

УДК 621.396

Рецензенты:

доктор техн. наук, проф. Карташевский В.Г.

Диязитдинов Р.Р.

Системы связи с подвижными объектами. Учебное пособие. – Самара: ФГБОУ ВО ПГУТИ, 2016. – 204 с.

Рассматриваются принципы построения систем связи с подвижными объектами, основные технологии беспроводных сетей доступа, способы взаимодействия между мобильными и базовыми станциями и схемы построения приема-передающих устройств радиосвязи. Описываются принципы формирования канальных сигналов в системах с кодовым разделением, GSM, Wi-Fi, LTE, принципы помехоустойчивого кодирования для борьбы с пакетными ошибками, приводятся примеры расчета характеристик сотовых систем, уровней радиосигнала для систем связи с подвижными объектами и устройств, компенсирующих канальные искажения.

Учебное издание

печатается в авторской редакции

Одобрено редакционно-издательским советом Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики

Данное учебное пособие рекомендуется к использованию в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы высшего профессионального образования, по дисциплине «Системы связи с подвижными объектами» по направлениям подготовки бакалавров 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»**

© Диязитдинов Р.Р., 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	стр 7
Введение	8
Раздел 1. Основы построения систем связи с подвижными объектами	10
Лекция 1. Основы организации систем связи с подвижными объектами	10
1.1. Принципы организации радиосвязи	10
1.2. Классификация радиочастот	16
1.3. Общие принципы построения РРЛ	17
1.4. Принципы построения систем сотовой связи	19
1.5. Принципы установления связи в системы подвижной радиосвязи	22
1.6. Структура сигнала GSM	24
Краткие итоги лекции 1	26
Вопросы по лекции 1	27
Упражнения	28
Лекция 2. Поколения мобильной телефонии	29
2.1. Поколение 1G	29
2.2. Поколение 2G	30
2.3. Поколение 3G	31
2.4. Поколение 4G	32
Краткие итоги лекции 2	33
Вопросы по лекции 2	34
Лекция 3. Трафик и емкость сотовых систем	35
3.1. Трафик и способы повышения емкости сотовых систем	35
3.2. Расчет количества каналов	36
3.3. Оценка числа пользователей на соту в системах CDMA	37
Краткие итоги лекции 3	41
Вопросы по лекции 3	41
Упражнения	42
Раздел 2. Основы многоканальных систем передачи	43
Лекция 4. Методы многостанционного доступа	43
4.1. Виды систем множественного доступа	44
4.2. TDMA	44
4.3. FDMA	45
4.4. CDMA	46
4.5. Преимущества CDMA	47
Краткие итоги лекции 4	48
Вопросы по лекции 4	49
Упражнения	50
Лекция 5. АЦП, ИКМ, скремблирование	51
5.1. АЦП	51
5.2. Нелинейное кодирование	55
5.3. ИКМ	58
5.4. Скорость передачи цифрового потока	59
5.5. Достоинства цифрового сигнала	60
5.6. Скремблирование цифрового сигнала	60
Краткие итоги лекции 5	63
Вопросы по лекции 5	64
Упражнения	64

Раздел 3. Кодовое разделение каналов	65
Лекция 6. Радиосвязь на основе технологии CDMA	65
6.1. Технология CDMA	65
6.2. Принцип работы CDMA	72
6.3. Rake-приемник	75
Краткие итоги лекции 6	76
Вопросы по лекции 6	77
Упражнения	78
Раздел 4. Модели предсказания	79
Лекция 7. Модели предсказания уровня сигналов (Окамуры, Окамуры-Хата)	79
7.1. Модель Окамуры	79
7.2. Модель Окамуры-Хата	88
Краткие итоги лекции 7	90
Вопросы по лекции 7	91
Раздел 5. Система GSM	92
Лекция 8. Структура системы GSM	92
8.1. Структура системы GSM (Global System for Mobile Communications)	92
8.2. Аутентификация SIM	94
8.3. Идентификация абонентского оборудования (Equipment Identity Register)	95
8.4. Handover (Хэндовер)	96
8.5. Роуминг	97
8.6. Эквалайзинг	98
8.7. Скачки по частоте	101
Краткие итоги лекции 8	101
Вопросы по лекции 8	102
Упражнения	103
Лекция 9. Устройство подвижной и базовой станции	104
9.1. Подвижная станция	104
9.2. Базовая станция	107
9.3. Принципы формирования сигналов стандарта GSM	109
9.4. Особенности устройства мобильной станции сотовой связи	112
Краткие итоги лекции 9	116
Вопросы по лекции 9	117
Упражнения	117
Лекция 10. Модуляция сигналов в цифровых системах радиосвязи	118
10.1. Бинарная фазовая модуляция (BPSK)	118
10.2. Квадратурная фазовая манипуляция (QPSK)	119
10.3. Квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом (O-QPSK)	121
10.4. Относительная квадратурная фазовая манипуляция с фазовым сдвигом $\pi/4$ ($\pi/4$ -DQPSK)	122
10.5. Манипуляция с минимальным частотным сдвигом (MSK)	125
10.6. Гауссовская манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK)	126
Краткие итоги лекции 10	127
Вопросы по лекции 10	128
Упражнения	129
Раздел 6. Помехоустойчивое кодирование	130
Лекция 11. Основы обнаруживающих и корректирующих кодов	130
11.1. Принципы кодирования	130
11.2. Основные характеристики корректирующих кодов	136
11.3. Корректирующие коды Хемминга	141
11.4. Перемежение символов	145
Краткие итоги лекции 11	149

Вопросы по лекции 11	150
Упражнения	150
Лекция 12. Эквалайзеры	151
12.1. Линейные искажения	151
12.2. Расчет эквалайзера	153
Краткие итоги лекции 12	158
Вопросы по лекции 12	158
Упражнения	158
Раздел 7. Сети беспроводного доступа	159
Лекция 13. OFDM	159
13.1. Характеристика OFDM	159
13.2. Преобразование сигнала в OFDM	161
Краткие итоги лекции 13	167
Вопросы по лекции 13	168
Упражнения	168
Лекция 14. Wi-Fi	169
14.1. История развития Wi-Fi	169
14.2. Стандарт IEEE 802.11g	169
14.3. Топологии беспроводных сетей Wi-Fi	173
14.4. Зона покрытия Wi-Fi	175
Краткие итоги лекции 14	177
Вопросы по лекции 14	178
Лекция 15. LTE	180
15.1. История развития LTE	180
15.2. Принципы построения радиоинтерфейса по технологии LTE	181
15.3. Многоантенные системы	187
15.4. Сетевая архитектура SAE	188
Краткие итоги лекции 15	190
Вопросы по лекции 15	191
Упражнения	192
Заключение	193
Список литературы	194
Глоссарий	195
Список терминов и сокращений	202