

С. Г. Рихтер

Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи

Рекомендовано УМО по образованию
в области телекоммуникаций в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по специальности 201200 (210402) – «Средства связи
с подвижными объектами» направления подготовки
дипломированных специалистов 654400 –
«Телекоммуникации»

**Москва
Горячая линия - Телеком
2011**

УДК 621.396.93 (075)

ББК 32.884.1

P55

Рецензент: доктор техн. наук, профессор Ю. А. Ковалгин

Рихтер С. Г.

P55 Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной радиосвязи. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 304 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0116-2.

Систематизированы сведения в области преобразования и обработки информации в системах связи с подвижными объектами, причем основное внимание сосредоточено на речевых сигналах. Изучаются процедуры преобразования и обработки информации, осуществляемые в основном в абонентском терминале – ключевом элементе любой системы связи с подвижными объектами. Последовательно рассматриваются вопросы формирования и преобразования речевого сигнала на пути от микрофона на передающей стороне до телефона (громкоговорителя) – на приемной, особое внимание уделено вопросам кодирования речи.

Предназначена для студентов вузов, обучающихся по специальности 201200 (210402) – «Средства связи с подвижными объектами» направления подготовки дипломированных специалистов 654400 – «Телекоммуникации», может быть использована при подготовке дипломированных специалистов по специальностям 201100 (210405) – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» и 201400 (210312) – «Аудиовизуальная техника», а также бакалавров и магистров направлений «Радиотехника» и «Телекоммуникации» соответствующих специальностей.

ББК 32.884.1

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Учебное издание

Рихтер Сергей Георгиевич

**Кодирование и передача речи
в цифровых системах подвижной радиосвязи**

Учебное пособие

Редактирование и верстка Ю. Н. Чернышев

Корректор С. П. Сергеева

Обложка художника В. Г. Ситникова

Подписано в печать 27.09.10. Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 19. Изд. № 10116. Доп. тир. 500 экз.

ISBN 978-5-9912-0116-2

© С. Г. Рихтер, 2009, 2011

© Оформление издательства

«Горячая линия–Телеком», 2009, 2011

Предисловие

Появление и чрезвычайно широкое распространение по всем странам и континентам систем связи с подвижными объектами — результат достижений в области новейших технологий. В России сотовая связь начала внедряться с 1990 г. Освоение теории и практики систем подвижной радиосвязи предполагает необходимость получения широкого спектра знаний. Материал настоящего пособия — крупица этих знаний — посвящен изучению вопросов **преобразования и обработки информации в системах связи с подвижными объектами**, причем основное внимание уделяется **преобразованию и обработке речевых сигналов**. Под *обработкой* понимают определенные преднамеренные преобразования (в частности, речевых) сигналов, которые производят для достижения целей, определяемых конкретным назначением сигналов. При этом *цифровая обработка сигналов* является важнейшим элементом в аппаратурной реализации принципов сотовой связи. Именно цифровая обработка обеспечила возможность перехода от первого поколения сотовой связи ко второму с соответствующим совершенствованием методов множественного доступа, повышением емкости системы, улучшением качества связи. Только в цифровой форме оказывается возможным применение экономичного (с устранением избыточности) кодирования речи, эффективного канального кодирования с высокой степенью защиты от ошибок, совершенных методов борьбы с многолучевым распространением.

В рамках модели открытых систем (OSI) перечень изучаемых в пособии вопросов в основном ограничен первым, физическим, уровнем систем подвижной радиосвязи второго (2G) поколения. Наиболее полно процедуры преобразования и обработки информации представлены в работе *абонентского терминала* — обязательного элемента любой системы связи. Вопросы изучения могут показаться частными, ограниченными, однако, учитывая сложность обработки, именно совершенство абонентского устройства в решающей степени характеризует качество услуг подвижной связи. Именно в абонентском терминале нашли отражение новейшие достижения в области преобразования и обработки информации. Трудность освоения указанных вопросов связана, как правило, с не всегда высоким методическим уровнем издаваемой научно-технической и учебной литературы по многим вопросам подвижной связи и в первую очередь — по преобразованию и обработке речевой информации. Лишь разобравшись в этих вопросах, можно рассчитывать на адекватное восприятие информации по системам более высокого уровня иерархии.

Учебное пособие состоит из введения, семи глав и семи приложений; каждая глава содержит ряд параграфов, посвященных изучению конкретных вопросов программы, и вопросы для контроля знаний; в приложениях приведены некоторые методические материалы для проведения практических занятий и описание лабораторной работы «Субъективная оценка качества речевых сигналов при их обработке и кодировании».

Учебное пособие предназначено для студентов вузов связи или факультетов политехнических вузов, осуществляющих подготовку специалистов по специальности 201200 (210402) «Средства связи с подвижными объектами» направления подготовки дипломированных специалистов 654400 — «Телекоммуникации».

Автор признателен кандидату технических наук С.А. Литвину за полезные советы по содержанию книги, а Дмитрию Смирнову, прослушавшему курс и прочитавшему рукопись, — за помощь в подготовке рисунков.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Передача речевых сигналов в системах подвижной радиосвязи	13
1.1. Базовые процедуры обработки сигнала в системах подвижной радиосвязи	13
1.2. Принципы многостанционный доступа и дуплексной радиосвязи	17
1.3. Абонентские терминалы систем связи с подвижными объектами	22
<i>Контрольные вопросы</i>	29
Глава 2. Речеобразование и слуховое восприятие. Акустоэлектрические и электроакустические преобразователи	31
2.1. Модель голосового тракта. Механизм речеобразования	31
2.2. Характеристики и структурные параметры речи	39
2.3. Основные характеристики слуха	48
2.4. Акустоэлектрические и электроакустические преобразователи	55
<i>Контрольные вопросы</i>	60
Глава 3. Цифровое представление (кодирование формы) речевых сигналов	62
3.1. Цифровое представление речевых сигналов. Импульсно-кодовая модуляция	62
3.2. Дифференциальные методы кодовой модуляции	85
3.3. Адаптивные методы кодирования формы речевого сигнала	93
<i>Контрольные вопросы</i>	103
Глава 4. Параметрическое кодирование речи (кодирование источника)	105
4.1. Основы параметрического кодирования речи	105
4.2. Классификация и принцип действия вокодеров	114
4.3. Кодирование с линейным предсказанием	127
4.4. Кодирование речи в гибридных кодерах	137
<i>Контрольные вопросы</i>	160
Глава 5. Речевые кодеки абонентских терминалов	162
5.1. Речевые кодеки для абонентского терминала стандарта GSM	162

5.2. Речевые кодеки стандарта D-AMPS (ADC).....	172
5.3. Речевые кодеки TETRA	175
5.4. Важнейшие характеристики основных систем кодирования речи	180
<i>Контрольные вопросы</i>	181
Глава 6. Оценка качества кодирования и передачи речевого сигнала	183
6.1. Методы оценки качества передачи речевого сигнала по цифровым каналам связи	184
6.2. Качество передачи и разборчивость речи	194
6.3. Сравнение способов кодирования речи	201
<i>Контрольные вопросы</i>	204
Глава 7. Обработка сигнала с целью адаптации к каналу передачи	205
7.1. Условия приема и модели канала в подвижной радиосвязи	206
7.2. Основы помехоустойчивого кодирования и перемежения ..	215
7.3. Примеры помехоустойчивого кодирования и перемежения в стандартах подвижной связи	246
7.4. Частотно-эффективные методы модуляции в системах подвижной связи	255
<i>Контрольные вопросы</i>	274
Приложение 1. Материал к практическим занятиям	276
Приложение 2. Описание комплексной лабораторной работы «Субъективная оценка качества речевых сигналов при их обработке и кодировании».....	282
Приложение 3. Понятие разборчивости.....	285
Приложение 4. Метод выбора	288
Приложение 5. Пример оценки погрешности измерения разборчивости	290
Приложение 6. Обработка речевых сигналов с целью повышения разборчивости.....	290
Приложение 7. Классы качества и нормы разборчивости речи	292
Основные сокращения	294
Литература	299