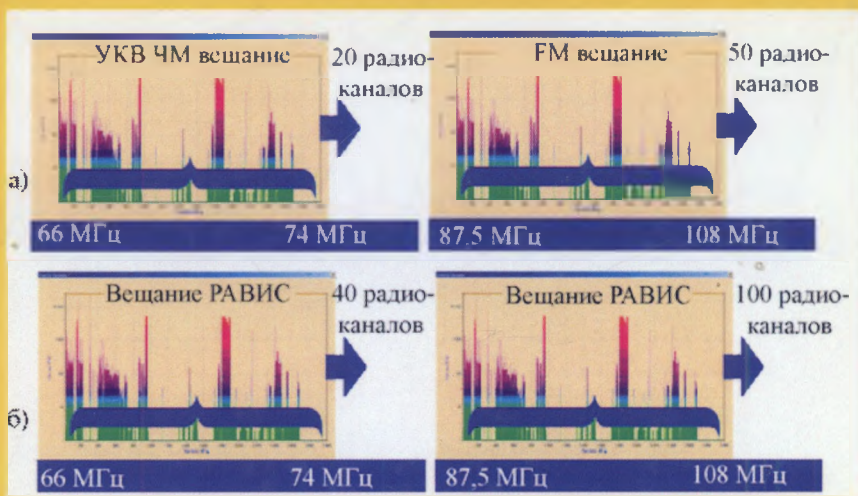


1540193

В.П. Дворкович
А.В. Дворкович

ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И МЕТРОЛОГИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Книга 2



В.П. Дворкович, А.В. Дворкович

**Теория, практика и метрология
аудиовизуальных систем**

В 2-х книгах
Книга 2

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2019



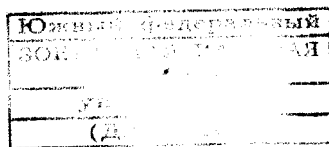
Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 19-17-00012, не подлежит продаже

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

Д 24

Рецензент: академик РАН Гуляев Ю.В.



1540193

Д24 Дворкович В.П., Дворкович А.В.

Теория, практика и метрология аудиовизуальных систем

В 2-х книгах

Книга 2

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. – 752 с. ISBN 978-5-94836-578-7

Настоящая книга посвящена анализу теоретических проблем и практической реализации аудиовизуальных систем, включая создание алгоритмов реализации и метрологическое обеспечение соответствующего оборудования, оценку параметров и качественных показателей современных цифровых телекоммуникационных систем реального времени. Данная монография является продолжением тем, рассмотренных авторами в книгах, опубликованных московским издательством «ТЕХНОСФЕРА»: «Видеоинформационные системы. Теория и практика» (2012 г.), «Метрологическое обеспечение видеоинформационных систем» (2015 г.), «Оконные функции для гармонического анализа сигналов» (2016 г.), а также с результатами последних мировых достижений по разработке и стандартизации новых высокоэффективных (включая сверх высокой четкости) телевизионных и мультимедийных систем.

Книга содержит 16 глав. В первой приведено краткое изложение материалов о видеоинформационных приложениях, системах формирования и представления цифровой видеоинформации, преобразовании в цифровую форму изображений различного разрешения – от видеотелефонии до «цифрового кино». Во 2-ой главе излагаются основные проблемы метрологического обеспечения и специфические особенности измерений и контроля в видеоинформационных системах, критерии оценки искажений видеоинформации и специальных измерительных сигналов, синтез сигналов для оценки аналого-цифровых видеоинформационных систем. Третья глава посвящена анализу проблем создания высокоточных алгоритмов обработки измерительных сигналов для оценки параметров видеоинформационных систем, глава 4 – исследованиям статистической и визуальной избыточности монохромных и цветных изображений. В главе 5 рассматриваются основные методы сжатия изображений, анализируются методы построения фрактального кодирования изображений. Вейвлеты и кратомасштабная обработка изображений рассмотрены в главе 6, в главе 7 – сведения о гармоническом анализе сигналов с использованием оконных функций, глава 8 посвящена проблемам внутрикадровой и межкадровой обработки изображений. В главе 9 изложены проблемы реализации кодирующих систем статических изображений JPEG и JPEG-2000, а также алгоритмы, применяемые в основных стандартах кодирования динамических изображений H.261, H.263, H.264/AVC и H.265/HEVC. Глава 10 посвящена анализу структур речевой и звуковой информации, изложению методов их цифрового кодирования и метрологической оценки качества их преобразования, в 11-й главе излагаются основные параметры и методы измерения интерфейсов в цифровых видеоинформационных системах, глава 12 посвящена анализу основных методов модуляции и помехоустойчивого кодирования цифровой информации. В главе 13 анализируются основные стандарты систем цифрового телевизионного вещания, 14-я глава посвящена измерениям в цифровых европейских системах DVB-T/T2, DVB-S/S2 и DVB-C/C2. В 15-й главе дано краткое описание утвержденных МСЭ стандартов современных систем цифрового звукового радиовещания DAB, ISDB-TSB, IBOC, DRM, CDR, основное внимание уделено анализу метрологического обеспечения отечественной мультимедийной системы RAVIS, глава 16 посвящена проблемам технологии видеоконференцсвязи и ее использованию в телемедицине и дистанционном образовании.

Авторы считают, что публикация настоящей книги внесёт существенный вклад России в общемировую систему цифровых телекоммуникаций, взаимодействие с международными стандартами телерадиовещания.

УДК 004.421, 004.932, 519.722, 621.317, 621.397

ББК 32.811

© Дворкович В.П., Дворкович А.В., 2019

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2019

ISBN 978-5-94836-578-7

СОДЕРЖАНИЕ

КНИГА 2, ГЛАВЫ 10–16

ГЛАВА 10.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ РЕЧЕВОЙ И ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ 671

10.1. Основные характеристики и цифровое представление звуковой информации.....	672
10.1.1. Статистика мгновенных значений и уровней звуковых сигналов.....	673
10.1.2. Спектральные характеристики звуковых сигналов.....	677
10.1.3. Огибающая и мгновенная частота звуковых сигналов.....	681
10.1.4. Пространственное восприятие звуковых сигналов.....	683
10.1.5. Основные принципы цифровых преобразований звуковых сигналов.....	685
10.1.6. Аналого-цифровое и цифроаналоговое преобразование звуковых сигналов.....	689
- Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).....	689
- Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ).....	689
- Сигма-дельта-модуляция (СДМ).....	691
10.1.7. Принципы кодирования речевой и звуковой информации.....	692
- Принципы кодирования речевой информации.....	692
- Принципы кодирования звуковой информации.....	696
- Психоакустическая модель 1.....	697
- Психоакустическая модель 2.....	701
- Психоакустическая модель 3.....	704
10.1.8. Предыскажения звуковых сигналов при цифровом кодировании.....	708
10.2. Основные стандарты кодирования речевой информации.....	709
10.2.1. G711 – стандарт кодирования речи с применением ИКМ.....	710
10.2.2. G.722 – стандарт кодирования речи со спектром до 7 кГц в цифровой поток 64 кбит/с.....	710
10.2.3. G.723.1 – стандарт речевого кодека для мультимедиа с двумя скоростями потока 5,3 и 6,3 кбит/сек.....	711
10.2.4. G.726 – стандарт речевого кодека 40, 32, 24, 16 кбит/с с адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией.....	717
10.2.5. G.727 – стандарт речевого кодека с алгоритмом вложенной адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (АДИКМ) при 5, 4, 3 и 2 бит на отсчет.....	718

10.6. G.728 - речевой кодек в выходном потоком 16 кбит/с и малой задержкой.....	720
10.2.7. G.729 – стандарт речевого кодека на 8 кбит/с с применением сопряженного линейного предсказания с алгебраическим кодом возбуждения.....	722
10.2.8. GSM – стандарт речевого кодека для систем сотовой связи	726
10.2.9. GIPS iLBC – стандарт кодека, предназначенного для передачи речи по IP-сетям.....	731
10.2.10. Speex – свободный кодек, предназначенный для передачи речи по IP-сетям	735
10.3. Стандарты кодирования звуковой информации	737
10.3.1. MPEG-1/Audio – стандарт кодирования аудиоинформации для цифровых систем с потоком до 1,5 Мбит/с	739
10.3.2. MPEG-1 / Layer 1 – профессиональная система кодирования аудиоинформации с высоким качеством	740
10.3.3. MPEG-1 / Layer 2 – система кодирования аудиоинформации для высококачественного телерадиовещания.....	744
10.3.4. MPEG-1 / Layer 3 – система кодирования аудиоинформации для интернет-вещания	745
10.3.5. MPEG-2/Audio – стандарт кодирования аудиоинформации для многоканального стереофонического вещания	751
10.3.6. MPEG-2/AAC – стандарт усовершенствованного аудиокодера (Advanced Audio Coding)	753
10.3.7. MPEG-4/Audio – стандарт аудиокодера для мультимедийных приложений.....	755
10.3.8. DOLBY AC3 – стандарт аудиокодера для телевидения высокой четкости и других применений	757
10.3.9. Совершенствование форматов сжатия звука на основе стандарта AAC	761
- Общие алгоритмы кодека AAC	763
- Метод спектрального дублирования или отражения	766
- Параметрическое стереокодирование	770
- Конфигурации режимов работы кодеков AAC и HE-AAC	771
10.4. Методы оценки качества кодирования звуковой информации.....	772
10.4.1. Перспективная оценка качества звука PEAQ	773
- Психоакустическая модель FFT based	776
- Моделирование наружного среднего уха.....	776
- Модель внутреннего ушного шума	778
- Одновременное маскирование	779
- Неодновременное маскирование вперед.....	780
10.4.2. Психоакустическая модель Filter Bank based.....	780
- Банк фильтров	781
- Моделирование наружного среднего уха.....	783
- Одновременное маскирование	783
- Обратное маскирование.....	784
- Модель внутреннего ушного шума	785
- Неодновременное маскирование вперед.....	785
10.4.3. Предварительная обработка энергий возбуждения.....	785

- Адаптация уровней	787
- Спектральная адаптация	788
- Выделение модуляции	789
- Выделение уровня громкости	789
- Выделение энергии искажения	791
10.4.4. Вычисление параметров MOV	791
- Различие модуляции	792
- Оконное среднее различий в мерах модуляции во временных огibaющих исходного и тестируемого сигнала (базовая версия, модель FFT)	792
- Линейное среднее различий в мерах модуляции (базовая версия, модель FFT)	792
- Другой вариант различия в мерах модуляции (базовая версия, модель FFT)	792
- Взвешенное квадратическое усреднение по времени различий в мерах модуляции (продвинутая версия, модель Filter Bank)	793
10.4.5. Громкость искажений	793
- Взвешенное квадратичное усреднение искажений громкости шума (базовая версия, модель FFT)	794
- Взвешенная сумма среднеквадратических значений громкостей шума искажений и частотных компонент (продвинутая версия, модель Filter Bank)	795
- Громкость компонентов, потерянных при спектральной адаптации энергий возбуждения исходного и тестируемого сигналов (продвинутая версия, модель Filter Bank)	795
10.4.6. Ширина полосы	796
- Средняя ширина полосы исходного сигнала (базовая версия, модель FFT)	797
- Средняя ширина полосы тестируемого сигнала (базовая версия, модель FFT)	797
10.4.7. Шум/маска	797
- Суммарное отношение шум/маска (базовая версия, модель FFT)	798
- Суммарное отношение шум/маска в частотной области (продвинутая версия, модель FFT)	798
- Относительные искажения кадров (базовая версия, модель FFT)	798
10.4.8. Вероятность обнаружения	799
- Мера вероятности обнаружения отличий между исходным и тестируемым сигналами (базовая версия, модель FFT)	800
- Характеристика искажения кадров (базовая версия, модель FFT)	800
10.4.9. Структура ошибочных гармоник	801
- Структура ошибочных гармоник (базовая и продвинутая версии, модель FFT)	801
10.5. Когнитивная модель	802
10.5.1. Веса нейронной сети в базовой версии PEAQ	804
10.6. Проблемы совершенствования систем оценки качества кодеров звука	804
10.6.1. Совершенствование психоакустической модели	804
10.6.2. Когнитивная модель	806

10.6.3. Мультиканальные метрики	807
10.7. Многоканальные звуковые технологии в вещательных приложениях	809

ГЛАВА 11

ЦИФРОВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ И МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ПОТОКОВ В ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

815

11.1. Синхронный параллельный интерфейс SPI	816
11.1.1. Параллельный интерфейс при цифровом преобразовании компонентного сигнала	818
11.1.2. Параллельный интерфейс при цифровом преобразовании композитного сигнала	819
11.2. Цифровой последовательный интерфейс SDI.....	822
11.2.1. Синхронный последовательный интерфейс	825
11.2.2. Асинхронный последовательный интерфейс	827
11.3. Высокоскоростной цифровой последовательный интерфейс IEEE-1394	833
11.4. Основные виды искажений цифровых сигналов. Джиттер	837
11.5. Методы анализа и измерения джиттера	841
11.5.1. Глазковая диаграмма	841
11.5.2. U-образная кривая и ее экстраполяция	844
11.5.3. Гистограммы распределения набора значений параметров глазковой диаграммы.....	846
11.5.4. Измерение частотных характеристик джиттера.....	848
11.5.5. Контур вероятности распределения BER.....	849
11.6. Мультиплексирование цифровых потоков в видеоинформационных системах	851
11.6.1. Транспортный поток (TS, TP, MPEG-TS или M2TS).....	851
11.6.2. Программный поток MPEG-2	866
11.6.3. Обобщенный инкапсулированный поток (GSE)	870
11.6.4. Обобщенный непрерывный поток (GCS).....	873
11.6.5. Обобщенный поток пакетов фиксированной длины (GFPS)	875

ГЛАВА 12

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ КАНАЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ И МОДУЛЯЦИИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....

876

12.1. Помехоустойчивое канальное кодирование системах передачи цифровой информации	878
12.1.1. Принципы кодирования источника сообщений	878
12.1.2. Теоретические предпосылки помехоустойчивого кодирования.....	879
- Теорема Шеннона для канала связи без помех.....	879
- Теорема Шеннона для канала связи с помехами.....	881

12.1.3. Классификация помехоустойчивых кодов.....	883
12.1.4. Линейные блочные коды.....	884
- Математическое описание линейных блочных кодов.....	885
- Свойства линейных блочных кодов	
- Корректирующая способность кода и расстояние Хемминга.....	887
- Геометрическая интерпретация кодового расстояния и граница Хеминга.....	888
- Вероятность ошибки декодирования.....	889
- Практические примеры блочных кодов.....	890
- Коды Хеминга.....	892
12.1.5. Циклические коды.....	894
- Понятие циклического кода.....	894
- Порождающая и проверочная матрицы циклического кода.....	895
- Систематическое кодирование циклическими кодами.....	897
- Обнаружение ошибок и исправление однократных ошибок.....	899
- Общий принцип декодирования циклических кодов.....	899
12.1.6. Арифметика полей Галуа.....	900
- Элементы теории полей Галуа.....	901
- Построение расширенного поля.....	903
- Некоторые свойства расширенных конечных полей.....	903
12.1.7. Циклические коды Хемминга.....	905
12.1.8. CRC-коды.....	906
12.1.9. Двоичные БЧХ-коды и коды Рида – Соломона.....	907
- Линейные циклические коды БЧХ.....	907
- Коды Рида – Соломона.....	909
12.1.10. Сверточные коды.....	911
- Систематические сверточные коды.....	913
- Управление скоростью кодирования.....	914
- Представление сверточных кодеров в виде цифровых фильтров.....	916
- Диаграммы состояний и кодовые решетки.....	916
- Декодирование сверточных кодов.....	919
12.1.11. Турбокодирование.....	923
- Основные положения.....	923
- Обобщенная схема турбокодера ТСС с параллельным каскадированием.....	924
- Сверточные турбокоды.....	925
- Декодирование турбокодов.....	927
- MAP алгоритм декодирования двоичных сверточных турбокодов.....	929
- Характеристики помехоустойчивости сверточных турбокодов ТСС.....	931
- Блочные турбокоды.....	933
- Логарифм отношения правдоподобия.....	935
12.1.12. Низкоплотностные коды.....	935
- Основные положения.....	935
- Классификация LDPC-кодов.....	936
- Методы построения проверочных матриц.....	937
- Коды Галлагера.....	937
- Коды МакКея.....	939
- Коды повторения накопления.....	939
- Алгоритмы декодирования низкоплотностных кодов.....	943

- Оценка сложности алгоритмов декодирования	946
12.2. Системы модуляции и сигнального кодирования цифровой информации	948
12.2.1. Созвездия дискретной модуляции	948
- Одномерные и двумерные созвездия	948
- Сигнальные созвездия квадратурно-амплитудной модуляции	949
- Фильтрация сигналов в передающих и приемных устройствах	958
12.2.2. Система многочастотной модуляции	959
- Структурные схемы OFDM-модуляторов и демодуляторов	960
- Защитный интервал, устранение интерференции между несущими частотами	963
- Иерархические режимы OFDM-модуляции	966
12.2.3. Алгоритмы синхронизации OFDM-сигналов в приемных устройствах	967
- Методы демодуляции OFDM сигнала	967
- Оценка частотного смещения при приеме OFDM-сигнала	970
12.3. Алгоритмы уменьшения пик-фактора сигналов с OFDM-модуляцией	970
12.3.1. Методы снижения пик-фактора OFDM-радиосигнала	972
- Метод отсечения пиковых значений сигналов и фильтрации CAF	972
- Метод селективного отображения SLM	973
- Метод частичной последовательности передачи PTS	974
- Метод кодирования сигналов	975
- Метод резервирования тона TR (Tone reservation)	976
- Метод нелинейного компандирования NCT	979
- Метод инъектирования тона TI	979
- Алгоритм расширения активного созвездия (ACE)	980
- Алгоритм адаптивного расширения активного созвездия (A-ACE)	983
12.3.2. Двухэтапные методы уменьшения пик-фактора OFDM-радиосигнала	984

ГЛАВА 13

ОСНОВНЫЕ СТАНДАРТЫ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО

ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ.....986

13.1. Стандарт цифрового телевидения ATSC	990
13.2. Системы цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T/DVB-T2	998
13.2.1. Стандарт системы наземного цифрового телевизионного вещания DVB-T	999
13.2.2. Стандарт системы наземного цифрового телевизионного вещания DVB-T2	1011
13.3. Системы цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S/DVB-S2	1056
13.3.1. Стандарт системы цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S	1056

13.3.2. Стандарт высокоскоростного цифрового спутникового телевизионного вещания DVB-S2.....	1059
13.4. Системы цифрового кабельного телевизионного вещания DVB-C/DVB-C2	1068
13.4.1. Стандарт системы цифрового кабельного телевидения DVB-C1	1068
13.4.2. Стандарт системы высокоскоростного цифрового кабельного телевидения DVB-C2.....	1070
13.5. Системы цифрового телевизионного вещания ISDB.....	1082
13.5.1. Система наземного цифрового телевизионного вещания ISDB-T	1083
13.5.2. Система цифрового спутникового многопрограммного телевизионного вещания ISDB-S	1088
13.5.3. Система цифрового кабельного многопрограммного телевизионного вещания ISDB-C	1093
13.6. Системы цифрового наземного телевизионного вещания в Китае	1096
13.6.1. Система цифрового наземного телевизионного вещания DTMB.....	1096
13.6.2. Цифровое телевидение / наземное продвинутое мультимедийное вещание – DTMB-A	1101
13.7. Современная цифровая телевизионная система США – ATSC 3.0.....	1104
13.8. Новая концепция системы цифрового наземного телевидения – WiB (DTT)	1111
13.8.1. Пиковая скорость передачи данных и пропускная способность тюнера	1113
13.8.2. Влияние помех	1113
13.8.3. Экономия в сети WiB на капитальных затратах и на операционных расходах	1114
13.8.4. Интерференции в системе WiB	1115
13.8.5. Услуги с переменным битрейтом и использованием каналов физического уровня	1116
13.8.6. Пределы спектральной эффективности WiB	1117
13.8.7. Вопросы селективности канала.....	1118
13.8.8. Аспекты приемника	1119
13.8.9. Сценарий введения	1119
13.8.10. Расширенный WiB – продолжение работ.....	1120
13.9. Полевые испытания UHDTV по сетям цифрового телевизионного вещания.....	1121
13.10. Состояние стандартизации UHDTV	1121

ГЛАВА 14

МЕТРОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ

СИСТЕМ DVB	1128
-------------------------	-------------

14.1. Измерения в каналах систем спутникового, кабельного и наземного вещания DVB-S, DVB-C и DVB-T	1128
--	------

14.1.1. Перечень параметров, измеряемых в каналах систем спутникового, кабельного и наземного ТВ-вещания.....	1129
14.1.2. Определение общих параметров для спутниковых и кабельных сред передачи.....	1133
- Работоспособность системы.....	1133
- Наличие локальной связи.....	1133
- BER до декодера Рида – Соломона.....	1134
- Запись протокола ошибок.....	1136
- Точность таймера символов передатчика и величина его джиттера.....	1136
- Мощность сигнала РЧ/ПЧ.....	1137
- Мощность шума.....	1138
- Подсчет битовых ошибок после декодирования Рида – Соломона.....	1140
- Параметры сигналов I и Q.....	1140
- Интерференция.....	1148
14.1.3. Определение дополнительных параметров для спутниковых сред передачи.....	1148
- BER до декодирования Витерби.....	1148
- Получение зависимости BER от отношения E_b/N_0	1149
- Спектр ПЧ.....	1151
14.1.4. Определение дополнительных параметров для кабельных сред передачи.....	1151
- Допустимый уровень шума.....	1151
- Оценка допустимого уровня шума.....	1152
- Пороговый тест качества сигнала.....	1152
- Выбор эквалайзера.....	1153
- Уровень шума, эквивалентный ухудшению (END).....	1154
- Зависимость BER от отношения E_b/N_0	1156
- Фазовый шум несущей РЧ.....	1156
- Амплитудная, фазовая и импульсная характеристики канала.....	1157
- Излучения вне полосы.....	1157
14.1.5. Определение параметров для наземных сред передачи.....	1157
- Точность РЧ (прецизионные измерения).....	1157
- Избирательность.....	1158
- Рабочая область АПЧ.....	1158
- Фазовый шум внутренних генераторов (LO).....	1158
- Мощность сигнала РЧ/ПЧ.....	1160
- Мощность шума.....	1161
- Спектр РЧ и ПЧ.....	1162
- Диапазон избирательности / динамический диапазон приемника для гауссова канала.....	1163
- Уровень шума, эквивалентный ухудшению (END).....	1163
- Определение параметров линейности (подавление выброса).....	1163
- Эффективная мощность.....	1165
- Когерентная интерференционная помеха.....	1165
- Зависимость BER от отношения C/N при анализе мощности передатчика.....	1165

- Зависимость BER от отношения C/N при изменении мощности гауссова шума	1166
- BER до (внутреннего) декодера Витерби	1166
- BER до (внешнего) декодера Рида – Соломона	1167
- BER после (внешнего) декодера Рида – Соломона	1168
- Анализ сигналов I и Q	1168
14.2. Измерения в каналах систем наземного, спутникового и кабельного вещания DVB-T2, DVB-C2 и DVB-S2	1170
14.2.1. Перечень параметров информационных пакетов T2-MI, измеряемых в каналах системы наземного телевизионного вещания DVB-T2	1171
- Контроль синтаксиса пакетов T2-MI	1173
- Проверка пакетов информации модулятора T2-MI MIP	1175
- Проверка связности сигнальной информации T2-MI	1175
- Измерения на уровне транспортного потока T2-MI	1177
14.2.2. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы наземного телевизионного вещания DVB-T2	1182
- Измерения в радиочастотном диапазоне	1184
- Избирательность	1185
- Рабочая область АПЧ	1186
- Фазовый шум внутренних генераторов	1186
- Мощность сигнала РЧ/ПЧ	1186
- Отношение мощностей в режиме MISO	1187
- Мощность шума	1187
- Спектр РЧ и ПЧ	1187
- Избирательность приемника / динамический диапазон гауссова канала	1187
- Определение параметров линейности – подавление вне полосы	1188
- Эффективная мощность	1188
- Эффективность PAPR	1188
- Коэффициент ошибок символа P1	1189
- BER перед (внутренним) декодером LDPC-кода	1189
- Количество итераций LDPC-кода	1190
- BER перед (внешним) декодером BCH-кода	1190
- Коэффициент ошибок в ВВ-кадрах BBFER	1190
- Соотношение секундных интервалов, содержащих ошибки ESR	1190
- Анализ сигналов I и Q	1191
- Синхронизация одночастотной сети	1200
- Ошибка сигнализации L1	1201
- Среднеквадратичный разброс случайных задержек RMS-DS	1201
- Максимальная избыточная задержка MED	1201
- Тест проверки соответствия модели буфера приемника RBM	1202
- Относительный уровень мощности на протяжении фрагмента FEF, не относящегося к символу P1	1202

14.2.3. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы кабельного телевизионного вещания DVB-C2	1202
- Измерения в радиочастотном диапазоне.....	1203
- Точность настройки по радиочастоте.....	1203
- Обеспечение настройки частоты РЧ-сигнала	1204
- Рабочая область АПЧ	1205
- Фазовый шум внутренних генераторов	1205
- Мощность сигнала РЧ/ПЧ	1206
- Мощность шума	1206
- Спектр РЧ и ПЧ.....	1206
- Избирательность приемника / динамический диапазон гауссова канала	1206
- Определение параметров линейности / подавление выброса	1207
- BER перед (внутренним) декодером LDPC-кода	1207
- Количество итераций LDPC-кода	1207
- BER перед (внешним) декодером BCH-кода	1208
- Коэффициент ошибок в кадрах BBFER.....	1208
- Анализ сигналов I и Q	1208
- Ошибка сигнализации L1	1209
- Тест проверки соответствия модели буфера приемника RBM.....	1209
14.2.4. Перечень параметров, измеряемых в каналах системы спутникового телевизионного вещания DVB-S2.....	1209
- Алгоритмы оценки параметров I/Q-сигналов в системе DVB-S2	1211
- Основные используемые обозначения	1211
- Расчет смещения центров круговых диаграмм и векторов систематической ошибки	1214
- Систематические ошибки положения точек созвездия (STEMK) и их разброса (STEDK)	1214
- Квадратурные искажения звездных диаграмм (QEK)	1215
- Дисбаланс амплитуды звездной диаграммы (AIK)	1217
- Расчет нелинейных искажений звездных диаграмм (RIK).....	1219
- Относительные ошибки модуляции (MERK) и вектора ошибки (EVMK).....	1219
- Расчет фазового джиттера (PJ).....	1219
14.3. Некоторые сведения об аппаратуре измерений характеристик и параметров телевизионных систем.....	1222
14.3.1. Основные задачи метрологии видеоинформационных систем.....	1222
14.3.2. Перечень измерителей в режимах анализа по испытательным сигналам и таблицам	1222
14.3.3. Приборы, используемые в режимах анализа параметров ТП	1222
14.3.4. Измерительные приборы анализа параметров цифрового телевидения.....	1226
- Генератор сигналов SDI	1226
- Анализатор сигналов SDI	1226
- Генератор сигналов ASI	1226
- Анализатор сигналов ASI.....	1226

ГЛАВА 15**ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО****МУЛЬТИМЕДИЙНОГО РАДИОВЕЩАНИЯ..... 1227**

15.1.	Основные требования к системам наземного мультимедийного радиовещания.....	1227
15.2.	Система цифрового звукового радиовещания Eureka 147/DAB (Digital Audio Broadcasting) и ее модификации	1230
15.3.	Модификации стандартов DAB для передачи мультимедийной информации –T-DMB/AT-DMB.....	1231
15.4.	Система ISDB-TSB с сегментированной передачей	1233
15.5.	HD Radio IBOC-система, специально разработанная гибридная трансляция (аналог и цифра) для перехода к полностью цифровому вещанию	1234
15.6.	Система цифрового наземного мобильного радиовещания DRM+.....	1236
15.7.	Система конвергентного цифрового радио CDR	1240
15.8.	Информационная система реального времени РАВИС и ее метрологическое обеспечение	1243
15.8.1.	Структуры реализации аудиовизуальной информационной системы	1244
15.8.2.	Кодер источника системы РАВИС	1245
15.8.3.	Передатчик системы РАВИС	1248
	- Общая структура канального кодирования и модуляции.....	1250
	- Формирование кадров данных и рандомизация распределения энергии	1252
	- Подсистема канального кодирования	1253
	- Отображение битов на ячейки, формирование модуляционных созвездий.....	1255
	- Перемежение ячеек, временное перемежение	1256
	- Общая схема OFDM-модуляции.....	1256
	- Кадровая структура OFDM.....	1258
	- Частотное перемежение	1259
	- Пилотные несущие.....	1259
	- Несущие ППС	1260
	- Скорость полезного информационного потока.....	1261
15.8.4.	Приемник системы РАВИС	1263
15.8.5.	Эффективность аудиовизуальной информационной системы РАВИС	1267
15.8.6.	Натурные испытания и разработки аппаратуры системы РАВИС.....	1273
15.8.7.	Метрологическое обеспечение системы РАВИС	1280
	- Технические требования к основным параметрам системы РАВИС	1283
	- Методы измерений и испытаний передающей и приемной аппаратуры	1284
15.8.8.	Измерения основных параметров передающей части системы РАВИС.....	1285

- Проверка точности настройки по РЧ.....	1285
- Проверка ширины канала (расстояния между крайними несущими спектра сигнала) по РЧ.....	1286
- Измерение ППН с минимальной частотой.....	1286
- Измерение НПН с максимальной частотой.....	1286
- Проверка длительности символа на РЧ.....	1287
- Проверка спектральных характеристик на РЧ.....	1287
- Проверка мощности сигнала РЧ.....	1288
- Проверка мощности шума.....	1288
15.8.9. Измерения основных параметров приемной части системы РАВИС...	1289
- Проверка чувствительности приемника и динамического диапазона гауссова канала.....	1289
- Проверка избирательности приемника.....	1291
- Измерение избирательности по соседнему каналу.....	1291
- Измерение уровня блокировки приемника.....	1291
- Измерение избирательности по совмещенному каналу.....	1292
15.8.10. Анализ эквивалентных потерь в системе РАВИС.....	1292
- Проверка эквивалентных шумовых потерь (END).....	1292
- Проверка базового эквивалентного уровня шума (ENF).....	1293
- Замечания по параметрам END и ENF.....	1293
- Проверка характеристики линейности (внеполосных составляющих спектра).....	1294
- Проверка наличия непрерывной когерентной интерференционной помехи.....	1295
- Проверка зависимости BER при изменении ОСШ.....	1295
- Проверка зависимости BER от ОСШ при изменении мощности гауссова шума.....	1295
- Проверка зависимости BER от ОСШ при изменении мощности передатчика.....	1296
- Проверка BER канального декодера.....	1296
- Проверка BER до внутреннего декодера LDPC.....	1296
- Проверка BER до внешнего декодера БЧХ.....	1297
- Проверка BER после внешнего декодера LDPC (количество ошибочных битов).....	1298
- Анализ сигналов I и Q системы РАВИС.....	1298
- Проверка неравномерности АЧХ и ГВЗ.....	1299
15.8.11. Примеры измерений системы РАВИС в радиочастотном диапазоне.....	1301
- Проверка точности настройки по РЧ.....	1301
- Проверка ширины канала по РЧ.....	1301
- Проверка длительности символа на радиочастоте (проверка защитного интервала).....	1301
- Проверка спектральных характеристик на РЧ и ПЧ.....	1303
- Проверка спектра РЧ и ПЧ.....	1303
- Проверка мощности сигнала РЧ/ПЧ.....	1303
- Проверка анализатора спектра.....	1303
- Проверка характеристики линейности (подавления выброса).....	1306
- Определение когерентной интерференционной помехи.....	1307
15.8.12. Комплекс измерительный телевизионный «КИ-ТВМ-РАВИС».....	1308

15.8.13. Результаты дополнительных полевых испытаний технологии цифрового мультимедийного вещания РАВИС.....	1311
15.8.14. Повышение эффективности систем цифрового вещания РАВИС с использованием методов уменьшения пик-фактора радиосигнала	1313

ГЛАВА 16
ТЕХНОЛОГИИ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ,
ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТЕЛЕМЕДИЦИНЕ И
ДИСТАНЦИОННОМ ОБРАЗОВАНИИ..... 1315

16.1. Принципы построения систем видеоконференцсвязи	1316
16.1.1. Стандарты, используемые в видеоконференцсвязи	1316
16.1.2. Пользователи ВКС – реальные и потенциальные.....	1331
16.1.3. Структура технических средств ВКС.....	1333
16.1.4. Аппаратные и программные решения	1336
16.1.5. Программные решения VPhone	1342
16.1.6. Программные решения «ДАВ-телекон».....	1343
16.2. Применение видеоконференцсвязи в телемедицине	1346
16.3. Применение видеоконференцсвязи в дистанционном образовании ...	1353

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 1360

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ..... 1396



Дворкович Виктор Павлович (1938 г.р.) – заведующий кафедрой мультимедийных технологий и телекоммуникаций МФЕИ, д.т.н., профессор, действительный член академий МАИ и МТА, член президиума РНТОРЭС им. А.С. Попова, многие годы является членом диссертационных советов, экспертного совета ВАК, экспертом ИАС РФФИ и РНФ. Стаж работы в области связи – более 50 лет, основными местами работы были Научно-исследовательский институт радио (НИИР) и Главный радиочастотный центр (ГРЧЦ). Основная область деятельности – разработка теории и новых методов цифровой обработки аудиовизуальной информации и компьютерная метрология. За годы работы под руководством Дворковича В.П. в советское время было произведено и внедрено в область связи более 500 тысяч измерительных приборов. Он опубликовал более 250 научных трудов, в том числе 15 книг, имеет более 70 авторских свидетельств СССР и патентов РФ. Активно занимается преподавательской деятельностью, в том числе многие годы был доцентом института повышения квалификации ГРЧЦ и профессором кафедры университета им. Н.Э. Баумана.



Александр Викторович Дворкович (1967 г.р.) – директор физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий МФТИ, д.т.н., член-корреспондент РАН, член диссертационных советов МЭИ и МЭИС, председатель диссертационного совета МФТИ, член президиума РНТОРЭС им. А.С. Попова, эксперт КИАС РФФИ и Международного союза электросвязи (МСЭ), руководитель секции цифровой обработки изображений международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение», эксперт кластера «Космос и телекоммуникации» ФНЦ «Сколково». В телекоммуникационной отрасли работает более 25 лет. Основная область деятельности - разработка теории, алгоритмов и систем цифровой обработки и передачи потоков видео и звуковой информации. Автор опубликовал более 150 научных работ, в том числе 10 книг, имеет около 30 патентов Российской Федерации. Активно занимается преподавательской деятельностью, многие годы является профессором кафедры МЭИ, заведующим лабораторией МФТИ.

014

С 1996 года совместная деятельность Виктора Павловича и Александра Викторовича Дворковичей связана с созданием принципиально новых методов и устройств, метрологического обеспечения видеoinформационных систем, разработкой отечественной цифровой системы мультимедийного вещания «РАВИС» (RAVIS – Realtime AudioVisual Information System). Результаты разработки системы «РАВИС» отражены в пяти национальных стандартах, определяющих ее параметры, требования к соответствующей аппаратуре и ее метрологическому обеспечению, а также в отчетах международных организаций ИТУ и СЕРТ, подготовленных на основе множества вкладов в эти организации. В основу разработок высокоэффективных систем кодирования и передачи мультимедийной информации положено восемь совместных патентов. В 2004 году В.П. и А.В. Дворковичи были удостоены премии Правительства РФ в области науки и техники. В последние годы издательстве «ТЕХНОСФЕРА» вышел ряд их фундаментальных монографий: «Цифровые видеoinформационные системы (теория и практика)», 2012 г.; «Оконные функции для гармонического анализа сигналов», два издания 2014 и 2016 гг., «Измерения в видеoinформационных системах (теория и практика)», 2015 г. Настоящая книга является естественным объединением и дополнением указанных монографий авторов, выпущенных в издательстве «ТЕХНОСФЕРА» в 2012–2016 гг.