

Система передбачає чотири основні напрямки організації процесів виробництва нефасованої питної води: технічне і санітарно-епідеміологічне обслуговування, моніторинг безпосередньо процесів виробництва питної води та її реалізації.

Список літератури: 1. Про питну воду та питне водопостачання. Закон України № 2918 від 10.01.2002 р. 2. Про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006-2020 роки». Закон України від 03.03.2005 р. № 2455 3. Загальнодержавна цільова програма "Питна вода України" на 2011-2020 роки. Закон України від 20.10.2011 р. № 3933 4. А. М. Котляр. Сучасні проблеми питної прісної води. - Х.: Факт, 2002. - 232 с. : іл. 5. А. М. Котляр, В. А.Шур, І. М. Кузьмін, А. Ю. Гаєвська. Нові гігієнічні та екологічні вимоги до питної води // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн.сб. – К. Техніка. 2008. Вып. 91 – с. 127-132. 6. А. Ю. Гаєвська, В. Г. Зайцева. Альтернативні шляхи забезпечення населення якісною нефасованою питною водою. Науковий вісник будівництва –Харків. 2009. № 52. с.174-184. 7. І. А. Зубкова, А. М. Котляр, Ю. А. Лець, С. М. Радунова, В. А. Шур. Шляхи розвитку систем постачання населенню сучасного міста питної води високої якості. Х.: Факт, 2011 – 120 с. 8. Малєєва О. В. Методологічні основи системного аналізу якості проектів та програм розвитку виробництва. Автореф.дис ... д.т.н. Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2003. - 36с. 9. І. М. Смирнов. Міська логістика та створення логістичних парків в Україні // Комму-нальное хозяйство городов. Научн.-техн. сб. Вып.69. К.: Техніка, 2006. – С. 137 – 143. 10. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС). ДБН А.2.2-3-2004. Додаток К (обов'язковий) 11. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) про проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. ДБН А.2.2.-1-2003

Надійшла до редколегії 20.02.2013

УДК 681.32

Управління проектами будівництва об'єктів виробництва питної води з підземних джерел / В. О. Гаєвська, В. А. Шур, А. Ю. Кабиш // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 94-100. – Бібліогр.: 11 назв.

Рассмотрены проблемы управления уникальными проектами создания систем производства нефасованной питьевой воды из подземных источников в составе конкретных проектов в рамках управляемой организационно-технической системы «Управление строительными проектами в области поставки населению нефасованной питьевой водой из подземных источников» (УСП ПВ).

Ключевые слова: поверхностные воды, подземные воды, водоснабжение, проблемы, строительный проект, , производство, реализация.

Considered the problem of unique projects creating production systems nefasovanoї drinking water from underground sources in the specific projects within a managed organizational and technical Management of the building projects in the field of drinking water supply nefasovanoї with underground springs» (UBP PW).

Keywords: surface water, underground water, water supply, problem, project, construction, manufacturing, system implementation.

УДК 621.396

В. А. ЛОШАКОВ, канд. техн. наук, проф., ХНУРЕ, Харьков;
В. Г. ЛИХОГРАЙ, канд. физ.-мат наук, доц., ХНУРЕ, Харьков;
АЛ-ДЖАНАБИ ХУССАМ ДХЕА, аспирант, ХНУРЕ, Харьков;
НУХ ТАХА НАСИФ, аспирант, ХНУРЕ, Харьков

АДАПТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ LTE С ММО

В данной работе рассматриваются вопросы пространственной обработки сигналов в системах сотовой связи долгосрочного развития (LTE - Long Term Evolution), в которых для передачи

© В. А. ЛОШАКОВ, В. Г. ЛИХОГРАЙ АЛ-ДЖАНАБИ ХУССАМ ДХЕА, НУХ ТАХА НАСИФ, 2013

и/или приема информации применяется технология многоэлементных антенных систем с многими входами – многими выходами (MIMO - Multiple Input Multiple Output). Анализируются основные характеристики системы связи LTE с MIMO (пропускная способность, вероятность битовой ошибки) в пространственных каналах с релейскими и райсовскими замираниями сигналов. Рассматриваются особенности использования методов адаптации для повышения качества связи в системах LTE.

Ключевые слова: LTE, MIMO, BER, SNR, релейский канал, замирание.

Введение

К настоящему времени разработано большое число методов повышения качества связи в системах LTE, основанных на более полном использовании частотного и пространственного ресурса, а также цифровой обработки сигналов [1]. При этом появились широкие возможности по адаптации сигнально-кодовых конструкций многопозиционной модуляции к реально складывающейся помеховой обстановке. Разработка оптимальных по выбранным критериям алгоритмов адаптации невозможна без объективной оценки параметров быстро меняющихся пространственных каналов. Для анализа процессов в условиях отсутствия прямой видимости в работе использована релейская модель канала передачи. Для имитационного моделирования процессов физического уровня в LTE использована общая математическая модель для различных конфигураций MIMO и основных видов модуляции. Разнесение на приемной и передающей стороне выбиралось в зависимости от используемой конфигурации MIMO.

Вероятность битовой ошибки в однолучевом релейском канале

Среда передачи для средств мобильной связи LTE представляет в основном радиолинии при отсутствии прямой видимости, где электромагнитные волны приходят в точку приема в результате многолучевого распространения, что вызывает флуктуации амплитуды, фазы, временной задержки, угла прибытия принимаемого сигнала и как следствие – его замирания (fading). Принимаемый сигнал представляет собой сумму отдельных волн, отраженных от достаточно большого числа отражателей и рассеивателей, расположенных случайным образом вокруг мобильного терминала. Нестационарное поведение пространственных многолучевых каналов вследствие замираний является главной проблемой беспроводных телекоммуникаций в плане обеспечения требуемых высоких характеристик (пропускной способности, вероятности битовой ошибки и т.д.) [5].

При двоичной фазовой модуляции каждый сигнал переносит один бит данных. Оптимальный приемник (рис.1) состоит из двух корреляторов, которые определяют корреляцию принимаемого сигнала с каждой из 2 возможных гипотез. На выходе приемника будет сформирован импульс с максимумом в момент времени $t=T_s$. При этом выходное отношение сигнал/шум (SNR) не зависит от формы импульса, а зависит только от энергии сигнала E_s и равно $\rho=2E_s/N_0$ [2].

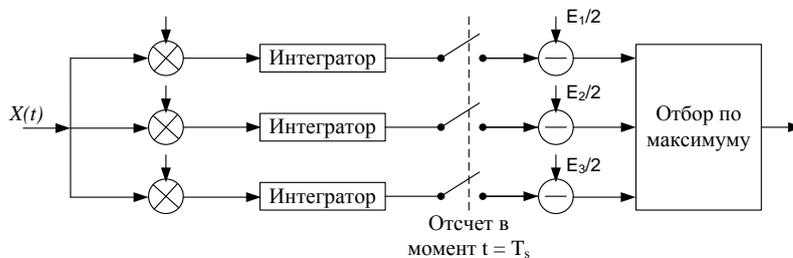


Рис.1 - Схема оптимального приемника

Предположим, что сигналы d_1 и d_2 передаются с одинаковой вероятностью и принимаются на фоне гауссова шума $n(t)$ приемника с нулевым средним и

дисперсией $0.5N_0$. Учтем, что для сигналов с двоичной фазовой модуляции энергия E_s импульса совпадает с энергией бита E_b . Тогда выходной сигнал можно записать как

$$x = \sqrt{E_s}hd + n, \quad (1)$$

где h – нормированный коэффициент передачи канала. Предполагается, что дисперсия коэффициента h равна единице, средняя мощность шума $\sigma_0^2 = 0.5 \cdot N_0$, а мгновенное SNR равно

$$\rho = \rho_0|h|^2, \quad (2)$$

где $\rho_0 = E_s / N_0$ – среднее SNR на символ.

В многолучевом канале амплитуда $|h|$ коэффициента передачи имеет релейское распределение. Следовательно, случайное SNR ρ будет иметь экспоненциальное распределение вида

$$f(\rho) = \frac{1}{\rho_0} \exp\left(-\frac{\rho}{\rho_0}\right). \quad (3)$$

SNR является случайной величиной и для нахождения среднего значения BER сначала нужно найти BER для всех возможных значений SNR. Затем должно быть выполнено усреднение этой ошибки, используя функцию плотности вероятности. Следовательно, чтобы найти BER при передаче через релейский канал необходимо вычислить интеграл

$$BER = \int_0^{\infty} f(\rho)BER(\rho)d\rho, \quad (4)$$

где $BER(\rho)$ – вероятность битовой ошибки в гауссовом шумовом канале без замираний при SNR равном ρ .

Вероятность $BER(\rho)$ при бинарной модуляции определяется интегралом ошибок Гаусса $Q(x)$ [3]:

$$BER(\rho) = \frac{1}{2} [1 - Q(\sqrt{2 \cdot \rho})], \quad (5)$$

где $Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du$ или $Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right)$, $\operatorname{erfc}(x)$ – функция ошибок (функция Лапласа).

Таким образом, для BPSK модуляции получаем

$$BER = \int_0^{\infty} \frac{1}{\rho_0} \exp\left(-\frac{\rho}{\rho_0}\right) \frac{1}{2} [1 - Q(\sqrt{2\rho})] d\rho. \quad (6)$$

Для BPSK модуляции соответственно в гауссовском и релейском каналах находим:

$$BER = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erfc}\left(\frac{\sqrt{2\rho_0}}{\sqrt{2}}\right) \right]; \quad (7)$$

$$BER = \frac{1}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_0 + 1}} \right]. \quad (8)$$

При больших SNR ($\rho \gg 1$) выражение BER для релейского канала (8) упрощается и принимает вид

$$BER \approx \frac{1}{4\rho_0}. \quad (9)$$

Видно что, при больших SNR вероятность битовой ошибки в релейевском канале обратно пропорциональна среднему SNR.

Вероятность битовой ошибки в многолучевом релейевском канале при произвольном числе антенн системы MIMO.

Рассмотрим MIMO систему (рис.2), состоящую из M передающих и N приемных антенн в предположении отсутствия частотных селективных замираний в многолучевом пространственном канале [4-5]. При этом свойства пространственного канала определяются вектором - столбцом $\mathbf{H} = (h_1, h_2, \dots, h_N)^T$ коэффициентов передачи, где $(\cdot)^T$ - знак транспонирования.

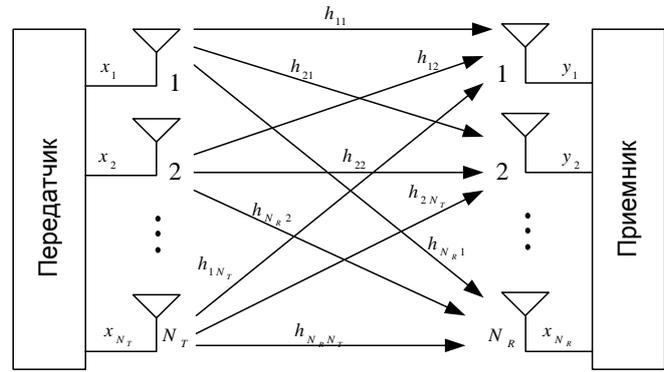


Рис.2 - Структурная схема MIMO системы

Если передается сигнал $d(t)$, то вектор \mathbf{X} принятых сигналов равен

$$\mathbf{X}(t) = \sqrt{P_0} \mathbf{H}d(t) + \mathbf{N}(t), \tag{10}$$

где $\mathbf{N}(t)$ - вектор собственных шумов.

Сигналы различных антенн суммируются с весовыми коэффициентами, являющимися соответствующими элементам весового вектора \mathbf{W}

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{W}^H \mathbf{X}(t) = \mathbf{W}^H \sqrt{P_0} \mathbf{H}d(t) + \mathbf{W}^H \mathbf{Z}(t). \tag{11}$$

В результате суммирования выходное SNR ρ существенно возрастает до величины [2]

$$\rho = \rho_0 |\mathbf{W}^H \mathbf{H}|^2. \tag{12}$$

Для всех приемных антенн, чтобы обеспечить максимум SNR на выходе, весовой вектор должен быть параллелен вектору \mathbf{H} коэффициентов передачи, то есть $\mathbf{W} = \alpha \mathbf{H}$, где $\alpha \leq 1$ – некоторое число не влияющее на величину SNR. При $\alpha = 1$ векторы \mathbf{W} и \mathbf{H} параллельны друг другу и их скалярное произведение максимально

$$\rho = \rho_0 \mathbf{H}^H \mathbf{H} = \rho_0 \sum_{p=1}^N |h_p|^2. \tag{13}$$

Сравнивая (13) с (2) видно что при оптимальном весовом суммировании выходное SNR представляет собой сумму SNR в каждой приемной антенне.

BER в системе LTE с MIMO зависит от характера корреляции замираний сигналов в приемных антеннах (от полностью коррелированных до некоррелированных между собой замираний сигналов).

Для полностью коррелированных замираний из (13) получаем выражение

$$\rho = \rho_0 N |h|^2, \tag{14}$$

которое описывает ситуацию идентичную приему на одну антенну (см. выражение (2)), но имеющую в N раз большее усиление. При этом, учитывая (8), получаем выражение для BER

$$BER = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{N\rho_0}{N\rho_0 + 1}} \right). \tag{15}$$

При достаточно большом SNR ($N\rho_0 \gg 1$) BER равен

$$BER \approx \frac{1}{4N\rho_0}. \tag{16}$$

В случае полностью некоррелированных замираний сигналов, учитывая (7) для плотности вероятности, имеем [2]:

$$f(\rho) = \frac{1}{(N-1)! \rho_0^N} \rho^{N-1} \exp\left(-\frac{\rho}{\rho_0}\right), \quad (17)$$

Тогда на основании (4) получаем

$$BER = \int_0^\infty \frac{1}{(N-1)! \rho_0^N} \rho^{N-1} \exp\left(-\frac{\rho}{\rho_0}\right) \frac{1}{2} [1 - Q(\sqrt{\rho})] d\rho. \quad (18)$$

При больших SNR ($\rho_0 \gg 1$) вероятность ошибки уменьшается обратно пропорционально SNR в степени, равной числу приемных антенн

$$BER \approx 1/\rho_0^N. \quad (19)$$

Результаты моделирования

Имитационное моделирование процессов на физическом уровне в системе LTE с MIMO проведено с использованием общей математической модели для различных видов пространственной конфигурации каналов и основных видов модуляции для двух случаев: без обратной связи и с обратной связью.

Случай без обратной связи характерен для условий быстрого изменения состояния канала и высокоскоростной мобильности [3]. Для разделения пространственных каналов предполагается применение пространственно-временное блочное кодирование по Аламути [4].

Результаты моделирования представлены на рис. 3а, где можно видеть, что для схемы SIMO 1x2 значение BER=10⁻⁴ обеспечивается при SNR= 5,2 дБ; для SIMO 1x4 то же значение BER=10⁻⁴ обеспечивается при SNR= 2,4 дБ; для SIMO 1x6– SNR= 0,6 дБ, а для SIMO 1x8 значение BER меньше 10⁻⁴.

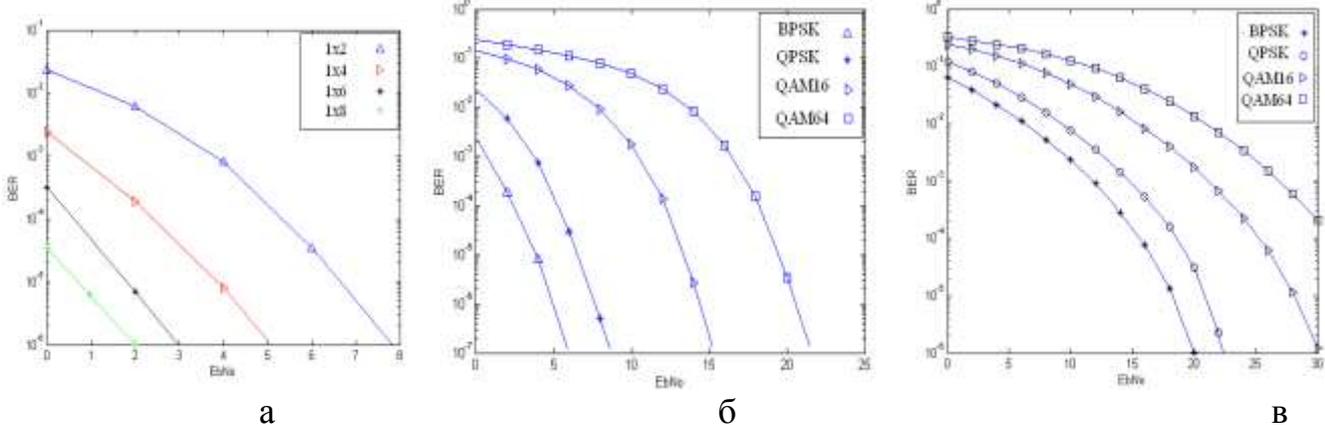


Рис. 3 - Результаты моделирования для LTE с MIMO без обратной связи: а - BER с различным числом приемных антенн; б - BER с различным видом модуляции; в - BER при различных передачах каналов

Сравнение характеристик качества связи LTE с SIMO при различных видах модуляции и их позиционности производилось для модели SIMO 1x4 (рис. 3б). Для BER=10⁻⁴ с учетом BPSK значение SNR = 2,4 дБ, QPSK – SNR = 5 дБ, QAM16 – SNR = 13 дБ и QAM64 – SNR = 18 дБ.

Зависимости на рис.3б получены при условии, что отношение сигнал-шум на всех приемных антеннах одинаково, что на практике не обеспечивается для SIMO. Поэтому проведено имитационное моделирование SIMO 1x4 с учетом влияния коэффициентов передачи каналов $|h_i|^2$ на мощность суммарного принимаемого сигнала. Результаты моделирования приведены на рис.3в, из которого видно, что в

этом случае характеристики системы ниже, чем представленные на рис.3б. Так, для BER= 10^{-4} при BPSK значение SNR =15.5 дБ, при QPSK – SNR =18 дБ, при QAM-16 – SNR =25,1 дБ и при QAM-64 – SNR=31 дБ.

Результаты имитационного моделирования MIMO с обратной связью приведены на рис.4. Характер полученных кривых свидетельствует о худших характеристиках качества системы связи, чем у рассмотренных выше. Для BPSK SNR = 23 дБ, QPSK – SNR =29 дБ, в то время, как при QAM-16 и QAM-64 - SNR >36 дБ. Причиной низких показателей качества является практически отсутствие разнесения. Каждый параллельный канал работает как система SISO. Однако данный метод имеет и серьезное достоинство - возможность существенного увеличения пропускной способности при использовании алгоритма создания избытка информации. Естественно, что увеличение пропускной способности достигается за счет увеличения SNR. Результаты имитационного моделирования при реализации алгоритма создания избытка информации путем применения различных MIMO комбинаций представлены на рис. 5.

В системах LTE с MIMO предусматривается возможность повышения качества связи с использованием адаптивной модуляции за счет управления сигнальным созвездием (путем изменения позиционности модуляции) в зависимости от SNR. Когда отношение SNR высокое - используется самая высокая позиционность модуляции. При ухудшении помеховой обстановки и уменьшении SNR – позиционность уменьшается. Такой механизм позволяет системе предотвращать влияние глубоких замираний в мобильном LTE и вызванных этим нарушения связи за счет адаптации к изменяющимся условиям. Однако такая, адаптивная модуляция, предусмотренная стандартом LTE, не всегда достаточно эффективна. Поэтому предлагается дополнительно использовать адаптивную модуляцию в различных каналах MIMO.

Метод адаптивной модуляции в каналах MIMO предполагает одновременное использование различных типов модуляции в различных MIMO каналах в зависимости от затухания в канале. В сильных каналах используется, например, QAM64, QAM16, а в слабых QPSK или BPSK.

Зависимости BER и скорости передачи от SNR при использовании адаптации в каналах MIMO с замкнутой петлей при различных скоростях перемещения мобильного терминала представлены в нижней части рис. 6 и 7. В верхней части рис. 6 для сравнения приведены те же зависимости без адаптации.

Как видно, результаты имитационного моделирования подтверждают заметное улучшение основных характеристик качества системы LTE с MIMO за счет использования адаптивной модуляции в пространственных каналах.

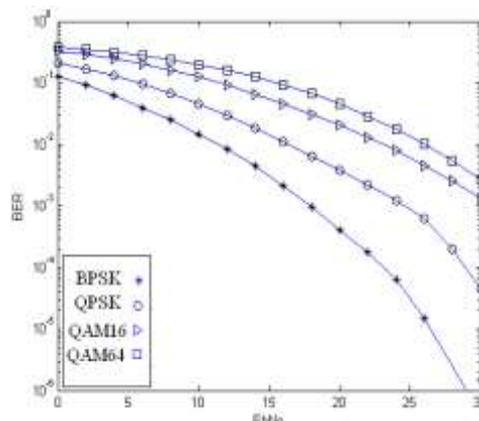


Рис.4 -Система MIMO 2x2 с замкнутой петлей

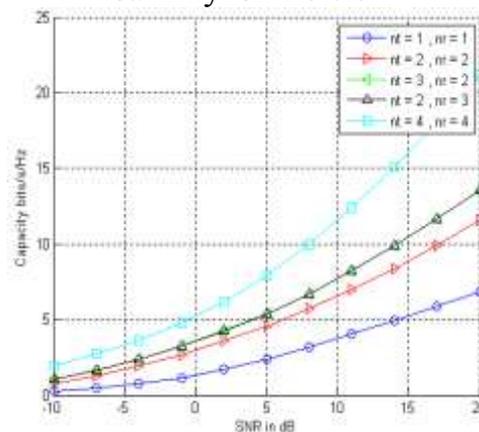


Рис.5 - Зависимость пропускной способности от SNR

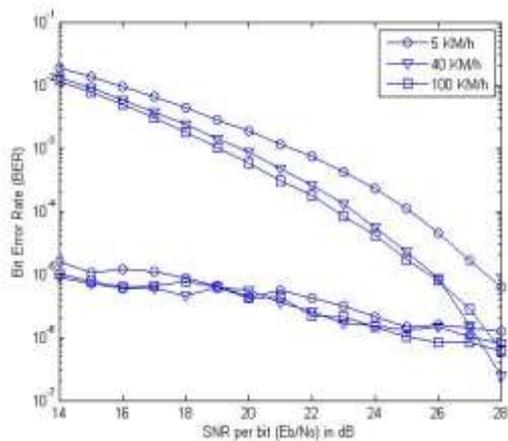


Рис.6 - Адаптивная модуляция в релейском канале

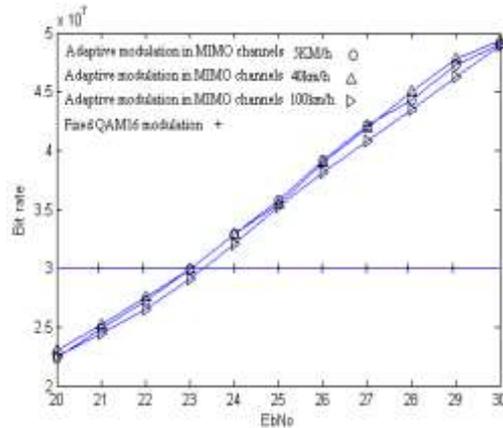


Рис.7 - Зависимость скорости передачи от SNR при использовании адаптивной модуляции

Выводы

Важным направлением развития систем LTE с MIMO является их адаптация к изменениям параметров канала, обеспечивающая наиболее полное использование имеющегося временного, пространственного и частотного ресурса, чтобы минимизировать передаваемую мощность и, в то же время, увеличить пропускную способность системы связи. При этом появляются широкие возможности по адаптации сигнально-кодовых конструкций к реально складывающейся сигнальной и помеховой обстановке. Например, применение многопозиционных методов модуляции, реализуемое во временной области, позволяет существенно увеличить скорости передачи при фиксированной ширине частотного канала, либо сохранить приемлемое значение BER при несколько уменьшенной скорости передачи.

Список литературы: 1. *Stefania S.* LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice [Текст] / *S. Stefania, T. Issam, B. Matthew* // John Wiley and Sons Second Edition. – 2011. – pp. 778. 2. *Ермолаев, В. Т.* Адаптивная пространственная обработка сигналов в системах беспроводной связи [Текст] / *В. Т. Ермолаев, А. Г. Флакман.* // Нижний Новгород, 2006. — 100 с. 3. *Levin G.* Capacity analysis of asymptotically large MIMO channels [Текст] / *G. Levin* // university of ottawa, canada. - 2008 - p.15 -143. 4. *Марчук, А. В.* Адаптивные модуляция сигналов в каналах MIMO [Текст] / *А. В. Марчук, З. Вадиа, Х. Ал-Джаноби* // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. - 2010. - Вып. 163.- с.122-128. 5. *Лихограй В. Г.* Пропускная способность случайных каналов MIMO [Текст] / *В. Г. Лихограй, В. С. Вовченко, Т. Н. Нух* // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. - 2012. - Вып. 169.- с. 182-189.

Надійшла до редколегії 28.02.2013

УДК 621.396

Адаптивная пространственная обработка сигналов в системах LTE с MIMO / В. А. Лошаков, В.Г. Лихограй, Ал-Джаноби Хуссам Дхеа, Нух Таха Насіф // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 11 (985). – С. 100-107. – Бібліогр.: 5 назв.

В даній роботі розглядаються питання просторової обробки сигналів у системах стільникового зв'язку LTE, у яких для передачі та/або прийому інформації застосовуються антени систем MIMO. Аналізуються основні характеристики систем LTE з MIMO (пропускна здатність, ймовірність бітової помилки в каналах з релієвськими та райсівськими завмираннями сигналів). Розглядаються особливості використання методів адаптації для підвищення якості зв'язку в системах LTE.

Ключові слова: LTE, MIMO, BER, SNR, релієвському канал, завмирання.

This work the spatial processing of signals in cellular LTE are considered, in which to send and / or receive information used antenna systems MIMO. The main characteristics of LTE communication systems with MIMO (bandwidth, bit-error probability in channels with Rayleigh and Rician fading signals) are analyzed. The features of adaptation methods to improve the quality of communication systems LTE are considered.

Keywords: LTE, MIMO, BER, SNR, Rayleigh channel, fading.

УДК 37.004.85

О. В. ІОВЕНКО, канд. техн. наук, пров. наук.спів., Державна науково-виробнича корпорація «Київський Інститут автоматики» Київ;

Т. М. КОТ, канд. техн. наук, с. н. с., Державна науково-виробнича корпорація «Київський Інститут автоматики », Київ;

В. В. МАЛИШЕВ, д-р хім. наук, проф., директор, Інженерно-технологічний інститут Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна”, Київ;

О. В. КОШУКОВ, канд. техн. наук, доц., зав. каф., Інженерно-технологічний інститут Відкритого міжнародного університету розвитку людини “Україна”, Київ

В. М. ПЕРЛІЙ, директор, НВП «ПРОТЕК»,. Київ

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС «АВТОЕКЗАМЕНАТОР «ОХОРОНА ПРАЦІ». ЗАДАЧІ, ЯКІ ВИРІШУЄ КОМПЛЕКС В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

В роботі проаналізовано сучасні системи організації навчального процесу – традиційну, модульну, кредитно-модульну. Показан перелік завдань, які має вирішувати автоматизований програмний комплекс «Автоекзаменатор «Охорона праці» для підвищення їх ефективності.

Ключові слова: : навчальний процес , традиційна, модульна, кредитно-модульна системи, «Автоекзаменатор «Охорона праці».

Введення

Стрімке і постійне зростання обсягу і складності матеріалу, що вивчається, необхідність його швидкого оновлення призводять до пошуку нових більш ефективних методів навчання. Світовий досвід показує, що один із шляхів підвищення ефективності процесу навчання - використання комп'ютерних технологій.

Мета роботи

Метою роботи є аналіз сучасних систем навчання, які використовуються для підготовки слухачів з питань охорони праці, і висновки про те, які завдання повинна вирішувати автоматизована навчальна система для максимізації ефективності навчання.

Аналіз сучасних методів навчання та їх особливостей

У вищих навчальних закладах України найбільш поширеними є традиційна, модульна і кредитно-модульна системи організації навчального процесу [1-3].

Традиційна система організації навчального процесу налаштована на масову підготовку слухачів за базовими навчально-тематичним планом і програмою

Навчально-тематичний план регламентує теми, які будуть вивчатися у процесі

© О. В. ІОВЕНКО, Т. М. КОТ, В. В. МАЛИШЕВ, О. В. КОШУКОВ, В. М. ПЕРЛІЙ, 2013