

Бұгінгі таңда нарықта бетонның температурасын және беріктігін бақылауға арналған өлшеу жүйелерінің әртүрлі түрлері ұсынылған. Олардың әрқайсысының өзіндік сипаттамалары мен жұмыс ерекшеліктері бар. Датчиктерді пайдалану жедел бақылауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес бетонның беріктігін есептеу бірнеше әдістермен жүргізуі мүмкін. Мақалада осы әдістердің салыстырмалы талдауы келтірілген. Олардың әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.

Түйіндеі сөздер: ендірілген сенсор, бетон, бетонның қатаю температурасы, стандарт, жетілу.

TULEBEKOVA A.S. – PhD, assoc. professor (Nur-Sultan, L.N. Gumilyov Eurasian National university)

AKHMETOV D.A. – d.t.s., professor (Almaty, "NIISTRONPROJECT" LLP)

ROOT Y.N. – master's degree (Almaty, "NIISTRONPROJECT" LLP)

ZHARASSOV S.Zh. – PhD Student (Nur-Sultan, "CSI Research&Lab" LLP)

FEATURES OF THE REGULATORY REQUIREMENTS FOR MONITORING THE STRENGTH OF CONCRETE USING MEASURING SYSTEMS

Abstract

Today, the market is represented by various types of measuring systems for temperature-strength control of concrete. Each of them has its own technical characteristics and peculiarities of work. The use of sensors allows for operational control. According to the requirements of regulations, calculations of the strength of concrete can be carried out by several methods. The article presents a comparative analysis of these methods. The advantages and disadvantages of each of them are revealed.

Key words: embedded sensor, concrete, concrete curing temperature, standard, maturity.

УДК 621.391.82.016.35

ДАРАЕВ А.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ДОМРАЧЕВ В.Н. – магистр (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ, РЕАЛИЗОВАННАЯ В ПАКЕТЕ «MATLAB»

Аннотация

Целью исследования является Модель системы приема-передачи данных на основе сверхширокополосных сигналов, реализованная в пакете «Matlab».

В основной части приведены результаты моделирования, помехоустойчивое канальное кодирование, использование OFDM. В представленной модели расчеты проводились для двух типов каналов связи: для канала связи с аддитивным гауссовским белым шумом (AWGN) и для релеевского канала распространения сигнала.

Для исследования в основном анализируются беспроводные сети радиодоступа, в качестве практического примера выбран анализ сигналов цифрового телевидения с помощью пакета программ «Matlab».

Предложенные в статье подходы могут быть использованы при реализации и моделировании широкополосных систем приема-передачи информации с различными способами кодирования, а также при оценке влияния на распространение OFDM сигналов параметров каналов связи Гаусса и Релея.

Ключевые слова: межсимвольная интерференция, искажения сигналов, многолучевая интерференция, OFDM, гауссовский белым шум (AWGN), релеевский канал распространения сигнала, пакет «Matlab».

Введение. Системы с мультиплексированием с ортогональным частотным разделением каналов использует большое число ортогональных поднесущих, для каждой из которых возможно независимое применение различных схем модуляции и кодирования информационной последовательности.

При разработке модели системы с ортогональным частотным разделением каналов использовался низкочастотный эквивалент OFDM сигнала [1]:

$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} s_k(t) = \sum_{k=0}^{N-1} A_k e^{j2\pi k t / T}, \quad 0 \leq t \leq T$$

где k – индекс поднесущей,

$s_k(t)$ – сигнал на k -поднесущей,

k – амплитудная составляющая последовательности информационных символов,

N – количество поднесущих,

T – длительность информационного символа.

При разработке OFDM систем передачи данных следует учитывать, что сигналы на k -поднесущих являются ортогональными на тактовом интервале T , но ортогональность каждой из поднесущих напрямую связана со скоростью передачи данных, и в некоторых случаях спектры сигналов на каждой из поднесущих могут частично перекрываться. Многие OFDM сигналы изначально допускают частичное перекрытие спектров (например, QAM-4, QAM-16 и т.д.).

Эффективное использование спектра частот зависит от вида реализации детектирования данных: когерентное, некогерентное. В представленной модели реализовано некогерентное детектирование.

Основные результаты работы.

Процесс формирования OFDM сигналов можно разделить на несколько стадий, которые хорошо реализуются независимо друг от друга как в аппаратной части, так и в плане использования алгоритмов.

Условно можно выделить пять основных этапов: преобразователь потока (Serial о parallel unit), цифровая модуляция (Digital modulator), вычисление обратного быстрого преобразования Фурье (IFFT), цифро-аналоговое преобразование (DAC), квадратурная модуляция (Quadrature modulator).

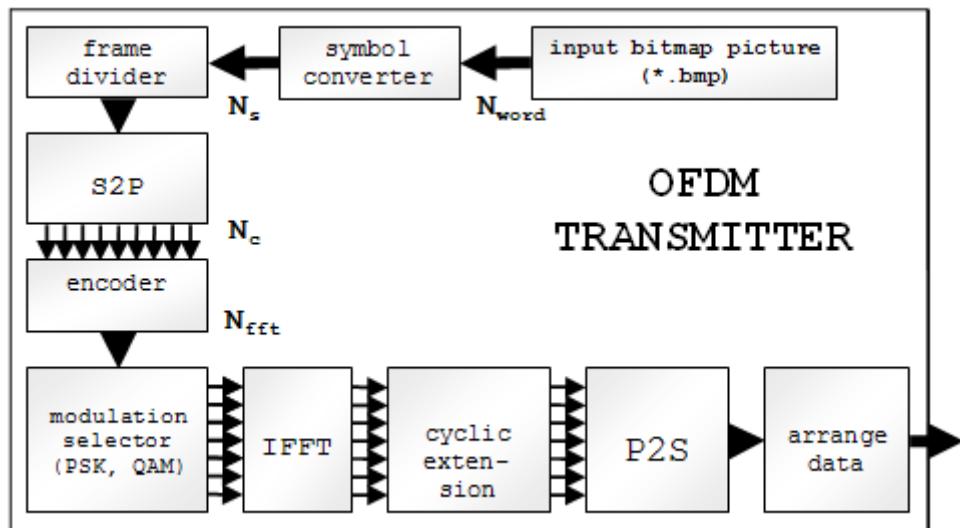


Рисунок 1 – Структурная схема OFDM передатчика

На рисунке 1 представлена структурная схема модели OFDM передатчика, реализованная в пакете «Matlab». Рассмотрим назначение основных элементов системы на примере передачи графического изображения [2-8].

Входными данными являются файлы графических изображений в формате *.bmp с глубиной цветопередачи 8 бит в оттенках серого цвета. При таком представлении получается 256 оттенков серого цвета.

Декодирование графических изображений в оттенках серого цвета в модели осуществляется с помощью встроенной функции «imread.m» пакета «Matlab». Каждый пиксель переводится в однобайтовое слово, образуя двумерный массив. Высота исходной картинки h определяет количество строк, а ширина w – количество столбцов генерируемой матрицы. Матрица загружаемой картинки переводится в последовательный поток данных, при этом каждый элемент массива подвергается последовательному преобразованию из 8-битного формата в информационные символы (слова) заданного размера. Разрядность слова, кодирующего символа, зависит от выбора порядка модуляции, и возрастает с увеличением порядка модуляции. Для выполнения преобразования в модели используется функция «imgconv.m».

В блоке «symbol converter» матрица изображения перераспределяется на двоичные столбцы в соответствии с заданным порядком модуляции N_s и размером входного изображения N_w и преобразуется в вектор выходных символов N_d для требуемого типа модуляции. В этом случае размер вектора выходных символов определяется по формуле:

$$N_d = N_w \frac{N_{word}}{N_s},$$

где N_s – порядок модуляции,
 N_w – размер изображения на входе,
 N_{word} – глубина графического изображения.

Далее проводится разбиение последовательности на необходимое количество символьных блоков и осуществляется их перевод в код, соответствующий глубине цветопередачи пикселя.

При преобразовании может возникнуть ситуация, когда какой-либо символ «выпал» из последовательности по причине большого уровня шума в канале. В этом случае выполняется алгоритм предсказания, который сравнивает текущий и последующий символы и заполняет пропущенные места оценочными значениями.

Затем символы в информационной последовательности разделяются на составные кадры OFDM передатчика в зависимости от переменной SpF (от англ. Symbol per Frame). Переменная SpF определяет количество символов, приходящееся на одну поднесущую в каждом передаваемом кадре, и вычисляется по формуле:

$$SpF = \text{ceil}\left(\frac{2^{14}}{N_c}\right)$$

где *ceil* – функция «Matlab» округления в большую сторону,
 N_c – количество поднесущих.

Операцию упаковки символов в кадры поднесущих в OFDM модуляторе выполняет блок «frame divider».

Модулятор обрабатывает данные последовательно кадр за кадром. В случае, если длина информационной последовательности N_d не кратна выбранному количеству поднесущих N_c , то последовательность в конце дополняется нулями.

В OFDM передатчике блок «S2P» (от англ. «serial-to-parallel») переводит данные из последовательного потока в параллельный поток из N_c поднесущих.

Для улучшения параметров системы в схемах модуляторов передатчиков используют различные способы кодирования данных. В представленной модели реализовано дифференциальное кодирование, которое осуществляется в блоке «encoder».

На рисунке 2 представлен фазовый спектр сигнала QAM-16 с учетом дифференциального кодирования.

При дифференциальном кодировании, в полученную ранее матрицу несущих, дополнительно добавляется проверочный вектор длиной N_c , который может быть, как набором случайных чисел, так и заданным набором значений.

Далее закодированные информационные слова преобразуются в соответствующие значения фаз и амплитуд. На этом этапе также происходит разделение потока на N_c поднесущих и задается тип модуляции – фазовая (PSK) или квадратурная амплитудная (QAM). Для уменьшения битовой ошибки информационные символы дополнительно кодируются кодом Грея.

Далее выполняется вычисление обратного быстрого преобразования Фурье (ОБПФ) в блоке «IFFT» в соответствии с заданным размером преобразования и количеством поднесущих N_c , заданных пользователем. В результате вычисления ОБПФ на выходе блока получаем один символьный период во временной области. Количество символьных периодов будет соответствовать количеству строк N_b в массиве передаваемых данных.

Для уменьшения уровня межсимвольных искажений к каждому полученному временному блоку добавляется некоторый локальный защитный интервал, представляющий циклический префикс, формируемый в блоке «cyclic extension» путём добавления определенного количества символов в начало последовательности информационного блока.

В блоке «P2S» происходит преобразование N_b+1 строк двумерного массива в последовательность информационных блоков и глобальных защитных интервалов, которые формируются путем добавления отсчетов нулей между кадрами.

В блоке «arrange data» происходит упорядочивание полученной последовательности.

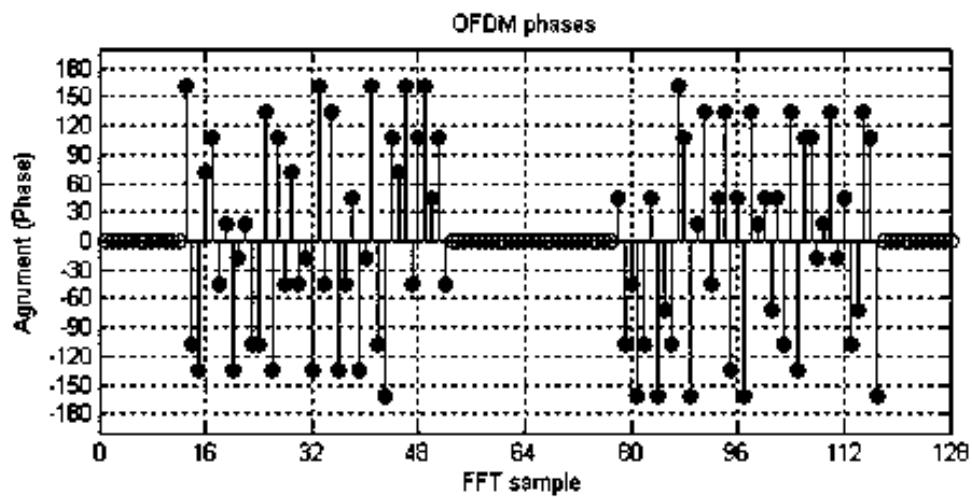


Рисунок 2 – Фазовый спектр QAM-16 с дифференциальным кодированием [8]

В итоге на выходе блока формируется низкочастотный эквивалент огибающей OFDM сигнала.

Все функции, выполняемые цифровыми блоками приемника, являются взаимно обратными тем операциям, которые проводились в передатчике и были описаны выше.

Рассмотрим назначение основных элементов OFDM приемника, структурная схема которого представлена на рисунке 3.

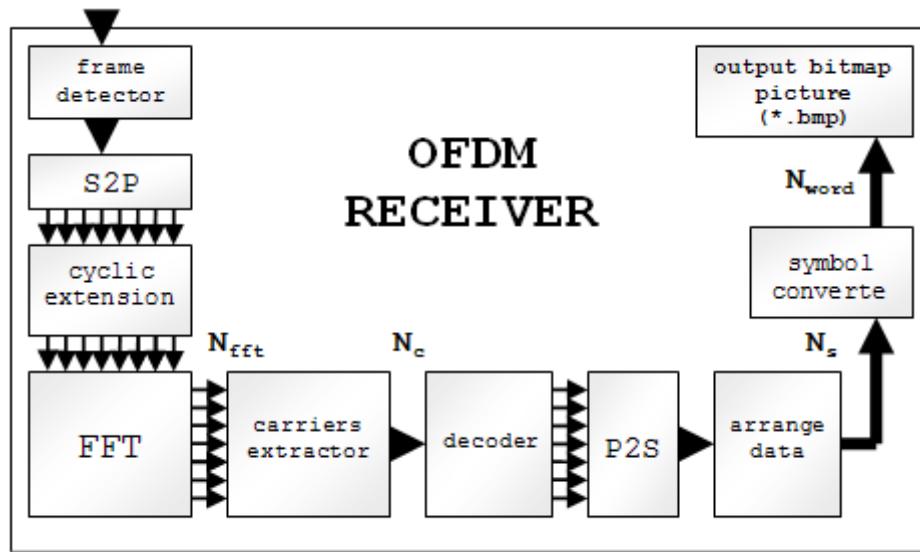


Рисунок 3 – Структурная схема OFDM приемника [8]

В модели приемника ключевым блоком является детектор кадров «frame detector» принятой последовательности. Основное назначение детектора – синхронизация приема информационной последовательности на основе детектирования начала информационных символов из всей принимаемой последовательности. Помимо этой функции детектор кадров предназначен для отделения защитного интервала, заголовка и окончания кадра, удаления циклических префиксов во всем информационном блоке.

Пример одного информационного кадра представлен на рисунке 4.

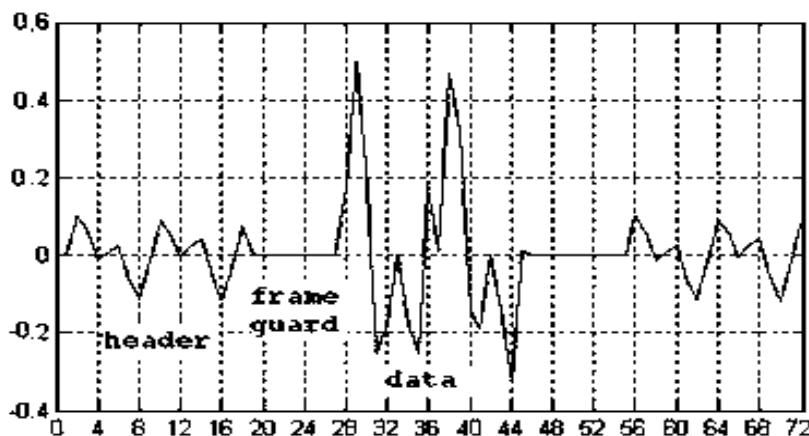


Рисунок 4 – Последовательность из одного кадра [8]

Для декодирования сигнала в приемнике определяется объем передаваемых данных по числу кадров N_f принятой последовательности:

$$N_f = \text{ceil} \left[\frac{h \cdot w \left(\frac{N_{\text{word}}}{N_s} \right)}{SpF \cdot N_c} \right]$$

где h – высота изображения,
 w – ширина изображения,
 N_s – порядок цифровой модуляции.

Количество кадров прямо пропорционально объему передаваемой информации, который связан с размерами и глубиной цвета изображения, и обратно пропорционально порядку модуляции.

Уровень информационной части может в несколько раз превышать уровень заголовка сигнала и окончания кадра, как показано на рисунке 4. При этом глобальные защитные интервалы будут равны нулю, что позволяет различить и отбросить компоненты, не несущие в себе информации.

Для этого проводится поиск начала кадра, который можно разделить на несколько этапов. На первом этапе происходит вычисление модуля каждого отсчета последовательности и дискретизация кадра с шагом R_{step} , прямо пропорциональным длине БПФ. Далее данные пропускаются через цифровой фильтр, который детектирует положение нулевых значений до и после информационной части.

После чего сигнал сдвигается на величину, определяемую отношением T_s/R_{step} (где T_s – символьный период), и повторно фильтруется.

В итоге определение положения начала кадра (фрейма) frame_loc можно рассчитать по формуле:

$$\text{frame_loc} = \min (idx + T_s + nerr) - 1$$

где idx – значение начала защитного интервала,
 $nerr$ – погрешность оценки измерения защитного интервала сверху.

Поскольку фреймов в реальных системах может быть несколько, обобщим формулу на многокадровую систему:

$$frames_loc = \min \left(idx + T_s + nerr + \left| R_{x_st} - 1 \right| \right) - 1$$

где R_{x_st} – номер фрейма.

Кадры (фреймы) последовательно обрабатываются с учетом того, что к первому был добавлен заголовок, а к последнему – окончание кадра.

OFDM демодулятор последовательно обрабатывает данные кадр за кадром. После определения положений начала и конца фреймов последовательный поток разделяется на параллельные, которые далее поступают на блок «cyclic extension», где удаляются все защитные интервалы от информационной части сигнала.

Затем параллельно каждый из потоков данных поступает на блок прямого быстрого преобразования Фурье (БПФ), который переводит каждый информационный кадр в спектральные отсчеты. В зависимости от типа выбранной модуляции полезная информация может заключаться как в амплитуде и фазе сигнала (для сигналов QAM), так и только в фазе сигнала (для сигналов PSK).

В блоке «carriers extractor» происходит извлечение информации из каждой поднесущей для блока размером N_b . Алгоритмы получения полезной информации отличаются в зависимости от типа модуляции. При извлечении информации из каждой поднесущей действительная и мнимая компоненты спектральных отсчетов ставятся в соответствие с определенными эталонными значениями, полученными из кода Грэя для конкретного типа и порядка модуляции.

Следует учесть, что в информационном потоке содержится набор нулей, необходимый модулятору для равномерного составления параллельного потока. Этот набор нулей удаляется в блоке «arrange data».

В блоке демодулятора «P2S» данные переводятся в последовательный вид, образуя итоговый информационный вектор, который далее поступает в блок «symbol converter», где информационные символы преобразуются в «слова», конвертируемые затем в графическое изображение.

По итогам обработки данных приемником в модели предусмотрен вывод сигнальных созвездий по значениям действительной и мнимой компонент вектора кадра сигнала.

Моделирование влияния канала связи является одной из важных задач, возникающих при моделировании системы приема-передачи данных. При моделировании каналов в воздушном пространстве обычно используют статистические модели.

В представленной модели расчеты проводились для двух типов каналов связи: для канала связи с аддитивным гауссовским белым шумом (AWGN) и для релеевского канала распространения сигнала. Отдельно в модели введен параметр усечения амплитуды сигнала в канале – СС.

Модель гауссовского канала может использоваться при оценке параметров канала связи с прямой видимостью передатчика и приемника при передаче сигналов без отражений и замираний, а также оценке влияния шумовой температуры приемника на параметры приема.

При учете шумовой составляющей в гауссовском канале дисперсия белого шума определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{P_w}{SNR}},$$

где σ – среднеквадратичное значение в канале,
 P_w – мощность сигнала,
 SNR – отношение сигнал-шум.

Величина отсечки в модели рассчитывается согласно:

$$SC = 10^{-\frac{CC}{20}} \max(|abs|T_x|)$$

где SC – амплитуда отсечки,
 CC – уровень отсечки в децибелах,
 T_x – вектор передаваемой информационной последовательности.

Очевидно, что в реальной среде распространения за счет переотражений энергия сигнала будет распределяться неравномерно. Это явление получило название многолучевое распространение сигнала. Для учета таких параметров среды распространения как многолучевого распространения сигнала, интерференции в модели используется релеевский канал.

Использование релеевского канала целесообразно, когда между передатчиком и приемником нет прямой видимости. В этом случае энергия, принимаемая антенной, содержит много компонент, ни одна из которых не является доминирующей относительно других.

Релеевский канал используется при оценке параметров большинства мобильных устройств УКВ и GSM диапазонов.

В модели имеется возможность варьировать вероятное значение σ для получения оценок следующих параметров:

- стандартной девиации

$$\sigma = \sqrt{2 - \frac{\pi}{2}},$$

- функции плотности распределения вероятностей

$$P(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

- функции интегральной плотности

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

Рассмотрим более подробно основные результаты моделирования.

Исходными параметрами для модели являются: графическое изображение в оттенках серого с глубиной пикселя $N_{word} = 8$ бит, с размерами по высоте $h = 512$, ширине $w = 512$; варьируемые параметры модели – размерность БПФ N_{FFT} , количество поднесущих N_c , SNR , значения отсечки CC .

На рисунке 5 показаны сигнальные созвездия для двух модуляций, соответственно, PSK-16 и QAM-16 при разных значениях параметра сигнал-шум (SNR).

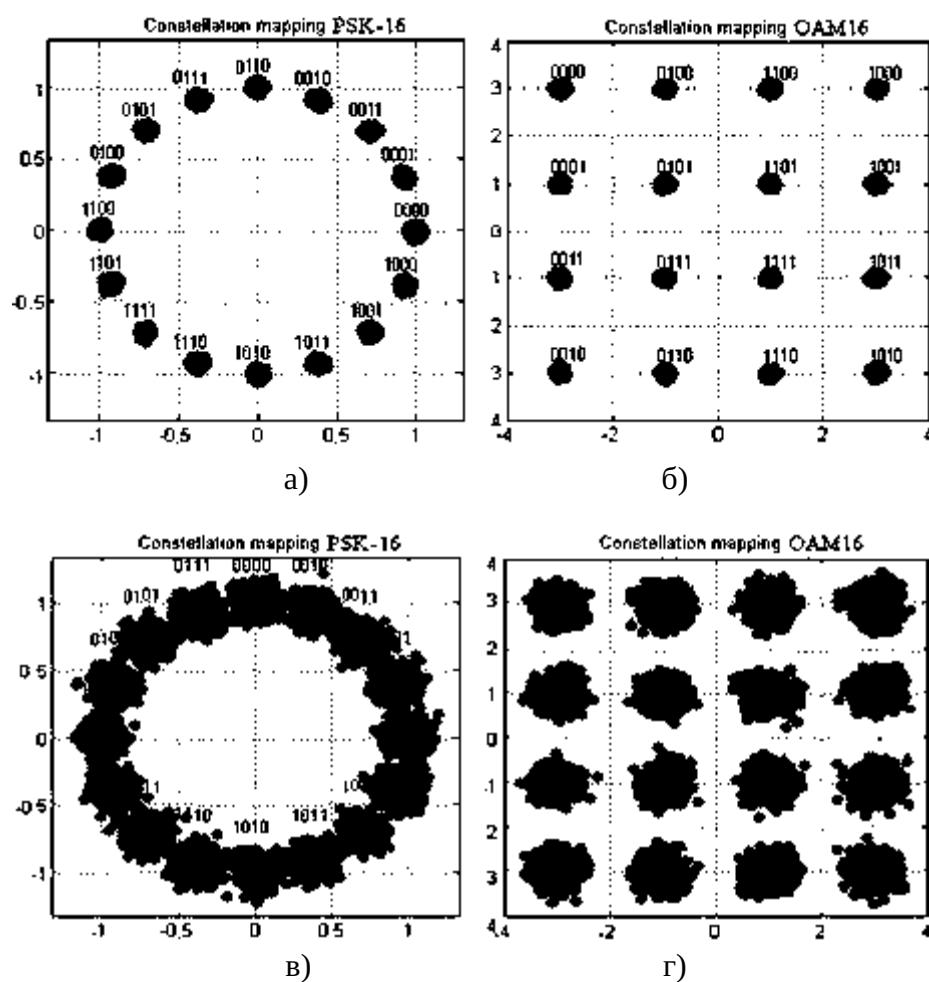


Рисунок 5 – Сигнальные созвездия для: а) PSK-16 (SNRdB = 20 дБ); б) QAM-16 (SNRdB = 20 дБ); в) PSK-16 (SNRdB = 15 дБ); г) QAM-16 (SNRdB = 15 дБ) [8]

На рисунке 5 видно, что на сигнальном созвездии при уменьшении отношения сигнал-шум часть точек сдвигается на определенную величину, образуя при этом более размытое пятно в окрестности соответствующих значений сигнала, что может привести к неправильной демодуляции данных и возникновению ошибочных значений в итоговой последовательности символов.

Для оценки параметров сигнала при передаче информации использовались зависимости символьной ошибки SER от энергии символа, отнесенной к спектральной плотности шума E_s/N_0 .

На рисунке 6 представлены графики зависимости символьной ошибки от E_s/N_0 при разных типах модуляции (сплошными линиями показаны зависимости, построенные по справочным данным для соответствующих видов модуляций QAM, PSK). Как видно из графиков зависимости для символьной ошибки, полученные в модели, практически совпали с теоретическими.

Из графиков рисунка 6 видно, что для более высоких порядков использование QAM модуляции будет более предпочтительным, чем PSK, поскольку ошибка демодулирования символа при фиксированном отношении энергии символа к плотности шума (E_s/N_0) будет меньше, поскольку в качестве модулируемого параметра выступает не только амплитуда, но и фаза. Для обеспечения более высокой скорости передачи необходимо повышать порядок модуляции, но это приводит к смещению характеристики SER вправо.

Помимо оценки вероятности символьной ошибки в моделируемую OFDM систему введена возможность оценить пиксельную ошибку для изображения.

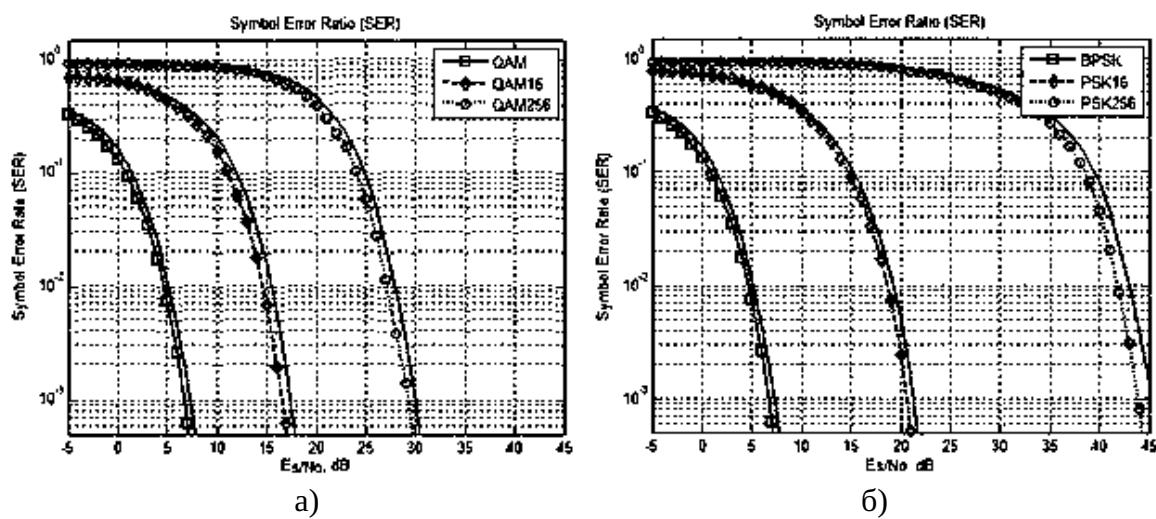


Рисунок 6 – Зависимости символьной ошибки от типа модуляции:
а) QAM ($N_s = 1, 4, 8$); б) PSK ($N_s = 1, 4, 8$) [8]

Канал распространения Релея отличается от гауссовского канала и позволяет оценить влияние интерференции и многолучевого распространения сигнала. Рассмотрим зависимость символьной ошибки от отношения E_s/N_0 при использовании гауссова и релеевского каналов передачи.

На рисунке 7 представлена зависимость символьной ошибки SER от E_s/N_0 для OFDM системы с учетом канала распространения сигналов Гаусса и Релея (оценки параметров для канала Релея носят статистический характер, поэтому на графике показана усредненная зависимость) при следующих параметрах исходных данных: $N_{FFT} = 4096$, тип модуляции – BPSK, QAM-16, количество поднесущих $N_c = 1013$.

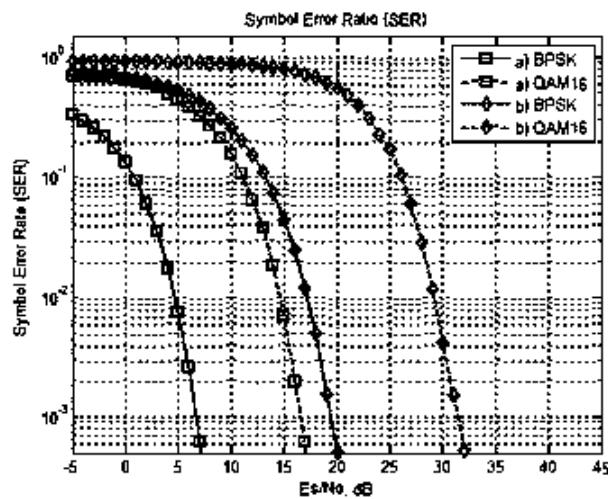


Рисунок 7 – Символьная ошибка для BPSK, QAM-16 при разных моделях канала распространения: (а) Гаусса; (б) Релея [8]

Из рисунка 7 видно, что при использовании модели канала Релея происходит смещение зависимостей вправо. Для сравнения при фиксированном E_s/N_0 такое смещение может приводить к увеличению количества ошибочных детектированных символов по сравнению с гауссовым каналом распространения.

Таким образом, нами предложена математическая модель системы связи в пакете «Matlab», позволяющая проводить качественную и количественную оценку передачи

OFDM сигналов. Моделирование системы проводились на примере передачи черно-белого изображения с учетом таких параметров системы как скорость передачи, параметры модуляции, величина канальной отсечки, уровень шума, способа кодирования сигнала, а также учитывалось влияние канала распространения сигнала. Предложенные подходы могут быть использованы при реализации и моделировании широкополосных систем приема-передачи информации с различными способами кодирования, а также при оценке влияния на распространение OFDM сигналов параметров каналов связи Гаусса и Релея.

Выводы. Основной задачи было рассмотреть принципы повышения помехоустойчивости цифровых каналов с путем уменьшения МСИ.

Реальный канал беспроводной связи обладает частотно-временным рассеянием, что приводит к межсимвольной (МСИ) и межканальной (МКИ) интерференциям.

В основу современных систем беспроводного доступа положены алгоритмы формирования и обработки сигналов с технологией OFDM (ортогонального частотного мультиплексирования).

Вопрос очень широкий, поэтому для исследования в основном рассматриваем беспроводные сети радиодоступа, в качестве практического примера выберем анализ моделирование сигналов цифрового телевидения с помощью пакета программ «Matlab».

В ходе работы была успешно разработана и промоделирована система передачи данных с ортогональным частотным мультиплексированием в среде «Matlab». Были рассмотрены все основные компоненты модели OFDM, а также ее параметры. Была подробно представлена и описана основная концепция работы системы. Основная идея была разработать универсальную модель, ядром которой является система «ОФМД передатчик приемник», а входным сигналом может любой сигнал, реализуя концепцию 5G (телефония, телевидение, передача данных, мобильная связь, радио).

Литература

1. Прокис Джон Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 2000. – 800 с.
2. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонов, А.Г. Нестеренко; под общ. ред. К.К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
3. Цифровое телевидение: Учебное пособие для ВУЗов / В.Л. Карякин – М.: СОЛОН-Пресс, 2008. – 272 с.
4. Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TS 102 773 v.1.1.1, 2009. – 36 р.
5. Digital Video Broadcasting (DVB) Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TS 102 831 v1.1.1. ETSI, 2010. – 213 р.
6. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI EN 302 755 v1.1.1. ETSI, 2009. – 167 с.
7. Dogan H., Yildiz H., Cooklev T., Acar Y. Coded OFDM wireless systems with generalized prefix /"Application of Information and Communication Technologies (AICT)", 2012 6th International Conference., pp.1-4. 2012.
8. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. / Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
9. Chenggao Han, Hashimoto T., Suehiro N. / Constellation-rotated vector OFDM and its performance analysis over Rayleigh fading channels / Communications, IEEE Transactions, vol.58, no.3, pp.828-838, 2010.

References

1. Sour John Digital communication. Per. s engl. / Ed. by D.D. Klovsky. – M.: Radio and communication. 2000. – 800 p.
2. Theory of electrical communication: textbook / K.K. Vasilyev, V.A. Glushkov, A.V. Dormidontov, A.G. Nesterenko; under the general editorship of K.K. Vasilyev. – Ulyanovsk: UlSTU, 2008. – 452 p.
3. Digital television: A textbook for universities / V.L. Karyakin. – M.: SOLON-Press, 2008. – 272 p.
4. Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TS 102 773 v.1.1.1, 2009. – 36 p.
5. Digital Video Broadcasting (DVB) Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI TS 102 831 v1. 1. 1. ETSI, 2010. – 213 p.
6. Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2): ETSI EN 302 755 v1. 1. 1. ETSI, 2009. – 167 p.
7. Dogan H., Yildiz H., Cooklev T., Acar Y. Coded OFDM wireless systems with generalized prefix /"Application of Information and Communication Technologies (AICT)", 2012 6th International Conference., pp.1-4. 2012.
8. Vishnevsky V.M., Lyakhov A.I., Portnoy S.L. and Shakhnovich V.I. / Broadband wireless networks convey information. – Moscow: Tekhnosfera, 2005. – 592 p.
9. Chenggao Han, Hashimoto T., Suehiro N. / Constellation-rotated vector OFDM and its performance analysis over Rayleigh fading channels / Communications, IEEE Transactions, vol.58, no.3, pp.828-838, 2010.

ДАРАЕВ А.М. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ДОМРАЧЕВ В.Н. – магистр (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

«MATLAB» ПАКЕТИНДЕ ЕҢГІЗІЛГЕН УЛЬТРА КЕҢ ЖОЛАҚТЫ СИГНАЛДАР НЕГІЗІНДЕ ДЕРЕКТЕРДІ ҚАБЫЛДАУ-БЕРУ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІ

Аңдатпа

Зерттеудің мақсаты – «Matlab» пакетінде енгізілген ультра кең жолақты сигналдарға негізделген деректерді қабылдау-беру жүйесінің моделі.

Негізгі бөлімде модельде нәтижелері, шуылға төзімді арна кодтау, OFDM қолдану көрсетілген. Ұсынылған модельде есептеулер байланыс арналарының екі түрі үшін жүргізілді: қосымша Гаусс ақ шуымен байланыс арнасы үшін (AWGN) және реле сигнал тарату арнасы үшін.

Зерттеу үшін радиога қол жетімділіктиң сымсыз желілері негізінен талданады, практикалық мысал ретінде «Matlab» бағдарламалық пакетін қолдана отырып, Сандық теледидар сигналдарын талдау таңдалады.

Мақалада ұсынылған тәсілдерді әртүрлі кодтау әдістерімен кең жолақты ақпаратты қабылдау-беру жүйелерін енгізу және модельдеу кезінде, сондай-ақ Гаусс пен реле байланыс арналарының параметрлерінің OFDM сигналдарының таралуына жерін бағалау кезінде қолдануға болады.

Түйінді сөздер: символдар арасындағы кедергі, сигналдардың бүрмалануы, көп жолды кедергі, OFDM, Гаусс ақ Шу (AWGN), реле сигнал тарату арнасы, «Matlab» пакеті.

DARAEV A.M. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

DOMRACHEV V.N. – master's degree (Almaty, Kazakh university ways of communications)

MODEL OF THE DATA RECEPTION AND TRANSMISSION SYSTEM BASED ON ULTRA-WIDEBAND SIGNALS, IMPLEMENTED IN THE "MATLAB" PACKAGE

Abstract

The aim of the study is a model of a data reception and transmission system based on ultra-wideband signals, implemented in the "Matlab" package.

The main part presents the results of modeling, noise-tolerant channel coding, and the use of OFDM. In the presented model, calculations were performed for two types of communication channels: for a communication channel with additive Gaussian white noise (AWGN) and for a Rayleigh signal propagation channel.

For the study, wireless radio access networks are mainly analyzed, and the analysis of digital television signals using the "Matlab" software package is chosen as a practical example.

The approaches proposed in the article can be used in the implementation and modeling of broadband information reception and transmission systems with various encoding methods, as well as in assessing the influence of the parameters of Gaussian and Rayleigh communication channels on the propagation of OFDM signals.

Keywords: intersymbol interference, signal distortion, multipath interference, OFDM, Gaussian white noise (AWGN), Rayleigh signal propagation channel, "Matlab" package.

УДК 622.352

ТУРДАЛИЕВ А.Т. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЖҰМАНОВ М.Ә. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., әл-Фараби ат., Қазақ Ұлттық университеті)

БАЙЖҰМАНОВ Қ.Д. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., әл-Фараби ат., Қазақ Ұлттық университеті)

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ДЕАЭРАТОРЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚАЙТА ҚҰРУ ЖОЛДАРЫ

Ақдатта

Деаэраторлардың көмегімен қосымша эксперименттік деректерді ескере отырып көмірқышқыл газын деаэраторларда судан жою тиімділігінің көрсеткіштерін есептей әдістемесінің дәлдігін тексеру, бу турбиналары конденсаторларының деаэрациялық сипаттамалары, ЖЭС технологиялық жүйелерінде жылу тасығыштарды деаэрациялаудың тиімділігін арттыру қарастырылды.

Түйінді сөздер: деаэратор, кавитация, эжектор, вакуумдық сорғы, конденсациялау.