

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК _____

Благодарный
Кирилл Олегович

Синхронизация UWB модема

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологий
по специальности 45.81.01 «Инфокоммуникационные системы и сети»

Научный руководитель
Хоменок М. Ю.
кандидат технических наук, доцент

Минск 2016

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АФТ – антенно-фидерный тракт;
АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
ВЧ – высокочастотный;
РЧ – радиочастотный;
СБЦС – система беспроводной цифровой связи;
СВЧ – сверхвысокочастотный;
СШП – сверхширокополосный, сверхширокополосная связь;
УП – узкополосный, узкополосная связь;
ФИМ – фазоимпульсная модуляция;
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
ЦШ – цифровой шум;
BPSK – Binary Phase Shift Keying (двоичная фазовая манипуляция);
CAP – Contention Access Period (интервал конкурентного доступа);
CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (метод множественного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий);
DQPSK – Differential Quaternary Phase-Shift Keying (дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция);
DS-UWB – Direct Sequence Ultrawide Band (расширение спектра сигнала методом прямой последовательности);
FCC – Federal Communication Commission (федеральная комиссия связи);
FH – Frequency Hopping (частотный скачок);
IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Институт инженеров радиотехники и электротехники);
MB-OFDM – Multiband Orthogonal Frequency Division Multiplexing (мультиполосное ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием);
OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing (мультиплексирование);
PPM – Pulse Position Modulation (фазо-импульсная модуляция);
QAM – Quadrature Amplitude Modulation (квадратурная амплитудная модуляция);
QPSK – Quadrature Phase Shift Keying (квадратурная фазовая манипуляция);
UWB – Ultra Wideband (сверхширокополосный, сверхширокополосная связь).

ВВЕДЕНИЕ

Сверхширокополосные системы UWB характеризуются как системы с непрерывным спектром, который занимает диапазон более 500 МГц или полосу частот шириной более 20% от центральной частоты. Диапазон систем UWB может включать частоты от 3,1 до 10,6 ГГц, с шириной полосы более 7 ГГц. Чтобы предоставить такую широкую полосу частот, Федеральная комиссия по связи США (FCC) ввела несколько ограничений на передаваемую мощность [11], имея в виду, что устройства UWB могут использовать чрезвычайно широкий диапазон частот, не излучая при этом энергии, замечаемой близлежащими узкополосными радиосистемами, например, системами 802.11a/g. Такое строгое ограничение мощности в сочетании с чрезвычайно широкой полосой частот вносит новые проблемы в анализ и практику обеспечения надежности систем. К этим проблемам можно отнести высокую чувствительность данных систем к ошибкам синхронизации, оптимальное использование эффектов замираний в частотно-селективных каналах, условия низкой мощности и сосуществование с другими беспроводными устройствами, а также разработку новейших методов обработки сигналов, пригодных для полностью цифровой реализации.

Традиционные системы UWB, часто называемые импульсным радио, используют пачку импульсов очень короткой длительности (порядка наносекунд), в силу чего энергия сигнала распределена в диапазоне частот от нуля до нескольких гигагерц. Для получения необходимой энергии, достаточной для надежного обнаружения, каждый символ состоит из серии нескольких импульсов и передается в течение нескольких циклов, по одному импульсу в цикле. Такая схема передачи сигнала получила широкое признание в качестве лучшего претендента на использование в различных широкополосных приложениях беспроводной связи, включающих, среди прочего, точное определение местоположения, измерение дальности, формирование изображений образов материалов. Однако реализация полного потенциала импульсной радиосвязи крайне критична к уровню разработки схем тактовой синхронизации, точность и сложность которых непосредственно влияют на эксплуатационные показатели системы. Тактовая синхронизация требуется на уровне импульса для определения места импульса в цикле и на уровне цикла для определения начала первого цикла каждого символа.

В последнее время возник повышенный интерес к другим методам передачи, использующим несколько полос, а не одну общую очень широкую полосу. В частности, импульсы исходной полосы частот могут модулироваться несколькими аналоговыми несущими в нескольких полосах частот (обычно

шириной 500-800 МГц). Такой метод передачи, обычно называемый многополосной UWB, имеет ряд достоинств по сравнению с импульсной схемой, включая более эффективное использование маски спектра Федеральной комиссии по связи США и снижение взаимных помех с другими — «сосуществующими» — системами благодаря гибкому выбору частотных полос. Как и в импульсных системах, в многополосных системах UWB трудности представляют выделение тактовой частоты и оценка канала, однако одной из основных проблем при разработке системы становится синхронизация несущих частот, в особенности в системах с ортогональным ЧРК — OFDM или с быстрыми частотными скачками, пробегающими все множество частотных полос.

Однако цифровая реализация с чрезвычайно широкой полосой частот может приводить к недопустимо высокой стоимости в смысле потребления мощности и сложности приемника. Например, традиционные методы скользящих корреляторов могут потребовать очень быстрых и дорогих АЦП, работающих в гигагерцовом диапазоне, и поэтому имеющих высокое энергопотребление. Более того, реализация таких методов в цифровом виде может иметь почти нереализуемую в реальных системах сложность, а также медленное время преобразования, так как предполагает полный поиск среди тысяч окон — зазоров, каждый из которых наносекундного уровня. Необходимость очень высокой скорости взятия отсчетов, наряду с присущей таким методам поисковой природой, делает их менее привлекательными для цифровой реализации.

Еще одна проблема заключается в необходимости учета в принимаемом сигнале определенных частотно-зависимых эффектов. Это связано с тем, что благодаря широкополосной природе сигналов UWB, составляющие многолучевого распространения, проходящие по разным путям, подвергаются различным частотно-избирательным искажениям. В результате принимаемый сигнал состоит из импульсов различной формы. Для выделения пространственно разделенных многолучевых составляющих используется решетка из датчиков, после чего происходит идентификация каждого луча адаптивным методом, получившим название алгоритма «Сенсор — КЛИН» (Sensor-CLEAN). Однако этот метод, из-за своей сложности и необходимости антенной решетки, использовался в основном в экспериментах по распространению сигналов UWB. Может применяться оценка данных на основе принципа максимального правдоподобия, использующий отсчеты скорости следования символов с выхода коррелятора, в предположении наличия корреляции принимаемого сигнала с принимаемым образцом (шаблоном) шума. В частности, понятие образца шума или «загрязняющего» образца

происходит из того факта, что каждый принимаемый сегмент шума подвержен искажениям в том же самом, неизвестном канале и тому же самому временному сдвигу, соответствующему временной задержке в групповом канале. Также в приемнике может проводиться процесс интегрирования — накопления и сброса образцов таких сегментов, а временной сдвиг находился по отсчетам скорости следования символов. Поскольку такой подход значительно снижает скорость отсчетов по сравнению с традиционными методами, основанными на корреляторах с перестраиваемыми опорными сигналами — скользящими корреляторами, то он может быть использован, в основном, для выделения тактовой частоты из импульсов UWB, но не может непосредственно применяться для оценки импульсной характеристики канала.

Для оценки канала в частотной области и синхронизация в импульсных сверхширокополосных системах вводится модель многолучевого канала с замираниями и даются основы оценивания канала в частотной области. Для лучшего понимания сущности принципов, лежащих в основе частотного подхода, сначала вводится полиномиальный метод оценивания параметров, использующий идею аннигиляционного — аннулирующего фильтра и требующий нахождения корней полинома при определении интересующих параметров. Затем будет представлен метод подпространств, который позволяет получить более надежные оценки параметров при анализе пространства состояний системы.

ХАРАКТЕРИСТИКА

Главной целью диссертации является изучение проблем оценивания канала и временной синхронизации в цифровых приемниках UWB. С этой целью рассмотрены различные решения для реализации несложных цифровых приемников UWB. Проанализировав их, было проведено исследование пространственных методов оценивания канала в импульсных системах UWB, которые дают оценку неизвестных параметров по отсчетам принимаемого сигнала UWB, взятым на пониженной скорости. Такой подход допускает использование быстрых алгоритмов принятия решений, требующих невысокой скорости дискретизации и, следовательно, имеющих невысокую сложность и низкую потребляемую мощность по сравнению с существующими цифровыми методами. Полученные результаты работы могут быть использованы в организациях среднего и крупного бизнеса при планировании.

Для достижения поставленной цели были использованы программные продукты: пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Оценка канала на частоте субдискретизации	7
1.1 Модель канала UWB.....	7
1.2 Оценка канала в частотной области.....	9
1.3 Полиномиальная реализация модели.....	11
1.4 Метод подпространств	14
1.5 Оценка близко расположенных трактов.....	18
2 Оценка параметров	19
2.1 Анализ чувствительности к шуму.....	20
2.2 Сложность вычислений и альтернативные решения	22
2.3 Числовой пример.....	24
3 Оценка каналов с частотно-зависимыми искажениями	26
3.1 Структура алгоритма	27
4 Оценка канала в нескольких полосах частот	29
4.1 Использование линейки фильтров	29
4.2 Оценка в несмежных полосах.....	30
5 Система быстрой локализации приемопередатчиками	33
5.1 Двухшаговая оценка	35
6 Моделирование канала с помощью программной среды	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А Листинг программы	47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В системе UWB передача ведется в очень широкой полосе частот, что создает множество независимых трактов. При заданной общей величине мощности передачи, эта мощность распределяется в очень широком диапазоне частот. Во временной области возможность различения сигналов на приеме с высокой разрешающей способностью, обусловленная сверхширокой полосой, может ухудшить характеристики приема. Из-за того, что суммарная мощность распределена по множеству составляющих многолучевого распространения, мощность в каждом отдельном канале может оказаться очень малой. Кроме того, из-за широкополосной природы сигналов UWB, составляющие, распространяющиеся по разным трактам, могут испытывать различные частотно-селективные искажения. В результате принимаемый сигнал составляется из импульсов различной формы, что делает синхронизацию, оценку канала и схему оптимального приемника более сложными, чем в других широкополосных системах. При этом для реализации стандартных методов в цифровых приемниках UWB потребовались бы очень быстрые аналого-цифровые преобразователи, работающие в гигагерцовом диапазоне и поэтому потребляющие много энергии. В данных условиях синхронизация и оценка состояния канала относятся к наиболее важным задачам разработки систем UWB.

В данной магистерской диссертации были рассмотрены проблемы оценивания канала и временной синхронизации в цифровых приемниках UWB. Изобретениеных методов обработки сигналов, которые смогут поддерживать реальные модели каналов при относительно невысокой сложности и в реальном времени, все еще занимает ключевое место среди множества проблем систем связи UWB. С этой целью рассмотрены различные решения для реализации несложных цифровых приемников UWB. Проанализировав их, было проведено исследование пространственных методов оценивания канала в импульсных системах UWB, которые дают оценку неизвестных параметров по отсчетам принимаемого сигнала UWB, взятым на пониженной скорости. Такой подход допускает использование быстрых алгоритмов принятия решений, требующих невысокой скорости дискретизации и, следовательно, имеющих невысокую сложность и низкую потребляемую мощность по сравнению с существующими цифровыми методами.

СПИСОК СОБСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. К.О. Благодарный. Исследование технологии сверхширокополосного доступа UWB. // Современные информационно-телекоммуникационные технологии: Материалы I Международной научно-технической конференции, 17-20 ноября 2015 г., Киев. Киев: ГУТ, 2015. — 85 с.

2. К.О. Благодарный. Исследование технологии сверхширокополосного доступа UWB. // Современные средства связи: Материалы XX Международная научно-техническая конференция, 14-15 октября 2015 г., Минск. Минск: ВГКС, 2015. — 73 с.

Библиотека БГУИР