неотъемлемой частью современных стандартов сотовой связи — IEEE 802.16e [1], 3GPP LTE [2] и IEEE 802.16m [3], использующих OFDM-модуляцию для передачи данных в широкой полосе.

В МИМО/OFDМ-системах связи различают два основных подхода к передаче данных по нескольким пространственным каналам: с «горизонтальным» [1, 2] и «вертикальным» [3] кодированием.

При вертикальном кодировании пространственные каналы, формируемые в передатчике, кодируются с помощью одной схемы помехоустойчивого кода. В этом случае формат передачи данных (скорость кода и модуляция), используемый в различных пространственных каналах, является одинаковым. Преимуществами данного подхода пространственного кодирования является относительная простота реализации приёмника и передатчика, относительно высокая помехоустойчивость и малый объём контрольной информации, необходимой для описания формата передачи данных. Стоит отметить, что в общем случае отношения сигнал/шум (ОСШ), соответствующие различным пространственным каналам, могут существенно отличаться друг от друга. Поэтому выбор одинакового формата передачи данных для различных пространственных каналов в системе с вертикальным кодированием не всегда является оптимальным [4].

А. В. Давыдов, А. А. Мальцев

381

Дополнительную гибкость ММО-системы за счёт некоторого увеличения контрольной информации, описывающей формат передачи, обеспечивает «горизонтальная» схема пространственного кодирования. В «горизонтальной» схеме применяется независимое кодирование и выбор модуляции в каждом пространственном канале, гарантирующие дополнительную гибкость и пропускную способность при использовании адаптивных методов выбора формата передачи данных [5]. Другим преимуществом горизонтального кодирования, повышающим помехоустойчивость системы, является возможность использования усовершенствованного метода разделения пространственных каналов (ММО-приёмников) на основе последовательного подавления интерференции [6]. Идея данного метода состоит в поочерёдном разделении, демодуляции и декодировании каждого пространственного канала. При этом правильно декодированный пространственный канал может быть вычтен из суммарного принятого сигнала для уменьшения уровня межканальной интерференции и последующего «облегчения» демодуляции и декодирования оставшихся каналов.

Целью данной работы является анализ помехоустойчивости «горизонтальной» схемы кодирования с разделением пространственных каналов с использованием метода последовательного подавления интерференции. Предыдущие работы [6–11] по анализу данного метода, как правило, ограничивались рассмотрением схемы на основе алгоритма минимальной среднеквадратичной ошибки для начального разделения пространственных каналов и одинаковым форматом передачи данных в каналах. Отличительной особенностью данной статьи является рассмотрение приёмника, основанного на использовании критерия максимального правдоподобия, с различными схемами кодирования и модуляции в пространственных каналах.

1. МОДЕЛЬ ММО/OFDM-СИСТЕМЫ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ КОДИРОВАНИЕМ ДАННЫХ

Для эффективной передачи информации в широкой полосе в современных системах связи используется модуляция с ортогональным частотным мультиплексированием (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). OFDM-символ представляет собой набор независимо модулируемых ортогональных поднесущих [12]. Рассмотрим ММО/OFDM-систему, использующую антенные решётки на обоих концах связи, с горизонтальным кодированием [1, 2]. Упрощённая блок-диаграмма передатчика, использующая две передающие антенны, показана на рис. 1. На входе передатчика информационный поток разделяется на две информационные последовательности, соответствующие числу формируемых пространственных каналов. Информационная последовательность каждого пространственного канала независимо кодируется с помощью помехоустойчивого кода и модулируется в сигнальную последовательность согласно формату передачи данных (скорости кодирования и порядка модуляции). Для возможности проверки правильности передачи в блоке помехоустойчивого кодирования к информационной последовательности добавляется последовательность контрольной суммы (Cyclic Redundancy Check, CRC), позволяющая проводить контроль передачи путём сравнения принятой и вычисленной контрольных сумм. После процедуры модуляции сигнальная последовательность поступает в блок формирования пространственных каналов. Образование различных пространственных каналов в передатчике для каждой поднесущей OFDM-символа достигается за счёт использования диаграммообразующих весовых векторов, формирующих различные диаграммы направленности для различных каналов. При этом сигнал на каждой поднесущей для каждого элемента передающей антенны получается путём взвешивания и суммирования сигналов соответствующих поднесущих с различных пространственных каналов. Суммарный OFDM-сигнал в каждом элементе антенны получается суммированием сигналов всех поднесущих, осуществляемым путём взятия обратного преобразо-

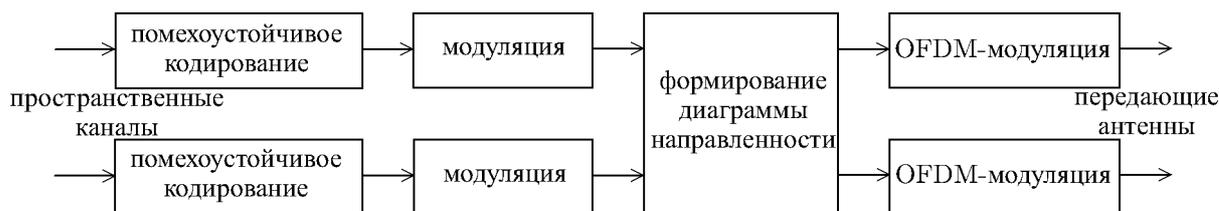


Рис. 1

вания Фурье.

Для борьбы с межсимвольными искажениями, возникающими в каналах с многолучевым распространением, в OFDM-символе используется защитный интервал, получаемый копированием конечной части OFDM-символа в начало символа. Длина защитного интервала OFDM-символа выбирается больше максимальной задержки канала связи. В этом случае модель принятого MIMO/OFDM-сигнала на каждой поднесущей можно рассматривать независимо и представить в следующем виде:

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{V}\mathbf{x} + \mathbf{n}, \quad (1)$$

где \mathbf{H} — случайная матрица с размерностью 2×2 , соответствующая MIMO-каналу на рассматриваемой поднесущей, $\mathbf{V} = [\mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2]$ — матрица диаграммообразующих векторов с размерностью 2×2 с весовыми векторами \mathbf{v}_1 и \mathbf{v}_2 , $\mathbf{x} = [x_1 x_2]^T$ — сигнальный вектор пространственных каналов с размерностью 2×1 (индекс T обозначает транспонирование) и \mathbf{n} — аддитивный шум. Заметим, что модель сигнала (1) можно переписать в следующем виде:

$$\mathbf{r} = \mathbf{G}\mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{g}_1 x_1 + \mathbf{g}_2 x_2 + \mathbf{n}, \quad (2)$$

где матрица $\mathbf{G} = \mathbf{H}\mathbf{V} = [\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_2]$ задаёт эквивалентный канал передачи. Для формирования матрицы диаграммообразующих векторов в современных системах сотовой связи применяются весовые векторы с адаптивным или псевдослучайным выбором.

Применение матрицы диаграммообразующих векторов с адаптивным выбором весовых векторов на каждой поднесущей требует наличия обратного канала связи для передачи служебной информации о её элементах с приёмника на передатчик. Матрица диаграммообразующих векторов с адаптивным выбором весовых векторов, как правило, используется при работе в медленно изменяющихся (на длине нескольких пакетов данных) каналах связи, позволяющих оптимизировать формат передачи данных в текущем времени.

Применение матрицы диаграммообразующих векторов с псевдослучайным выбором весовых векторов на поднесущих является более универсальным и устойчивым методом, поскольку не требует наличия обратного канала для передачи служебной информации с приёмника на передатчик. В этом случае псевдослучайная последовательность диаграммообразующих весовых векторов задаётся для каждой поднесущей некоторым правилом, заранее определённым в стандарте. При этом предполагается, что псевдослучайная матрица диаграммообразующих векторов оптимизирует передачу данных в среднем для заданного ансамбля реализаций случайного канала связи и поэтому может быть использована и в быстро изменяющихся нестационарных каналах связи.

Задача обработки принятого сигнала (2) в MIMO-приёмнике заключается в поиске оптимального значения переданного вектора \mathbf{x} на основе наблюдаемого принятого сигнала \mathbf{r} и измеряемого в приёмнике эквивалентного канала \mathbf{G} . Для оценки переданного сигнального вектора \mathbf{x} применяются методы разделения пространственных сигналов. Наиболее эффективным способом разделения пространственных каналов является метод максимально правдоподобной оценки [13],

осуществляющий поиск оптимального вектора \mathbf{x} среди множества N возможных векторов, в соответствии со следующим уравнением:

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \min_{\mathbf{x} \in N} (\mathbf{r} - \mathbf{G}\mathbf{x})^H \mathbf{R}_{nn}^{-1} (\mathbf{r} - \mathbf{G}\mathbf{x}), \quad (3)$$

где $\mathbf{R}_{nn} = E\{\mathbf{nn}^H\}$ — ковариационная матрица аддитивного шума, индекс H обозначает эрмитово сопряжение.

Следует отметить, что метод максимально правдоподобной оценки является универсальным способом разделения пространственных каналов и может быть использован как в системах с горизонтальным, так и с вертикальным кодированием. Однако характеристики помехоустойчивости стандартного метода максимального правдоподобия (при незначительном усложнении приёмника) могут быть улучшены в системах с горизонтальным кодированием данных с помощью процедуры последовательного подавления интерференции, использующей знание структуры применяемого помехоустойчивого кодирования [6].

2. МАКСИМАЛЬНО ПРАВДОПОДОВНЫЙ ММО-ПРИЁМНИК, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОДАВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

Упрощённая блок диаграмма ММО-приёмника с двумя антеннами, использующего процедуру последовательного подавления интерференции, показана на рис. 2. Принятый сигнал с каждой антенны после OFDM-демодуляции поступает в блок ММО-приёмника, задача которого состоит в разделении пространственных каналов для каждой поднесущей. На первом этапе проводится разделение двух пространственных каналов с использованием стандартного метода максимального правдоподобия (3) и независимое декодирование каждого пространственного канала. После этого первичного разделения наличие контрольной суммы в информационной последовательности позволяет провести процедуру проверки правильности декодирования каждого пространственного канала. Если проверочная сумма, вычисленная после декодирования, совпадает с принятой проверочной суммой, то последовательность считается правильно декодированной. Если один из пространственных каналов был декодирован неправильно, то существует возможность его повторного декодирования после выполнения процедуры последовательного подавления интерференции. Повторное декодирование возможно, если второй пространственный канал был правильно декодирован. В этом случае информационная последовательность, соответствующая правильно декодированному пространственному каналу, повторно кодируется и модулируется на приёмнике в последовательность \hat{x} . Например, без ограничения общности будем считать, что сигнал первого пространственного канала был правильно декодирован, т. е. $x_1 = \hat{x}$. Тогда в блоке последовательного подавления интерференции восстановленный сигнал первого канала x_1 вычитается из принятого сигнала следующим образом:

$$\mathbf{y} = \mathbf{r} - \mathbf{g}_1 x_1 = \mathbf{g}_2 x_2 + \mathbf{n}. \quad (4)$$

После такого подавления интерференции от первого пространственного канала, декодирование второго канала может быть выполнено с помощью стандартного ММО-приёмника, максимизирующего отношение сигнал/шум (Maximum Ratio Combining, MRC)

$$\hat{x}_2 = (\mathbf{g}_2^H \mathbf{R}_{nn}^{-1} \mathbf{g}_2)^{-1} \mathbf{g}_2^H \mathbf{R}_{nn}^{-1} \mathbf{y}. \quad (5)$$

При этом в качестве принятого сигнала используется вектор \mathbf{y} (4), полученный после подавления интерференции, а в качестве канала — вектор \mathbf{g}_2 .

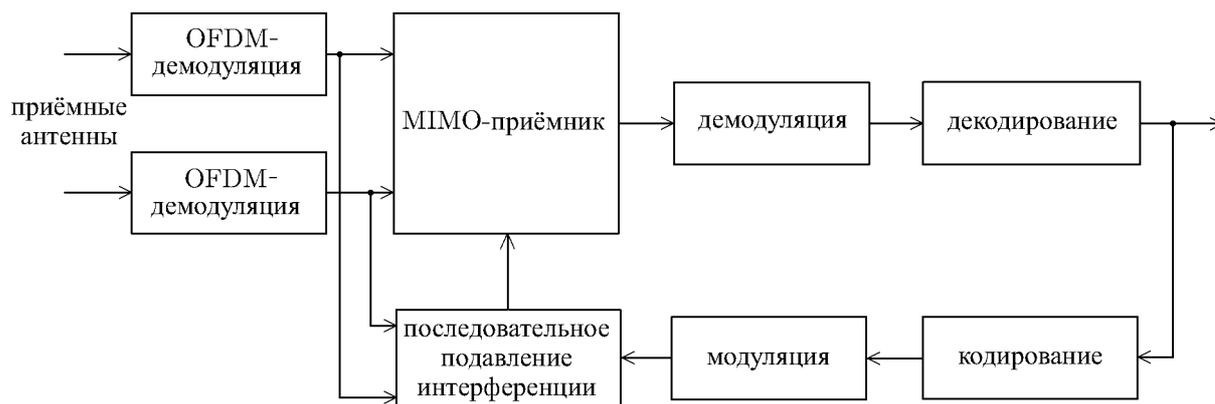


Рис. 2

Стоит отметить, что при использовании ММО-приёмника с последовательным подавлением интерференции отношение сигнал/шум на разных этапах декодирования ММО-сигнала является различным, что связано с различным уровнем межканальной интерференции.

Аналізу метода последовательного подавления интерференции посвящено несколько работ [6–11], однако, характеристики помехоустойчивости ММО-приёмника, как правило, ограничивались рассмотрением схемы минимума среднеквадратичной ошибки для начального разделения пространственных каналов. При этом формат передачи данных пространственных каналов (скорость кодирования и порядок модуляции) предполагался одинаковым. В данной работе мы рассмотрим метод последовательного подавления интерференции для максимально правдоподобного ММО-приёмника и различных схем кодирования и модуляции на каждый пространственный канал, позволяющих дополнительно повысить помехоустойчивость ММО/OFDM-системы связи.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для анализа помехоустойчивости ММО/OFDM-систем с горизонтальным кодированием и ММО-приёмником, использующим процедуру последовательного подавления интерференции, была реализована модель системы сотовой связи на основе стандарта 3GPP LTE [3]. Общая полоса передачи сигнала составляла 10 МГц, что соответствует шестистам OFDM-поднесущим, доступным для передачи данных. Для формирования OFDM-сигнала применялось 2048-точечное преобразование Фурье, а частота несущей составляла 3,5 ГГц. Для борьбы с ошибками, возникающими из-за действия помех и искажений канала, применялось турбокодирование с базовой скоростью 1/3. Скорость кодирования R , соответствующая выбранному формату передачи, достигалась при помощи стандартной процедуры согласования скорости [3]. Передача информационной последовательности осуществлялась по двум информационным подканалам, использующим многопозиционную квадратурно-амплитудную модуляцию (Quadrature Amplitude Modulation, QAM), кодированную кодом Грея. Порядок модуляции M в моделируемой системе мог принимать значения 4 (4QAM), 16 (16QAM) или 64 (64QAM). В качестве матрицы диаграммообразующих векторов применялись матрица с псевдослучайным выбором весовых векторов на поднесущих в соответствии со схемой временной циклической задержки (Cyclic Delay Diversity, CDD) OFDM-сигнала [3]. Для такой схемы передачи данных матрица \mathbf{V} выбирается в зависимости от индекса поднесущей из следующего множества:

$$\mathbf{V}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{V}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

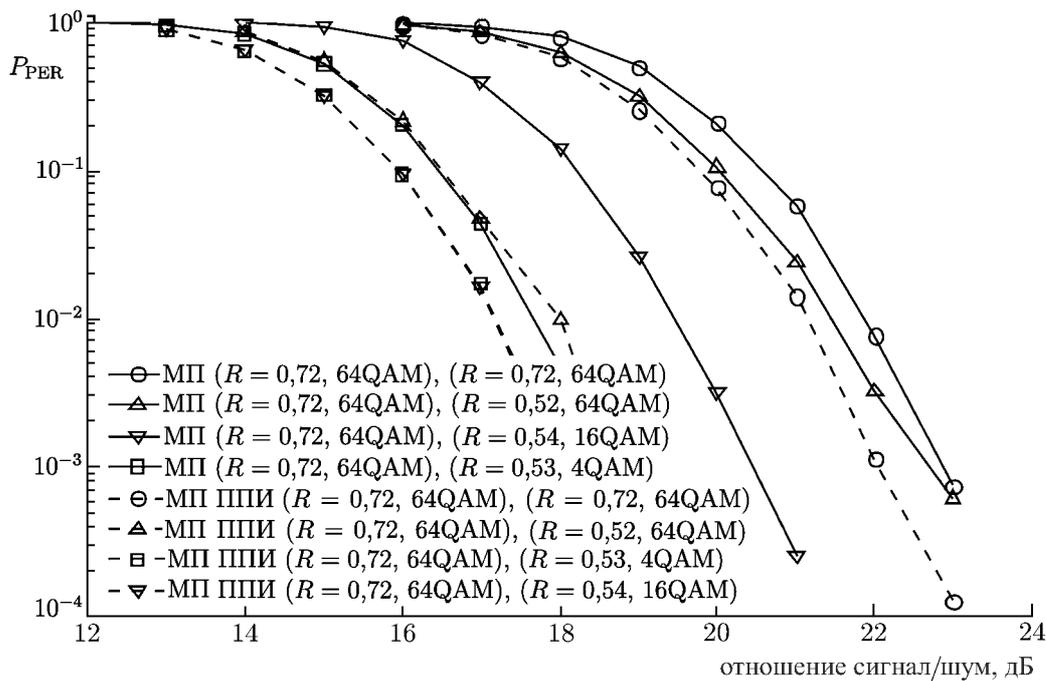


Рис. 3

Такое псевдослучайное чередование диаграммообразующих векторов в частотной области позволяет достичь одинаковых средних значений помехоустойчивости для обоих пространственных каналов.

Для исследования характеристик MIMO/OFDM-системы связи использовалась одна из стандартных многолучевых моделей канала, принятая Международным союзом электросвязи (International Telecommunication Union, ITU). Эта модель соответствует сценарию распространения сигнала в городских условиях внутри микросоты (Urban Microcellular, UMi) [14]. В настоящей работе анализ помехоустойчивости MIMO/OFDM-системы проводился в предположении точного знания всех параметров сигналов, шумов и канала связи, необходимых для декодирования принятого сигнала.

На рис. 3 показаны зависимости вероятности пакетной ошибки P_{PER} (ошибки декодирования пакета) от отношения сигнал/шум для различных комбинаций модуляций и схем кодирования. Из приведённых результатов видно, что при использовании одинаковых схем кодирования (скорость кодирования $R = 0,72$) и модуляций 64QAM процедура последовательного подавления интерференции (МП ППИ) обеспечивает незначительное улучшение помехоустойчивости относительно стандартного метода максимального правдоподобия (МП), эквивалентное увеличению ОСШ на 1 дБ. Однако при незначительном изменении скорости кодирования во втором пространственном канале ($R = 0,52$) и сохранении порядка модуляций процедура последовательного подавления интерференции приводит к существенному снижению вероятности пакетной ошибки и улучшению помехоустойчивости на 3 дБ. При этом интересно отметить, что понижение порядка модуляций, используемой во втором пространственном канале, до 16 или 4 также приводит к уменьшению вероятности пакетной ошибки для приёмника максимального правдоподобия, использующего последовательное подавление интерференции. Однако, из графиков, приведённых на рис. 3, видно, что для форматов передачи (16QAM, $R = 0,54$) и (4QAM, $R = 0,53$) относительный выигрыш MIMO-приёмника с последовательным подавлением интерференции по сравнению

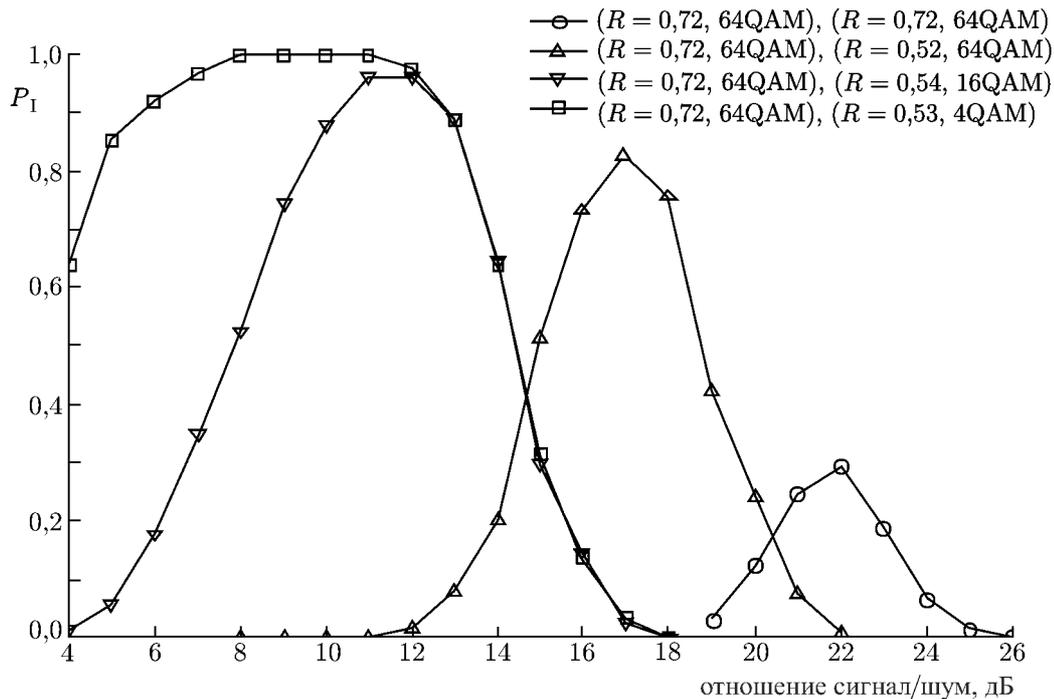


Рис. 4

со стандартным приёмником снижается. Относительное снижение выигрыша от использования последовательного подавления интерференции в этом случае связано с общим ростом помехоустойчивости стандартного метода максимального правдоподобия при понижении порядка модуляции. Повышение помехоустойчивости стандартного приёмника максимального правдоподобия при понижении порядка модуляции очевидно связано с уменьшением общего числа гипотез (мощности множества N) в уравнении (3) и увеличением минимального расстояния между соседними сигнальными точками сигнального вектора \mathbf{x} .

Зависимость вероятности «срабатывания» схемы последовательного подавления интерференции P_1 от отношения сигнал/шум для аналогичных конфигураций формата передачи данных показана на рис. 4 (здесь вероятность последовательного подавления интерференции определяется как вероятность правильного декодирования одного из пространственных каналов и неправильного декодирования второго). Из приведённых кривых видно, что в случае использования одинакового формата передачи данных для обоих пространственных каналов вероятность срабатывания схемы последовательного подавления интерференции мала (не превышает 30%). Очевидно, что такая низкая вероятность объясняет незначительное повышение помехоустойчивости за счёт использования последовательного подавления интерференции в этом случае. В то же время использование различных форматов передачи данных в различных пространственных каналах приводит к росту вероятности срабатывания схемы последовательного подавления интерференции и, как следствие, к существенному повышению помехоустойчивости системы связи, которое демонстрирует рис. 3.

Сравним спектральные эффективности ММО/OFDM-системы связи со стандартным приёмником максимального правдоподобия и приёмником максимального правдоподобия со схемой последовательного подавления интерференции. На рис. 5 показана зависимость спектральной эффективности системы связи S от отношения сигнал/шум для случая выбора одинаковых и различных форматов передачи данных в пространственных каналах. Кривые спектральной эффективности были получены путём нахождения оптимального формата передачи из 32 конфигураций

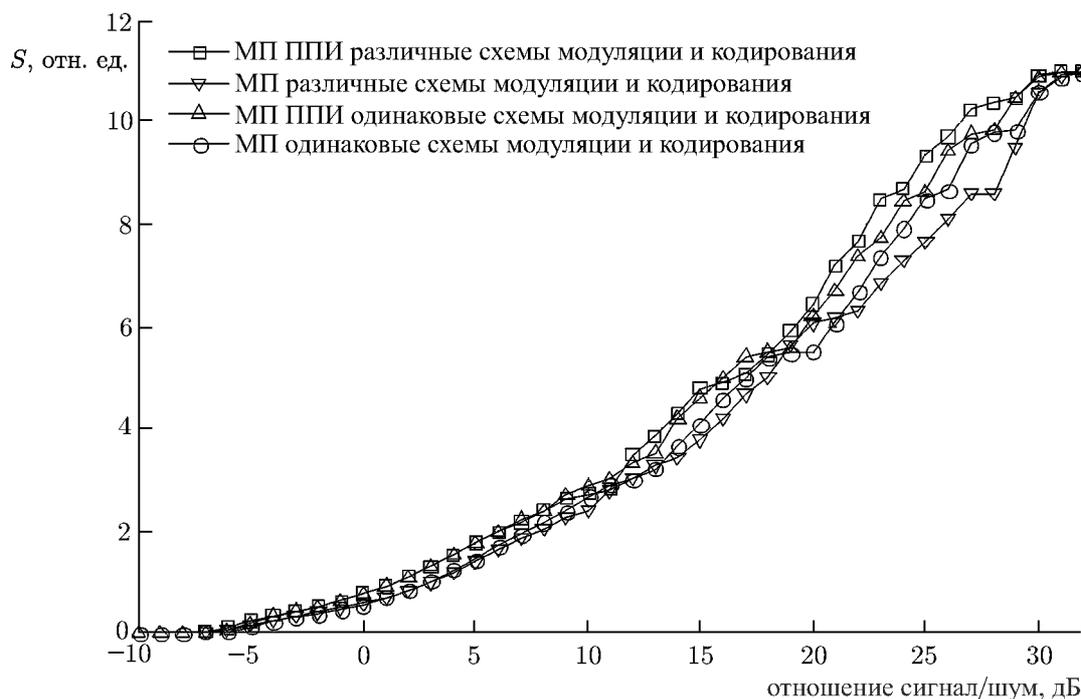


Рис. 5

схем кодирования и модуляции.

Из результатов, приведённых на рис. 5, можно увидеть, что максимальное значение спектральной эффективности приёмника максимального правдоподобия с последовательным подавлением интерференции обеспечивается при различном выборе схем кодирования и модуляции в пространственных каналах. В то же время для стандартного приёмника максимального правдоподобия, в силу псевдослучайного частотного чередования матриц диаграммообразующих векторов, использование одинаковых форматов передачи данных обеспечивает максимальную спектральную эффективность ММО/OFDM-системы и является наиболее целесообразным. При этом приёмник максимального правдоподобия со схемой последовательного подавления интерференции обеспечивает эквивалентное повышение отношения сигнал/шум на $1 \div 2$ дБ по сравнению со стандартным приёмником.

Из сравнения результатов, приведённых на рис. 5, следует практическая рекомендация для ММО/OFDM-систем, использующих горизонтальную схему пространственного кодирования. Для обеспечения высокой помехоустойчивости ММО/OFDM-систем целесообразно использовать процедуру последовательного подавления интерференции для ММО-приёмника максимального правдоподобия. При этом предпочтительно использовать различные форматы передачи данных для различных пространственных каналов, что обеспечивает существенное повышение спектральной эффективности всей ММО/OFDM-системы связи.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе проанализирован метод разделения пространственных каналов с последовательным подавлением интерференции в ММО/OFDM-системах связи. Приведены результаты моделирования таких систем, использующих горизонтальное кодирование и ММО-приёмник максимального правдоподобия. Результаты моделирования показали, что использование ММО-

приёмника максимального правдоподобия со схемой последовательного подавления интерференции повышает помехоустойчивость по сравнению со стандартным приёмником максимального правдоподобия. При этом максимальный выигрыш достигается при использовании разных форматов передачи данных в различных пространственных каналах. Высокая эффективность MIMO/OFDM-системы в этом сценарии объясняется высокой вероятностью срабатывания схемы последовательного подавления интерференции.

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт 02.740.11.0003).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEEE Std. 802.16e-2005. USA, 2005. P. 840.
2. 3GPP TS 36.211. Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); LTE physical layer — general description: Release 9. 2009. P. 81.
3. IEEE Std. 802.16m-D8. USA, 2010. P. 1 014.
4. Мальцев А. А., Рубцов А. Е., Давыдов А. В. // Вестник ННГУ. Сер. Радиофизика. 2005. Вып. 1 (3). С. 93.
5. Давыдов А. В., Рубцов А. Е., Мальцев А. А. и др. // Прикладная радиоэлектроника. Харьков, 2006. № 3. С. 326.
6. Wolniansky P., Foschini G., Golden G., Valenzuela R. // Signals, Systems, and Electronics. 1998. No. 11. P. 295.
7. Ketonen J., Juntti M., Cavallaro J. R. // IEEE Trans. Signal Proces. 2010. No. 6. P. 3 360.
8. Manchón C. N., Deneire L., Mogensen P., Sørensen T. B. // Vehicular Technology Conf. 2008. P. 1.
9. Lee H., Lee B., Lee I. // IEEE J. Selected Areas Commun. 2006. No. 3. P. 504.
10. Wubben D., Kammeyer K.-D. // Vehicular Technology Conf. 2006. P. 457.
11. Zelst A. // IEEE Int. Conf. Commun. 2003. P. 2 832.
12. Prasad R., van Nee R. OFDM wireless multimedia communications. London: Artech House, 2000. P. 275.
13. Мальцев А. А., Давыдов А. В. // Вестник ННГУ. Сер. Радиофизика. 2004. Вып. 1 (2). С. 80.
14. ITU-R M.2135-1. Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-advanced. 2009. P. 70. <http://www.itu.int/publ/R-REP-M.2135/en>.

Поступила в редакцию 17 февраля 2011 г.; принята в печать 30 мая 2011 г.

ANALYSIS OF THE METHOD OF DIVISION OF SPATIAL CHANNELS WITH SUCCESSIVE INTERFERENCE CANCELLATION IN MODERN MIMO-OFDM CELLULAR SYSTEMS

A. V. Davydov and A. A. Mal'tsev

We consider the problem of parallel data transmission via several spatial channels in modern high-throughput cellular systems employing the OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) and antenna arrays at both ends of the communication system. Parallel data transmission in such MIMO (Multiple Input Multiple Output) systems is achieved by using the beamforming schemes in the transmitter and the special methods of the spatial-channel division in the receiver. Interference immunity

of the scheme of the spatial-channel division by the maximum-likelihood criterion using the method of successive interference cancellation is analyzed. Probability of implementation of the stage of successive interference cancellation for the case of two spatial channels and various combinations of the coding schemes and modulations is obtained. We analyze the efficiency of a cellular communication system using horizontal coding and successive interference cancellation. Practical recommendations on choosing modulation and the code speed for each spatial channel, which ensure maximum interference immunity of a receiver with successive interference cancellation are made.