

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-технологическая академия

**СЕТИ СВЯЗИ
ДЛЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ КАНАЛА С ПЕРЕОТРАЖЕНИЯМИ
НА ОСНОВЕ OFDM-ММО-ПРИНЦИПОВ**

Монография

Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2019

УДК 621.376
ББК 32.811.3
Ф338

*Печатается по решению экспертной группы комитета
по инженерному направлению науки и образования при Ученом совете
Южного федерального университета (протокол № 7 от 17 апреля 2019 г.)*

Рецензенты:

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
начальник Службы качества, ученый секретарь АО «Таганрогский
научно-исследовательский институт связи» *А. Ф. Гришко*

кандидат техн. наук, заведующий отделом АО «Научно-конструкторское
бюро вычислительных систем», г. Таганрог *Д. С. Толкачев*

Федосов, В. П.

Ф338 Сети связи для многопользовательских систем в условиях канала с переотражениями на основе OFDM-MIMO-принципов : монография / В. П. Федосов, В. В. Воронин, С. В. Кучерявенко, А. А. Легин, А. В. Ломакина, Р. Р. Ибадов ; под редакцией В. П. Федосова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. – 165 с.

ISBN 978-5-9275-3373-2

Монография содержит результаты разработки программных средств, обеспечивающих высокоскоростную передачу данных в условиях канала с переотражениями для применения в телекоммуникационных системах радиодоступа. Представлены разработанные авторами алгоритмы кодирования и декодирования на основе сочетания MIMO (*Multiply Input – Multiply Output*) и OFDM (*Orthogonal Frequency – Division Multiplexing*). Монография предназначена для специалистов по радиосвязи, магистрантов и аспирантов соответствующих направлений.

УДК 621.376
ББК 32.811.3

ISBN 978-5-9275-3373-2

- © Южный федеральный университет, 2019
- © Федосов В. П., Воронин В. В., Кучерявенко С. В., Легин А. А., Ломакина А. В., Ибадов Р. Р., 2019
- © Оформление. Макет. Издательство Южного федерального университета, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	1
ВВЕДЕНИЕ	4
1. СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	5
1.1. Классические системы беспроводной связи	5
1.2. Технология ортогонального частотного мультиплексирования	6
1.3. Технология пространственно-временного кодирования	9
1.4. Пропускная способность канала	12
1.5. Системы связи на основе MIMO-OFDM	14
1.6. Оценка канала по методу MMSE	15
Выводы	17
Список литературы к разделу 1	17
2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ 3D-МОДЕЛЬ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА MIMO	20
2.1. Структура антенной системы приемника и передатчика	21
2.2. Влияние эффекта Доплера на замирания в канале	22
2.3. Математическая и геометрическая модель канала связи	23
Выводы	26
Список литературы к разделу 2	26
3. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ КАНАЛА С ПЕРЕОТРАЖЕНИЯМИ	28
3.1. Структурная схема приемопередающей системы связи	28
3.2. Адаптивные системы в беспроводной связи	36
3.3. Адаптивный алгоритм обработки пространственно-временных сигналов в системах беспроводной связи	38
Выводы	41
Список литературы к разделу 3	42
4. МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ СИСТЕМЫ MIMO	44
4.1. Математическая модель для многопользовательской системы MIMO	46
4.2. Пропускная способность канала MIMO в системе Multi-User	48
Выводы	50
Список литературы к разделу 4	50

5. АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ВЫХОДЕ КАНАЛА СВЯЗИ	53
5.1. Методы описания и распознавания текстур	63
5.2. Марковские случайные поля	73
Список литературы к разделу 5	76
6. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КАНАЛА С ПЕРЕОТРАЖЕНИЯМИ	83
6.1. Цифровая обработка одномерных и двумерных сигналов в системе первичной обработки: улучшение, шумоподавление, восстановление потерянных областей и реконструкция	83
6.2. Цифровая обработка одномерных и двумерных сигналов в системе вторичной обработки: идентификации и преобразования информации, полученной на основе изображений	99
6.3. Комплексная обработка оптических изображений и других каналов измерительной информации	107
6.4. Распознавание образов в системах технического зрения автономных роботизированных комплексов	140
Список литературы к разделу 6	153
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	162