ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

На правах рукописи

Казачков Виталий Олегович

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА СТАНДАРТА LTE

05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

Доцент, кандидат технических наук Важенин Николай Афанасьевич

Москва, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

ГЛАВА 1. Анализ методов идентификации и оценки параметров сигналов 7

1.1 Методы идентификации и оценки параметров цифровых сигналов 7

1.2 Идентификация и оценка параметров сигналов LTE 10

1.3 Выводы 11

ГЛАВА 2. Разработка тестовой модели сигнала LTE 12

2.1 Основные особенности стандарта LTE 12

2.2 Структура и характеристики тестовой модели сигнала LTE 22

2.3 Верификация имитационной модели 30

2.4 Выводы 38

ГЛАВА 3. Методы идентификации и оценки параметров сигнала стандарта LTE 39

3.1 Определение занимаемой полосы LTE сигнала 39

3.2 Идентификация LTE сигнала 48

3.3 Детектирование синхросигнала 50

3.4 Определение направления передачи LTE сигнала 60

3.5 Выводы 61

ГЛАВА 4. Распознавание структуры сигналов на поднесущих 63

4.1 Идентификация сигналов с ФМ и КАМ модуляцией 63

4.2 Определение текущего отношения сигнал/шум в полосе сигнала 66

4.3 Выводы 74

ГЛАВА 5. Программно-алгоритмический комплекс для идентификации и оценки параметров сигнала стандарта LTE 75

Заключение 101

Список сокращений и условных обозначений 104

Список литературы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе получены следующие результаты:

1. Проанализированы основополагающие работы по идентификации цифровых методов

модуляции. Выявлены основные классы методов идентификации: методы на основе

статистической теории распознавания образов и методы на основе статистической теории принятия решений, а так же их отличительные особенности. Установлено, что для решения поставленной в работе задачи наибольший интерес представляют методы на основе статистической теории распознавания образов.

2. Проанализированы основополагающие работы по оценке параметров сигналов с ортогональным частотным мультиплексированием. Выявлены основные методы, используемые для решения подобного рода задач.

3. Проанализированы работы по идентификации и оценке параметров сигнала стандарта LTE. Выявлено, что задача автоматической идентификации LTE сигнала и определения его параметров в полной мере не решена. Обоснована необходимость разработки методов и алгоритмов для решения задачи идентификации и оценки.

4. Проанализированы основные особенности стандарта LTE. Изучен физический уровень

стандарта LTE: детально рассмотрены технологии OFDM и SC-OFDM, возможные

конфигурации с точки зрения занимаемой полосы сигнала, изучена структура кадров для случая частотного и временного дуплекса, структура слотов, принцип формирования циклического префикса, изучены основные физический каналы для нисходящего и восходящего направления, каналы управления, сигналы синхронизации и т.д.

5. Разработана имитационная модель физического уровня стандарта LTE в среде MATLAB/Simulink, приведены структурные схемы с описанием назначения блоков, а так же описание возможностей модели.

6. Проведена успешная верификация модели. Установлено, что разработанная модель действительно является модель стандарта LTE в виду полного совпадения характеристик (значения поддерживаемых полос сигнала, форма спектра, поддержка OFDM для нисходящего и SC-OFDM восходящего направления, длительности OFDM символов и символов на поднесущих, длительностей нормального и расширенного циклического префикса и т.д.).

7. Предложен слепой метод определения полосы сигнала стандарта LTE по корреляционной кривой циклического префикса и проведен анализ доли правильных измерений полосы сигнала для каналов с замираниями. Результаты имитационного моделирования показали, что для моделей каналов с замираниями EPA, EVA и ETU c максимальной частотой Доплера 5, 70 и 300 Гц, соответственно, предложенный метод превосходит по точности метод оценки по уровню х дБ, а так методы на основе вейвлет преобразования. Предложенный метод является устойчивым к влиянию замираний и позволяет обеспечить высокую долю правильных измерений полосы сигнала даже при низких ОСШ.

8. Разработан алгоритм автоматического распознавания LTE сигнала. Метод обеспечивает вероятность правильной идентификации не менее 85% при отношении сигнал/шум от -5 до 30 дБ на фоне АБГШ и замираний.

9. Предложен метод вычисления корреляционной функции для последовательностей Задова-Чу. Метод обеспечивает более высокую точность вычисления максимума корреляционной функции при наличии шума в канале и частотной отстройки в сравнении с классическим методом.