

«Сейфуллин оқулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.VI. – С.17-20

СИСТЕМА OFDM ДЛЯ КАНАЛА С БЫСТРЫМИ ЗАМИРАНИЯМИ

*Ержанбаева А.А., магистрант 2 курса
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Нур-Султан*

Обсуждается проблема когерентного приема турбокодированных сигналов с ортогональным частотным разделением (OFDM), передаваемых через канал с межсимвольной интерференцией (канал с памятью). В [6] была предложена новая структура OFDM-кадра, состоящего из известной на приеме испытательной комбинации (ИК1), циклического префикса, данных и известной комбинацией ИК2, которая в условиях быстроизменяющегося канала обладает лучшими характеристиками помехоустойчивости по сравнению с традиционной структурой кадра. При этом модуляция осуществляется QPSK-модулятором. Алгоритм приема в «целом» с поэлементным принятием решения (ПЦППР), предложенный в работах [1-5], позволяет отказаться от использования префиксов и постфиксов, что приводит к увеличению пропускной способности. Предложено использовать турбодекодер, который эффективно работает в широком диапазоне отношения сигнал-шум (ОСШ) и который позволяет достичь вероятности ошибок на бит (BER) до 10^{-5} при низком ОСШ и относительно высокой пропускной способности. Ключевой вклад в получение качественной оценки импульсной характеристики канала связи вносит использование испытательной комбинации (ИК1) в структуре каждого OFDM-кадра. Предлагаемые алгоритмы имеют приемлемую вычислительную сложность и легко реализуются цифровыми сигнальными процессорами.

Будущие беспроводные телекоммуникационные стандарты нацелены на повышение скорости передачи данных. Этого можно достичь только с помощью когерентной связи, поскольку она обеспечивает низкую частотность ошибок на бит (BER), для заданного отношения сигнал/шум (ОСШ). И наоборот, она требует минимального ОСШ для заданной частотности ошибок на бит (BER), что приводит к увеличению срока службы батареи. Алгоритмы передатчика и приемника, предложенные в данной статье, хорошо подходят для использования на процессоре DSP, так как не требуют большой вычислительной мощности.

Авторы на протяжении определенного времени обсуждают подход к обработке сигналов OFDM (применительно к сотовым сетям и в совокупности с технологией MIMO)[2-5], основанный на использовании субоптимальных алгоритмов так называемой «последовательной»

(одноканальной) обработки сигналов в месте приема. Описание и анализ таких алгоритмов дан в [1]. Эти алгоритмы, предназначенные в первую очередь для «последовательных» систем передачи, ориентированы на учет и использование влияния канала связи, обусловленного рассеянием энергии передаваемого сигнала во времени (главным образом из-за ограничения полосы частот и много лучевого распространения сигнала), что в одноканальных системах непременно приводит к появлению интерференции сигналов в месте приема. Несмотря на то, что интервал временного рассеяния определяется исключительно физическими параметрами используемого канала, «удельное» влияние интерференции (память канала) усугубляется при увеличении скорости передачи, что в конечном итоге отражается на качественных характеристиках демодуляторов.

В «параллельных» (многоканальных) системах, к которым принадлежит система OFDM, явление временного рассеяния в канале энергии передаваемого сигнала также приводит к интерференции сигналов в месте приема. Однако, как показывают исследования [2-5], алгоритмы «последовательной» субоптимальной обработки могут быть эффективно использованы и для построения демодуляторов многоканальных систем, в частности для системы OFDM.

Важной проблемой, решение которой необходимо как для одноканальных, так и для многоканальных систем, является проблема получения оценки параметров канала с памятью в месте приема. В системе OFDM с традиционной структурой кадра, представляющей собой на передаче совокупность ортогональных поднесущих, решение проблемы заключается в получении оценки комплексного значения коэффициента передачи канала для каждой поднесущей по специальным пилот сигналам, периодически повторяемым между передаваемыми OFDM символами. При этом для сохранения в месте приема ортогональности поднесущих колебаний необходимы защитные промежутки до и после каждого передаваемого OFDM-символа, что может приводить к потере пропускной способности канала в размере до 20 % и выше. Такова плата за стремление построить систему, инвариантную к фактору рассеяния в канале энергии передаваемого сигнала.

В [6] предлагается использовать новую структуру кадра OFDM, показанную на рисунке

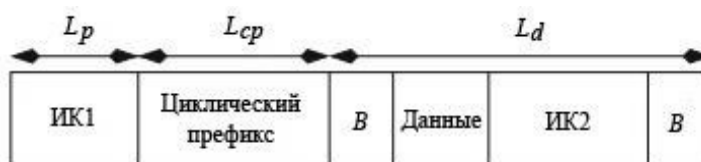


Рис. 1. Усовершенствованная структура кадра

В дополнение к ИК1, префиксу и данным, кадр содержит буферные символы длиной B , для решения задач синхронизации, и комбинацию ИК2 длиной созвездия QPSK. Комбинация ИК2 в данной структуре кадра используется для обнаружения и дальнейшей коррекции частотного сдвига.

На рисунке 2 показан процесс обработки передатчике. Перед символами L_d в операции ОБПФ чередуются только символы данных и ИК2. После чередования символы ИК2 случайным образом распределяются между символами данных. Буферные символы отправляются непосредственно в блок ОБПФ без чередования.

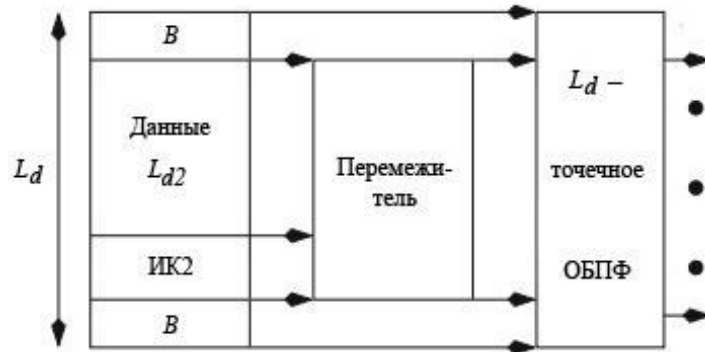


Рис.2. Обработка данных на передаче

Модель системы показана на рис. 3. Здесь на вход ОБПФ преобразователя поступают QPSK символы, которые формируются из последовательностей бит, предварительно закодированных в турбо-коде, показанном на рис. 4. Операция ОБПФ производится отдельно для QPSK-символов ИК1 и QPSK-символов данных. Затем полученные комплексные отсчеты сигнала поступают в блок параллельно-последовательного преобразования, где добавляется циклический префикс, и отправляются в канал. Так как ИК1 вставляется в каждый OFDM-кадр, данная структура позволяет производить передачу данных в каналах с быстрыми замираниями (мобильные сети). В таких каналах также целесообразно использовать QPSK-модуляцию, так как она имеет высокую помехоустойчивость.

В рамках поставленной задачи предполагается, что начало кадра было обнаружено верно, была выполнена коррекция смещения частоты и была произведена оценка канала.

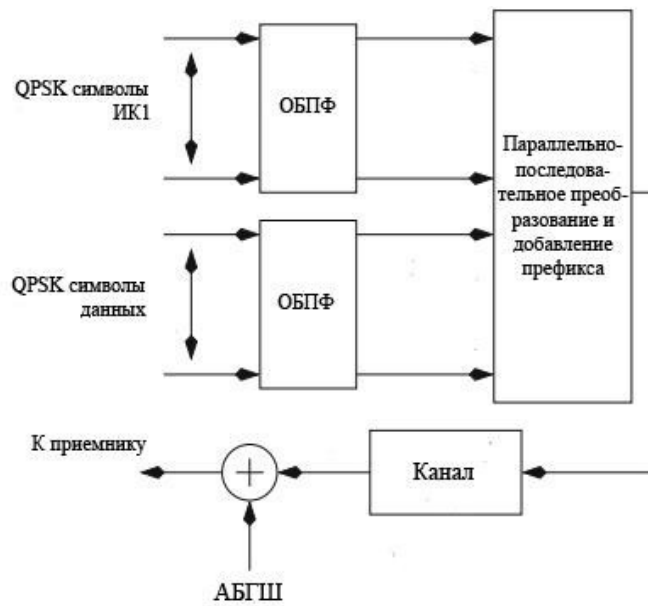


Рис.3. Модель системы

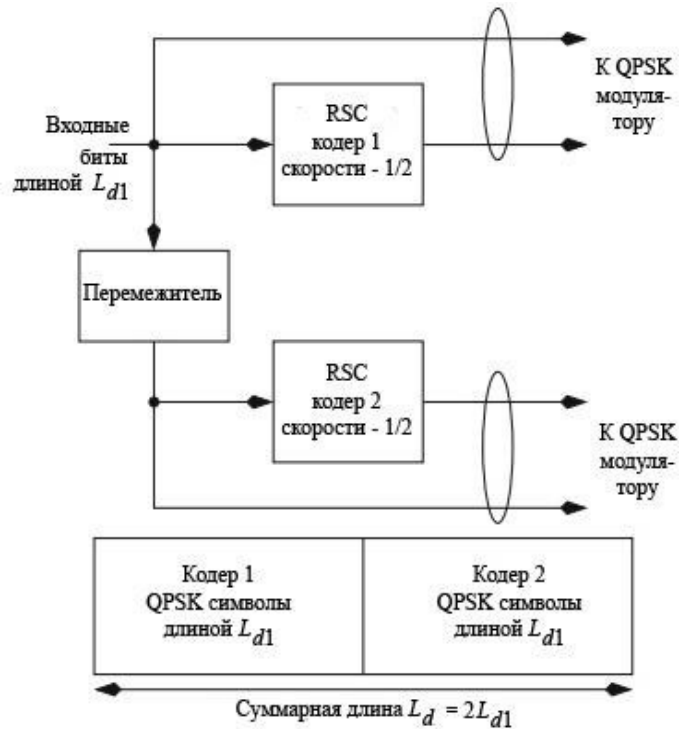


Рис. 4. Схема блока кодера для конструкции кадра из рисунка 1

Сравнение пропускной способности систем с различными структурами кадр приведено в таблице 1 [6].

Таблица 1

Пропускная способность различных структур кадров

Система	Традиционная структура кадра, турбо-код скорости 1/2	Традиционная структура кадра, турбо-код скорости 1	Новая структура кадра, турбо-код скорости 1
Пропускная способность	32,95	49,14	82,84

В работах [1-5] для решения проблемы демодуляции в каналах с рассеянием предлагается использовать алгоритм прием в «целом» с поэлементным принятием решения (ПЦПР), который имеет относительно малую вычислительную сложность. Данный алгоритм позволяет отказаться от использования защитных интервалов (циклический префикс и постфикс) в структуре кадра (рис. 1) без потерь помехоустойчивости, что, в свою очередь, повышает пропускную способность канала. Также идеология алгоритма ПЦПР делает возможным выполнение задач синхронизации без использования буферных бит B .

Список использованной литературы

1. Карташевский В.Г. Обработка пространственно-временных сигналов в каналах с памятью. М.: Радио и связь, 2000. 272 с.
2. Карташевский В.Г., Бельский К.А., Слипенчук К.С. Прием сигналов OFDM в каналах с рассеянием // Радиотехника. 2015. №2. С. 62-68.
3. Карташевский В.Г., Коняева О.С., Семенов Е.С. Прием «в целом» для системы MIMO в канале с памятью // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. № 11. С. 49-53.
4. Карташевский В.Г., Бельский К.А., Филимонов А.А. Прием сигналов OFDM в системе MIMO в каналах с памятью // Радиотехника. 2016. №2. С. 91-95.
5. Карташевский В.Г., Семенов Е.С., Филимонов А.А. Прием сигналов OFDM в каналах с рассеянием при оценивании параметров канала // Радиотехника. 2016. №12. С. 48-55.
6. Vasudevan K. Coherent detection of turbo coded OFDM signals transmitted through frequency selective rayleigh fading channels / Proceedings of the IEEE ISPC. Shimla, India, Sept. 2013.