

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

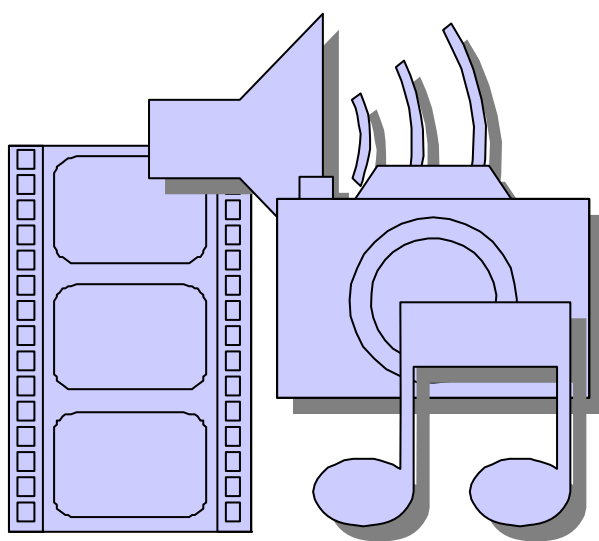
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Мультимедиа ТЕХНОЛОГИИ

КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ

Часть 2

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



Ульяновск

2010

УДК 004.2 (076)
ББК 32.973.26-04я7
М 90

Рецензент: доцент кафедры «Телекоммуникации» радиотехнического факультета Ульяновского государственного технического университета кандидат технических наук С. В. Елягин.

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

М 90 **Мультимедиа технологии:** Конспект лекций. Часть 2: / сост. :
Е. А. Докторова. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – 74 с.

Лекции составлены в соответствии с учебным планом специальности 23020165 «Информационные системы и технологии». Преследуют цель ориентировать студентов на подготовку к зачету по предмету «Мультимедиа технологии». Даются сведения по темам, определяющим основные понятия мультимедиа технологии.

Лекции подготовлены на кафедре ИВК.

Печатается в авторской редакции.

УДК 004.02 (076)
ББК 32.973.26-04я7

© Е. А. Докторова, составление, 2010
© Оформление, УлГТУ, 2010

Лекция 5. РАБОТА СО ЗВУКОМ

СЖАТИЕ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

5.1. Общие сведения [1]

При первичном кодировании в студийном тракте используется обычно равномерное квантование отсчетов звукового сигнала (ЗС) с разрешением $\Delta A = 16\text{--}24$ бит/отсчет при частоте дискретизации $f = 44,1\text{--}96$ кГц. В каналах студийного качества обычно $\Delta A = 16$ бит/отсчет, $f = 48$ кГц, полоса частот кодируемого звукового сигнала $\Delta F = 20\text{--}20000$ Гц. Динамический диапазон такого цифрового канала составляет около 54 дБ. Если $f = 48$ кГц и $\Delta A = 16$ бит/отсчет, то скорость цифрового потока при передаче одного такого сигнала равна $V = 48 \times 16 = 768$ кбит/с. Это требует суммарной пропускной способности канала связи при передаче звукового сигнала форматов 5.1 (Dolby Digital) или 3/2 плюс канал сверхнизких частот (Dolby Surround, Dolby-Pro-Logic, Dolby THX) более 3,840 Мбит/с. Но человек способен своими органами чувств сознательно обрабатывать лишь около 100 бит/с информации. Поэтому можно говорить о присущей первичным цифровым звуковым сигналам значительной избыточности.

Статистическая избыточность обусловлена наличием корреляционной связи между соседними отсчетами временной функции звукового сигнала при его дискретизации. Для ее уменьшения применяют достаточно сложные алгоритмы обработки. При их использовании потери информации нет, однако исходный сигнал оказывается представленным в более компактной форме, что требует меньшего количества бит при его кодировании. Важно, чтобы все эти алгоритмы позволяли бы при обратном преобразовании восстанавливать исходные сигналы без искажений.

Однако даже при использовании достаточно сложных процедур обработки устранение статистической избыточности звуковых сигналов позволяет в конечном итоге уменьшить требуемую пропускную способность канала связи лишь на 15–25% по сравнению с ее исходной величиной, что никак нельзя считать революционным достижением.

После устранения статистической избыточности скорость цифрового потока при передаче высококачественных ЗС и возможности человека по их обработке отличаются, по крайней мере, на несколько порядков. Это свидетельствует также о существенной психоакустической избыточности первичных цифровых ЗС и, следовательно, о возможности ее уменьшения. Наиболее перспективными с этой точки зрения оказались методы, учитывающие такие свойства слуха, как маскировка, предмаскировка и постемаскировка. Если известно, какие доли (части) звукового сигнала

ухо воспринимает, а какие нет вследствие маскировки, то можно вычлениить и затем передать по каналу связи лишь те части сигнала, которые ухо способно воспринять, а неслышимые доли (составляющие исходного сигнала) можно отбросить (не передавать по каналу связи).

Кроме того, сигналы можно квантовать с возможно меньшим разрешением по уровню так, чтобы искажения квантования, изменяясь по величине с изменением уровня самого сигнала, еще оставались бы неслышимыми, т.е. маскировались бы исходным сигналом. Однако после устранения психоакустической избыточности точное восстановление формы временной функции ЗС при декодировании оказывается уже невозможным.

К настоящему времени достаточное распространение в радиовещании получили также еще нескольких стандартов MPEG, таких, как MPEG-2 ISO/IEC 13818-3, 13818-7 и MPEG-4 ISO/IEC 14496-3.

В отличие от этого в США был разработан стандарт Dolby AC-3 (A/52) в качестве альтернативны стандартам MPEG.

Несмотря на значительное разнообразие алгоритмов компрессии цифровых аудиоданных, структура кодера, реализующего такой алгоритм обработки сигналов, может быть представлена в виде обобщенной схемы, показанной на рис. 5.1.

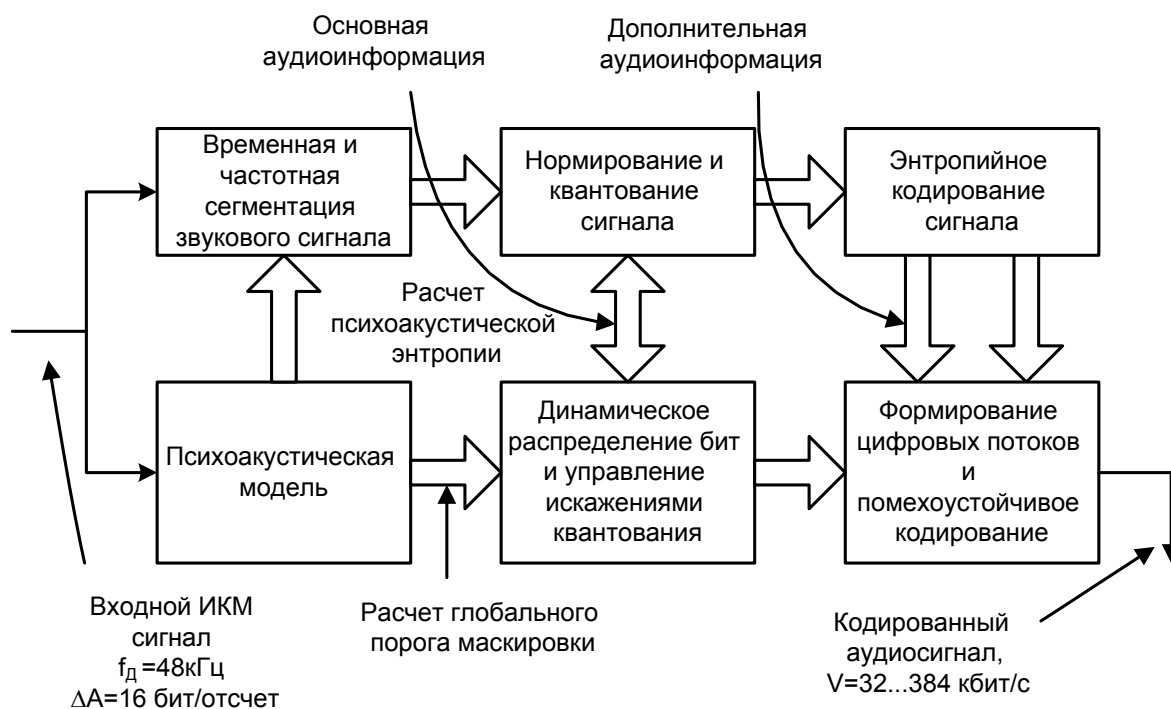


Рис. 5.1. Обобщенная структурная схема кодера с компрессией цифровых аудиоданных

5.2. Семейство стандартов MPEG

MPEG расшифровывается как «Moving Picture Coding Experts Group», дословно – группа экспертов по кодированию подвижных изображений. MPEG ведет свою историю с января 1988 года. Начиная с первого собрания в мае 1988 года, группа начала расти, и выросла до очень большого коллектива специалистов. Обычно, в собрании MPEG принимают участие около 350 специалистов из более чем 200 компаний. Большая часть участников MPEG – это специалисты, занятые в тех или иных научных и академических учреждениях.

5.2.1. Стандарт MPEG-1

Стандарт MPEG-1 (ISO/IEC 11172-3) включает в себя три алгоритма различных уровней сложности: Layer (уровень) I, Layer II и Layer III. Общая структура процесса кодирования одинакова для всех уровней. Однако, несмотря на схожесть уровней в общем подходе к кодированию, уровни различаются по целевому использованию и внутренним механизмам. Для каждого уровня определен свой цифровой поток (общая ширина потока) и свой алгоритм декодирования.

MPEG-1 предназначен для кодирования сигналов, оцифрованных с частотой дискретизации 32, 44.1 и 48 КГц. Как было указано выше, MPEG-1 имеет три уровня (Layer I, II и III). Эти уровни имеют различия в обеспечиваемом коэффициенте сжатия и качестве звучания получаемых потоков.

MPEG-1 нормирует для всех трех уровней следующие номиналы скоростей цифрового потока: 32, 48, 56, 64, 96, 112, 192, 256, 384 и 448 кбит/с, число уровней квантования входного сигнала – от 16 до 24. Стандартным входным сигналом для кодера MPEG-1 принят цифровой сигнал AES/EBU (двухканальный цифровой звуковой сигнал с разрядностью квантования 20–24 бита на отсчет). Предусматриваются следующие режимы работы звукового кодера:

- одиночный канал (моно);
- двойной канал (стерео или два моноканала);
- joint stereo (сигнал с частичным разделением правого и левого каналов).

Важнейшим свойством MPEG-1 является полная обратная совместимость всех трех уровней. Это означает, что каждый декодер может декодировать сигналы не только своего, но и нижележащих уровней. MPEG-1 оказался первым международным стандартом цифрового сжатия звуковых сигналов и это обусловило его широкое

применение во многих областях: вещании, звукозаписи, связи и мультимедийных приложениях. Наиболее широко используется Уровень II, он вошел составной частью в европейские стандарты спутникового, кабельного и наземного цифрового ТВ вещания, в стандарты звукового вещания, записи на DVD, Рекомендации МСЭ BS.1115 и J.52. Уровень III (его еще называют MP3) нашел широкое применение в цифровых сетях с интегральным обслуживанием (ISDN) и в сети Интернет. Подавляющее большинство музыкальных файлов в сети записаны именно в этом стандарте.

5.2.2. Стандарт MPEG-2

MPEG-2 это расширение MPEG-1 в сторону многоканального звука. Следствием совместимости MPEG-2 с MPEG-1 в части кодирования звука стало полное использование трехуровневой системы, разработанной в MPEG-1 для обработки звуковых данных кодерами стандарта MPEG-2. Различия между стандартами начинаются при переходе от двухканального звука, принятого за основу в MPEG-1, к многоканальному звуку, поддерживаемому в MPEG-2.

MPEG-2 специфицирует различия режима передачи многоканального звука, в том числе пятиканальный формат, семиканальный звук с двумя дополнительными громкоговорителями, применяемыми в кинотеатрах с очень широким экраном, расширения этих форматов с низкочастотным каналом. Соответствующее расположение громкоговорителей показано в таблице 4. 1. В данном случае в числителе дроби указывается число фронтальных каналов, в знаменателе – число каналов, излучаемых сзади.

Одной из разновидностей многоканального звука является многоязычное звуковое сопровождение. Оно может осуществляться либо передачей отдельного цифрового потока для каждого языка, либо добавлением нескольких (до 7) языковых каналов со скоростью 64 кбит/с к многоканальному потоку 384 кбит/с. Возможна передача дополнительных звуковых каналов для людей с ухудшением зрения и слуха.


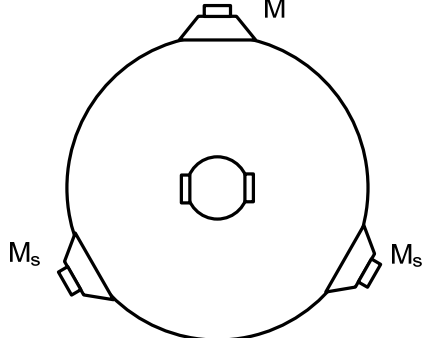
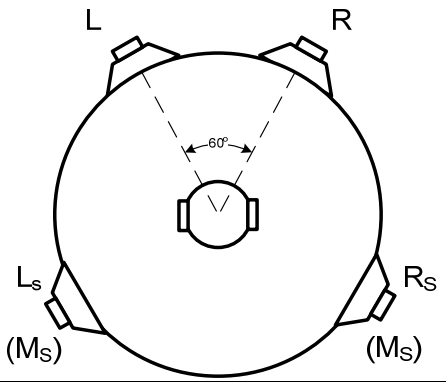
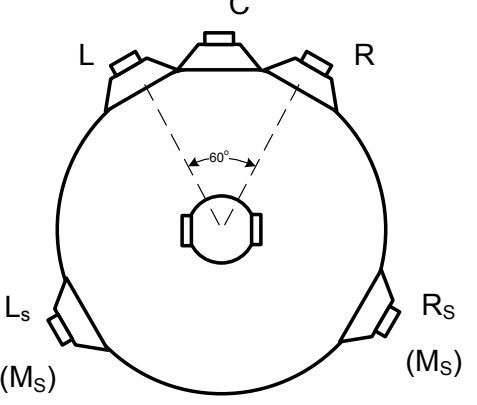
Система улучшенного кодирования звука AAC. Одной из лучших современных систем сжатия звука признана система AAC (Advanced Audio Coding – усовершенствованная система кодирования звука), специфицированная в седьмой части стандарта ISO/IEC 13818. В отличие от других методов сжатия звуковых данных, принятых в MPEG-2, она не обладает свойством обратной совместимости – декодеры MPEG-1 не могут декодировать сигнал AAC.

На данный момент существуют пять разновидностей формата AAC:

1. HomeboyAAC;
2. AT&T a2b AAC;
3. LiquifierPROAAC;
4. Astrid/Quartex AAC;
5. AACPlus.

Все эти модификации несовместимы между собой, имеют собственные кодеры/ декодеры и неодинаковы по качеству.

Таблица 5.1. Иерархия многоканальных звуковых систем согласно Рекомендации BS.775

Система	Каналы	Обозначение	Расположение громкоговорителей
Моно	M	1/0	
Моно + моно	M	1/1	
Двухканальная стерео	L/R	2/0	
Двухканальная стерео + 1 окружающий	L/R/Ms	2/1	
Двухканальная стерео + 2 окружающий	L/R/Ls/Rs	2/2	
Трехканальная стерео	L/C/R	3/0	
Трехканальная стерео + 1 окружающий	L/C/R/Ms	3/1	
Трехканальная стерео + 2 окружающий	L/C/R/Ls/Rs	3/2	

5.2.3. Стандарт MPEG-4

В качестве средств компрессии звука в MPEG-4 (ISO/IEC 14496-3) используется комплекс нескольких стандартов кодирования звука: улучшенный алгоритм MPEG-2 AAC, алгоритм TwinVQ, а также алгоритмы кодирования речи HVXC и CELP. Кроме того, MPEG-4 предусматривает множество механизмов обеспечения масштабируемости и предсказания. Однако в целом, стандарт MPEG-4 AAC, предусматривающий правила и алгоритмы кодирования звука, является, в общем, продолжением MPEG-2 AAC.

MPEG-4 – аудио предлагает широкий перечень приложений, которые покрывают область от простой речи до высококачественного многоканального звука, и от естественных до синтетических звуков.

Метод кодирования MPEG-4 CELP. Метод кодирования MPEG-4 CELP предназначен для обработки речевых сигналов. На практике применяются в основном три основных класса кодеров: кодеры формы, вокодеры и гибридные кодеры.

Кодеры формы характеризуются способностью сохранять основную форму речевого сигнала. К кодерам формы относятся кодеры с импульсно кодовой модуляцией (ИКМ), кодеры с дифференциальной ИКМ (ДИКМ), адаптивной дифференциальной ИКМ (АДИКМ) и др. Системы передачи с подобным типом кодеров обеспечивают хорошее качество воспроизведения речевых сигналов (стандартная полоса частот которых составляет 300–3400 Гц) и более широкополосных звуковых сигналов. Однако, эти кодеры малоэффективны с точки зрения снижения скоростей передачи цифровых сигналов.

Вокодеры (от английских слов «voice» – голос и «coder» – кодирующее устройство) обеспечивают значительно большее снижение скоростей передачи речевых сигналов. Сжатие на передающей стороне производится в анализаторе, выделяющем из речевого сигнала медленно меняющиеся составляющие, которые передаются по каналу связи в виде кодовых комбинаций. На приемной стороне с помощью местных источников сигналов, управляемых с использованием принятой информации, синтезируется речевой сигнал.

5.2.4. Стандарт MPEG-7

Аудио MPEG-7 FCD имеет пять технологий: структура описания звука, которая включает в себя масштабируемые последовательности, дескрипторы нижнего уровня и равномерные сегменты тишины; средства

описания тембра музыкального инструмента; средства распознавания звука; средства описания голосового материала и средства описания мелодии.

Описание системы аудио MPEG-7. Аудиоструктура содержит средства нижнего уровня, которые обеспечивают основы для формирования звуковых приложений высокого уровня. Предоставляя общую платформу структуры описаний, MPEG-7 Audio устанавливает базис для совместимости всех приложений, которые могут быть созданы в рамках данной системы.

5.3. Метод сжатия звука Ogg Vorbis

Сразу после своего появления формат MP3 приобрел огромную популярность у пользователей персонального компьютера, на аудиодиск размером 650 Мб можно поместить в 10 раз больше звуковой информации, при этом сохранив приемлемое качество. Созданные таким образом файлы можно без проблем пересылать через Интернет, использовать в переносных устройствах, собирать музыкальные коллекции.

OggVorbis принадлежит к тому же типу форматов аудиосжатия, что и MP3, AAC, VQF, PAC, QDesign AIFF и WMA, т.е. к форматам сжатия с потерями. Психоакустическая модель, используемая в OggVorbis по принципам действия близка к MP3 и иже с ними, но и только – математическая обработка и практическая реализация этой модели в корне отличается, что позволяет авторам объявить свой формат совершенно независимым от всех предшественников.

Главное неоспоримое преимущество формата OggVorbis – это его полная открытость и бесплатность. WMA и Astrid/Quartex тоже бесплатны, но авторы этих форматов не опубликовали исходные коды своих разработок, а Xiphophorus именно это и сделала. OggVorbis создается в рамках проекта GNU и полностью подчиняется GNU GPL (генеральная публичная лицензия). А это означает, что формат совершенно открыт для коммерческого и некоммерческого использования, его коды можно модифицировать безо всяких ограничений, группа разработчиков оставляет за собой лишь право утверждать новые спецификации формата.

OggVorbis использует математическую психоакустическую модель отличную от MP3, и это сказывается на звучании. MP3 и OggVorbis трудно сравнивать, но в целом звучание OggVorbis гораздо лучше.

При кодировании кодеки OggVorbis используют VBR (variable bitrate), подобно некоторым MP3 кодекам, что позволяет существенно уменьшить размер композиции, при незначительной потере качества.

Что же касается скорости кодирования, то тут пока нет никаких выдающихся результатов. Скорость кодека OggVorbis не быстрее кодека MP3. Разработчики признают, что код кодека совершенно не оптимизирован, так как эта программа была выпущена как можно быстрее для демонстрации спецификации, чтобы не быть голословными. Т.е., в будущем можно ожидать существенного улучшения скоростных характеристик, особенно, когда подключатся сторонние производители.

OggVorbis, как и MP3, изначально разрабатывался как сетевой потоковый формат. Это свойство является очень важным, особенно учитывая мультиплатформенную направленность формата OggVorbis. Интернет-радиостанция использующая низкоскоростные версии OggVorbis сможет вещать сразу на всех платформах, тогда как такая же радиостанция, использующая для передачи WMA (в виде ASF) будет ограничена только пользователями Windows.

5.4. Метод сжатия звука MusePack

Ogg Vorbis является не единственной некоммерческой разработкой такого рода. Энтузиасты продолжали и продолжают делать попытки создания альтернативных качественных аудиокодеков.

Кодек MPEGplus (MPEG+) был позже переименован в MusePack (MPC) из-за проблем, которые появились у автора кодека в связи с тем, что название последнего содержало в себе аббревиатуру «MPEG». MusePack – это еще одна разновидность сжатия звука с потерями сродни MP3.

Кодеком предусмотрено кодирование только в режиме переменной скорости потока. Скорость компрессии и декомпрессии в/из MPC заметно выше скорости выполнения этих операций применительно к MP3.

В среднем, качество кодирования MPC на высоких скоростях (160 Кбит/с и выше) заметно (если не сказать «значительно») выше качества, обеспечиваемого MP3. Это связано с различиями в механизмах кодирования. Ранее мы отмечали, что MP3 при кодировании разбивает сигнал на частотные подполосы, затем производит разложение сигнала в ряд косинусов (MDCT – частный случай преобразования Фурье) и записывает округленные (квантованные) значения полученных после преобразования коэффициентов. MPC же после разбиения сигнала на частотные подполосы просто производит переквантование (опираясь на психоакустическую модель) сигнала в каждой подполосе и полученные округленные (квантованные) значения записывает в выходной поток. Этим же фактом объясняется и большая скорость компрессии и декомпрессии MPC.

В отличие от Ogg Vorbis, кодек MusePak переживает сегодня не самые лучшие времена, в то время как Ogg Vorbis получает все более и более широкое распространение, MusePak остается малоизвестным, хотя и незаслуженно.

5.5. Формат Windows Media Audio (WMA)

Несмотря на то, что WMA как стандарт появился сравнительно недавно, чуть ли не последним из всех конкурентов MP3, история этого формата, вернее его кодека, началась гораздо раньше.

Во-первых, в этом кодеке было впервые достигнуто качество MP3 128 при скорости всего 64 кбит/с!

Во-вторых, на этот формат обратили внимание сразу несколько крупных телефонных компаний, так как сжатая этим кодеком голосовая информация обладала, даже при скорости всего 64 кбит/с очень высокой разборчивостью. Экспертами было установлено, что при скорости 64 кбит/с слоговая разборчивость голоса достигала 90%, в то время, как у других форматов аудиосжатия подобный показатель наблюдается при скорости в 2–2,5 раза больше, т.е. при скорости 128 и 160 кбит/с соответственно. Новый формат Voxware, как оказалось идеально адаптирован именно для сжатия оцифрованного человеческого голоса.

На некоторых высокоскоростных цифровых телефонных сетях США и Канады была апробирована система сжатия голосовой информации, имеющая в своей основе аппаратную реализацию разработок Voxware. Данная система позволяла вести по одной линии четыре отдельных разговора одновременно без каких-либо искажений.

И, наконец, поддержка этого кодека была включена компанией Microsoft в бесплатный Media Player. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть список поддерживаемых форматов – там есть строчка «Voxware Audio CODEC». Если учесть тот факт, что Microsoft до сих пор так и не удосужилась поддержать VQF и все разновидности AAC, то такая поддержка дорогого стоит.

WMA со скоростью 64 кбит/с лучше MP3 128 кбит/с или по крайней мере обладает тем же качеством. Кодек позволяет легко перекодировать из MP3 в WMA с любой скоростью.

В общем WMA вскоре придет на смену MP3, тем более что уже появились первые аппаратные плееры с поддержкой этого формата. Правда подобный переход светит только пользователям операционной системы Windows, поклонникам других платформ, например Linux, пока придется искать альтернативы WMA.

5.6. Формат сжатия звука QDesign AIF

Этот формат аудиосжатия был разработан компанией QDesign и впоследствии был замечен и активно поддержан концерном Apple/Macintosh. QDesign AIF является доработкой семейства стандартов AIFF, которое представляет собой разновидность мультимедийных стандартов используемых на платформе Apple/Macintosh. Пара QDesign AIF-AIFF является полным аналогом пары WAV-MP3, используемой на платформе Wintel, за исключением степени сжатия.

5.7. Формат сжатия звука PAC

Название формата PAC расшифровывается как **perceptual audio coding**, что на русский язык переводится плохо, так слово **perceptual** означает восприятие. Поэтому вариантов перевода много, но наиболее благозвучным является «аудиокодирование, основанное на восприятии».

Данный формат был разработан фирмой Lucent Technologies при мощной инвестиционной поддержке компании Bell Labs, которую, так же, как и AT&T интересовали системы сжатия голосовой аудиоинформации передаваемой по цифровым телефонным сетям.

Была выпущена первая общедоступная версия кодека PAC под названием Audio Library 1.0. Первая выпущенная версия этого программного продукта была демонстрационной и работала в течение 15 дней. При этом самим своим существованием данный кодек PAC опровергал все сложившиеся со времен MP3 представления о том, как должны выглядеть сжатые аудиокomпозиции. Любому поклоннику MP3, VQF, AAC должен был показаться несколько диким тот способ хранения аудиокomпозиций, который был реализован в Audio Library 1.0.

К числу недостатков этого кодека можно отнести и неприменимость сжатых композиций в качестве сетевого формата. Формат не поддерживает потоковую пересылку данных, т.е. одновременное воспроизведение и получение аудиокomпозиции. Это формат только для домашней аудиотеки и для продажи на CD-дисках.

Кроме того, аудиокomпозиции в данном формате имеют мощную защиту от нелегального копирования и очень плохо работают с CD-R при воспроизведении не на «родной» машине, на которой производилось кодирование и запись на CD-заготовку, а скажем, на машине вашего друга.

Итак, подведем итоги. Кодеки, использующие алгоритмы PAC – быстрые, качественные, с хорошим соотношением размер/качество. Идеально подходят для создания домашних аудиотек. Однако, реально могут пригодиться только заядлым индивидуалистам, не испытывающим желания делиться нажитыми аудиокomпозициями с другими.

Вопросы по лекции

1. Чему равна скорость цифрового потока V при передаче одного сигнала, если $f = 48$ кГц и $\Delta A = 16$ бит/отсчет? И какой суммарной пропускной способности канала связи требуется при передаче звукового сигнала форматов 5.1 (Dolby Digital)?
2. Сколько бит/с способен человек сознательно обрабатывать своими органами чувств?
3. Какие стандарты MPEG к настоящему времени получили достаточное распространение в радиовещании?
4. Какой стандарт был разработан в качестве альтернативы стандартам MPEG в США? И какие две платформы цифровых технологий сформировались для радиовещания и телевидения? В чем отличие этих платформ?
5. Какой метод кодирования звука оказывается наилучшим методом, учитывающим эффект маскирования?
6. Раскройте сущность полосного кодирования.
7. Какие три алгоритма различных уровней сложности включает в себя стандарт MPEG-1 (ISO/IEC 11172-3)? По каким параметрам различаются уровни?
8. Какой формат положен в основу алгоритма Уровня I MPEG? При какой скорости достигается «прозрачность» канала уровня II MPEG-1? Какой формат положен в основу алгоритма Уровня II?
9. В какие европейские стандарты вошел уровень II MPEG-1?
10. Где нашел применение уровень III MPEG-1?
11. Какие усовершенствования были предприняты для улучшения кодирования при разработке звукового кодера MPEG-1 третьего уровня?
12. Какие пять разновидностей формата AAC на данный момент существуют? Совместимы ли они между собой?
13. Какой перечень приложений предлагает MPEG-4 – аудио?
14. Презентацию каких звуковых объектов поддерживает MPEG-4?
15. Какие технологии имеет формат аудио MPEG-7 FCD?
16. К какому типу форматов аудиосжатия принадлежит OggVorbis?
17. Каково качество кодирования MPC на высоких скоростях по сравнению с MP3?
18. Почему на формат WMA обратили внимание сразу несколько крупных телефонных компаний?
19. На какой платформе используется формат сжатия звука QDesign AIF?
20. Что можно отнести к числу недостатков формата PAC?

Лекция 6. РАБОТА СО ЗВУКОМ

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ЗВУКА

6.1. Динамическая обработка звуковых сигналов [1]

В настоящее время существует большое количество различных устройств для динамической обработки звуковых сигналов – это компрессоры, пороговые ограничители (гейты), лимитеры и т.д. В таком многообразии нетрудно и запутаться... Какой прибор необходим в конкретной ситуации? Чем отличаются приборы, имеющие схожее действие, например, лимитер и гейт? И таких вопросов – множество, включая и наиболее часто встречающийся – для чего вообще нужна «динамическая обработка»?

Звуковой сигнал изменяется в очень широких пределах. Иначе говоря, звуковой сигнал имеет очень большой динамический диапазон. Чаще всего, возможности аппаратуры (особенно аналоговой) не позволяют записать исходный сигнал с натуральным динамическим диапазоном. Эта проблема стоит еще более остро, если сигнал надо передавать по каналам связи.

Все устройства динамической обработки можно разделить на два больших класса: по характеру взаимосвязи их коэффициента усиления и уровня входного сигнала. Если при увеличении уровня входного сигнала коэффициент передачи устройства уменьшается – то это компрессор или его разновидности. Если же при увеличении входного сигнала коэффициент передачи устройства также увеличивается – то это экспандер или гейт.

Компрессор. Название прибора происходит от английского глагола «to compress» – сжимать. Это устройство для сжатия динамического диапазона исходного звукового сигнала. Компрессоры характеризуются амплитудными и временными характеристиками. Амплитудными характеристиками являются: степень компрессии и порог срабатывания. Эти характеристики отражены на амплитудной характеристике компрессора, показанной на рис. 6.1.

Из графика видно, что выходной сигнал равен входному до точки срабатывания (начала работы) компрессора – **порог срабатывания (Threshold)***. Начиная с этой точки, выходной сигнал компрессора увеличивается в меньшей степени, чем входной, т.е. осуществляется компрессия. Мерой компрессии служит степень компрессии (**Ratio**).

* Для обозначения параметров устройств обработки сигналов будем приводить как русские, так и английские термины. Дело в том, что в реальной иностранной аппаратуре вы, конечно, встретите только английскую терминологию, которая зачастую отличается от отечественной.

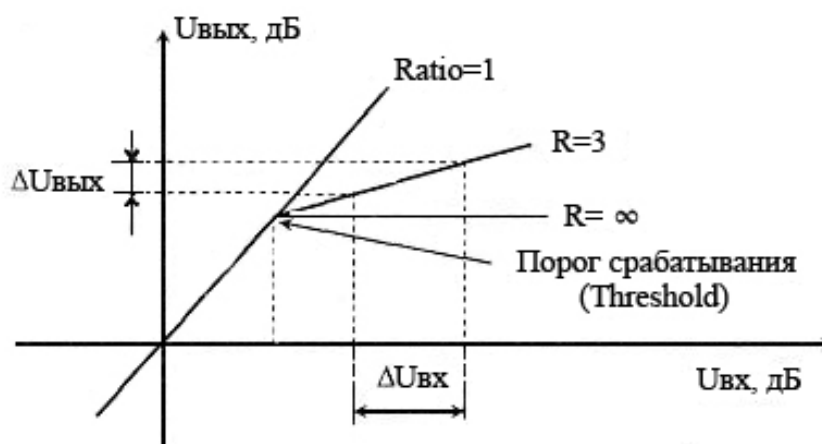


Рис. 6.1. Амплитудные характеристики компрессора

Степень компрессии – это отношение величины приращения входного сигнала к величине вызванного им приращения выходного сигнала. При этом измеряемые величины выражаются в децибелах

$$R = \frac{\Delta U_{вх}}{\Delta U_{вых}}$$

Любой компрессор, как, впрочем, и любое устройство динамической обработки вообще, содержит основной канал и канал управления (рис. 6.2).

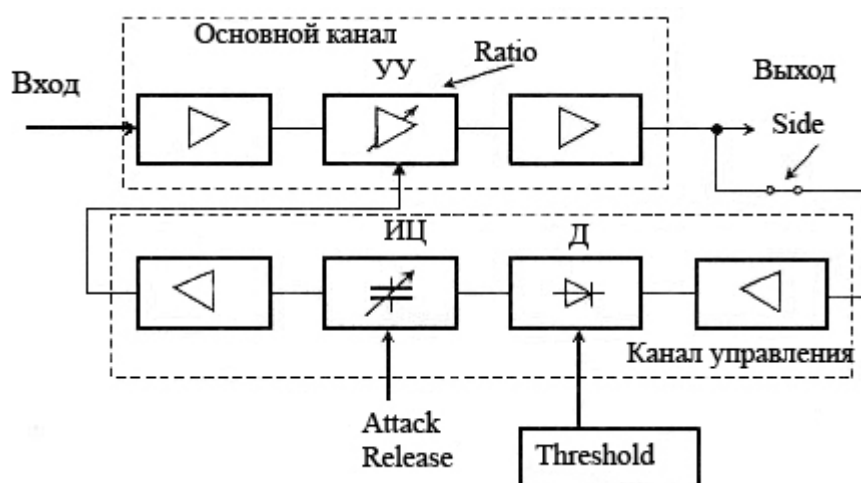


Рис. 6.2. Функциональная схема компрессора

Если отвлечься от конструктивных особенностей, то по характеру реакции на входной сигнал все компрессоры можно разделить на две большие группы: приборы с ручным управлением параметрами компрессии, и автоматизированные – с той или иной степенью автоматического управления этими параметрами.

В «ручных» все динамические параметры задаются пользователем, что обеспечивает очень большую свободу в выборе, для получения необходимых художественных результатов. Ведь не секрет, что

компрессором можно изменить исходное звучание до полной неузнаваемости. «Ручной» компрессор как раз и служит для специального изменения характера исходного звучания. В зарубежной литературе этот тип компрессоров часто называется **creative** – «творческий».

Пользователю для работы с ними необходима достаточно высокая квалификация, так как вместо улучшения звука его можно непоправимо испортить. **Перекомпрессированный сигнал исправить в дальнейшем невозможно!**

В автоматизированных компрессорах динамические параметры раз и навсегда установлены изготовителем, и их изменение пользователем невозможно. Как правило, большинство автоматизированных компрессоров существенно не изменяют динамические параметры звука, а только выравнивают исходное звучание, делают его более плотным и насыщенным.

Автоматизированные компрессоры, в свою очередь, можно разделить также на два больших класса: RMS*, и, условно говоря, «не-RMS».

«Не-RMS» – это компрессоры, имеющие обычный детектор (иногда называемый пиковым), и один или несколько наборов заводских предустановок различных сочетаний времен срабатывания и восстановления. Как правило, один вариант предустановок компрессора предназначен для обработки какого-то одного типа сигналов, и только в этом случае работа такого компрессора будет действительно хорошей. Связано это с тем, что все сигналы имеют сильно различающиеся динамические параметры, причем эти параметры для различных звучаний могут отличаться в сотни и даже тысячи раз. Очевидно, что сочетание параметров, оптимальное для одного звучания, для другого, скорее всего, будет малоприспособно.

Несколько особняком стоит RMS-компрессор – до недавнего времени экзотический тип компрессора для большинства наших звукорежиссеров. В последние годы все больше фирм приступает к их выпуску, что объясняется все большей популярностью этих компрессоров, как при звукозаписи, так и в «живой» концертной работе.

Этот тип компрессора должен реагировать на среднеквадратическое (эффективное) значение сигнала. Иначе говоря, RMS-компрессор реагирует непосредственно на мощность звукового сигнала, а не на его мгновенные значения, как обычный компрессор. Это, однако, вовсе не означает, что, взяв обычный компрессор и установив регуляторы **Attack** и **Release** на максимум, Вы получите RMS-компрессор. Временные

* RMS - Root Mean Square (Среднеквадратическое значение). Ранее в электронике бытовало понятие «эффективное значение», и эти термины - синонимы.

параметры в настоящем RMS-компрессоре не являются чем-то раз и навсегда заданным, а сложным образом изменяются в зависимости от частоты, уровня и его спектра входного сигнала. Это обеспечивает отсутствие «механистичности» в работе компрессора и очень малую заметность вмешательства компрессора в обрабатываемый сигнал. RMS-компрессор практически не изменяет динамику исходного музыкального сигнала, а только его как бы «подравнивает», уплотняет.

Лимитер. В принципе, это не какой-то отдельный вид компрессоров, а всего лишь один из частных случаев работы компрессора. Лимитирование отличается от компрессирования, прежде всего степенью компрессии. Для лимитирования достаточно перевести этот регулятор в положение **Ratio** = ∞ , при этом независимо от приращения входного сигнала уровень сигнала на его вы ходе увеличиваться не будет. (Естественно, что речь идет о сигналах, лежащих выше порога срабатывания) Необходимо, однако, учитывать, что основное назначение лимитера – защита последующих узлов тракта от перегрузок.

Левеллер. Это еще одна разновидность RMS-компрессора. Основное его отличие от обычного RMS – это гораздо большие постоянные времени детектора: до 10 секунд в некоторых моделях. Кроме того, они имеют несколько другую амплитудную характеристику.

На рис. 6.3 изображено семейство амплитудных характеристик левеллера при различных степенях сжатия. Независимо от Ratio сигнал с входным уровнем 0 дБ на выходе имеет такой же уровень, а сигналы с иными уровнями как бы подтягиваются к нему: более сильные ослабляются, более слабые – усиливаются. Причем, чем большее Ratio установлено, тем сильнее сигналы «прижимаются» к уровню 0 дБ (уровень 0 дБ здесь приведен только для примера).

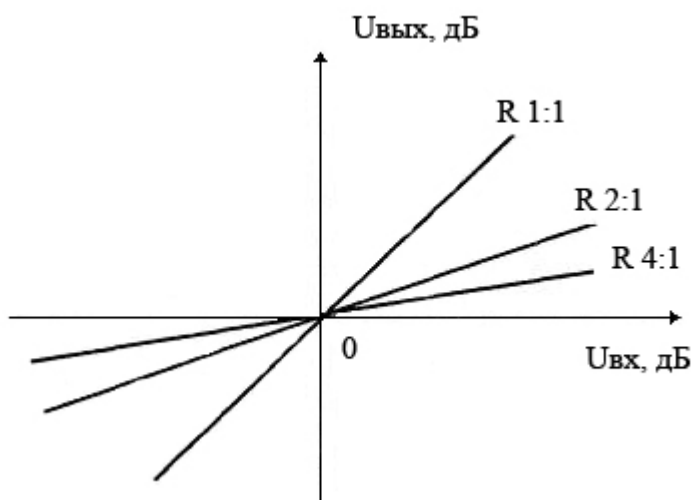


Рис. 6.3. Амплитудные характеристики левеллера

Де-эссер, де-поппер. Это варианты частотно-зависимого компрессора, а точнее – полосового компрессора. Оба эти устройства обрабатывают только узкую полосу мешающего сигнала, не затрагивая всего остального. Отличие де-эссера и де-поппера в том, что де-эссер работает на высокочастотных сигналах, убирая «цыканье» и шепелявость. Де-поппер – наоборот, работает в низкочастотной области спектра, убирая бубнение.

Экспандер и гейт. Экспандер – это «компрессор наоборот» (от английского «to expand» – расширять, растягивать). У него, как уже отмечалось, коэффициент передачи пропорционален уровню входного сигнала, т.е. чем громче входной сигнал, тем громче выходной.

Существуют две основных разновидности экспандера – «экспандер вверх» (**upward expander**) и «экспандер вниз» (**downward expander**). Отличаются они по характеру реагирования на входной сигнал. «Экспандер вверх» обрабатывает сигналы, лежащие только выше порога его срабатывания, делая громкие еще более громкими. Тихие же сигналы, ниже порога срабатывания, он не трогает. В звукорежиссерской практике этот режим практически не используется, хотя про него часто говорят: «Хороший прибор, позволяет восстановить исходную динамику чрезмерно сильно зажато компрессорами сигнала».

«Экспандер вниз», напротив, не «трогает» сигналы выше порога срабатывания, а только делает тише сигналы, лежащие ниже этого порога. По характеру своего действия на сигнал это устройство схоже с гейтом, и, как правило, применяется для аналогичных целей: для подавления слабых мешающих сигналов. В этом качестве «экспандер вниз» входит составной частью практически во все шумоподавители (денойзеры).

Гейт (от английского gate – клапан, ворота) – один из самых распространенных приборов динамической обработки. Функция Gate – полная противоположность сжатию и ограничению. Основное, изначальное назначение гейта – отсечка сигналов малого уровня, для которых он и является своеобразным клапаном, не пропуская их на выход.

На рис. 6.4 изображены три сигнала – входной (верхняя сигналограмма), сформированная генератором гейта огибающая (в середине) и результирующий выходной сигнал (внизу).

В момент превышения входным сигналом порога срабатывания запускается специальный триггер, который, в свою очередь, запускает формирователь огибающей гейта, и тот начинает последовательно вырабатывать три составных части управляющего напряжения. В первый момент после запуска формируется **attack**, затем сохраняется достигнутое состояние – до момента, когда входной сигнал станет меньше порога срабатывания. После того, как входной сигнал станет меньше порога

срабатывания, триггер изменяет свое состояние, и начинают формироваться следующие две части огибающей. Под действием этого напряжения управляемый усилитель изменяет свой коэффициент усиления и получается результирующий (обработанный гейтом) выходной сигнал.

Естественно, что динамика обработанного гейтом сигнала будет отличаться от исходной. Сигналы, лежащие ниже порога срабатывания, будут подавлены. Сигналы же выше порога будут зависеть от соотношения их исходной скорости и времени открывания гейта, т.е. результирующая сигналограмма может быть как более резкая, так и более плавная. Аналогично – и с процессом затухания сигнала.

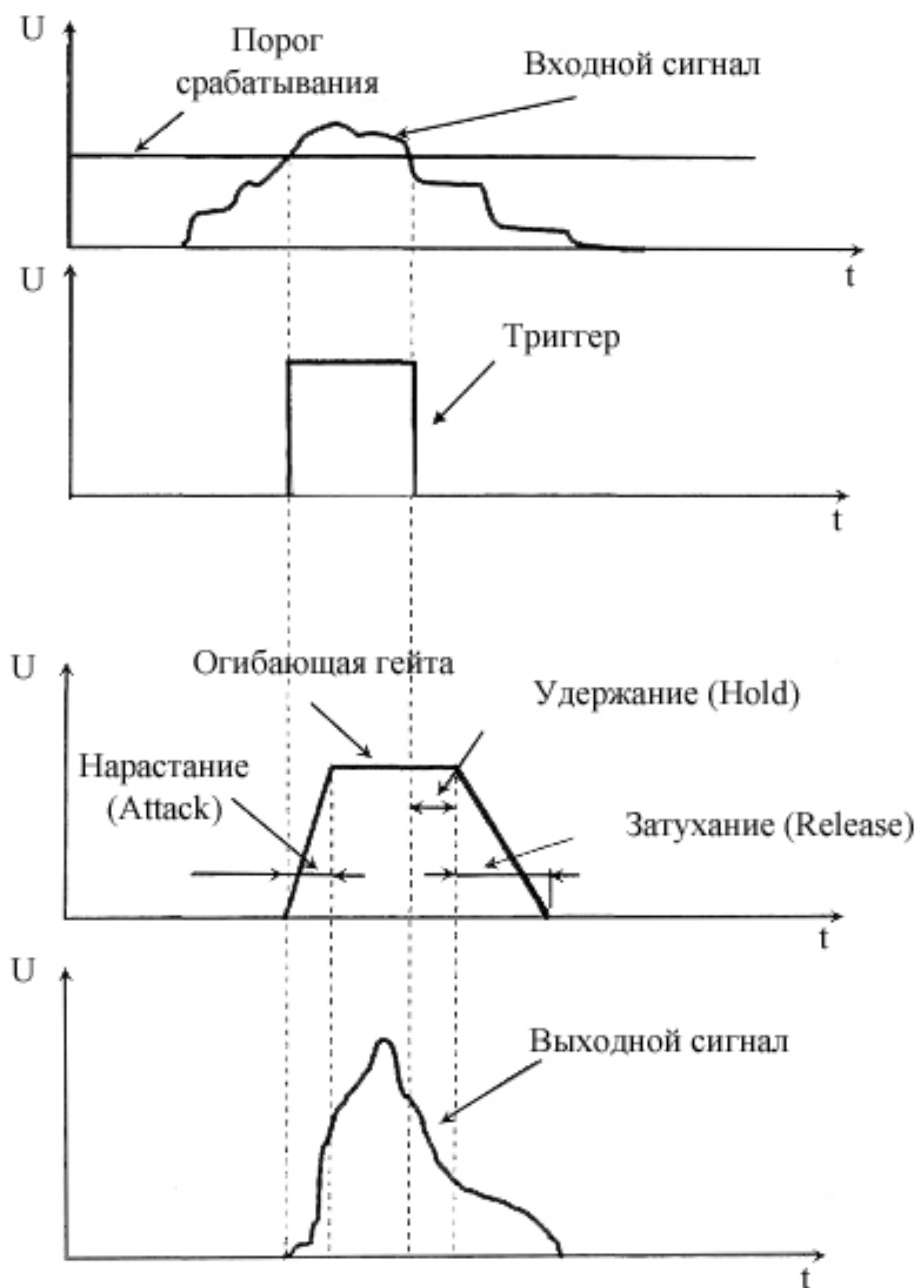


Рис. 6.4. Диаграмма работы гейт

6.2. Частотная обработка звуковых сигналов

6.2.1. Назначение и основные типы устройств частотной обработки

Для изменения спектра звуковых сигналов путем регулирования АЧХ трактов используют различные устройства, создающие спады или подъемы АЧХ в области нижних и верхних частот или в ограниченных участках на средних частотах. К числу этих устройств относятся:

- регуляторы плавного подъема и спада АЧХ на нижних и верхних частотах;
- фильтры, резко ограничивающие полосу пропускания по нижним и верхним частотам (так называемые, обрезные фильтры);
- фильтры «присутствия» (презенс-фильтры);
- многополосные регуляторы АЧХ, называемые эквалайзерами (от англ. слова equaliser – корректор, выравниватель).

Основными целями регулирования спектра являются:

- придание большей выразительности звучанию певческих голосов и музыкальных инструментов;
- уменьшение заметности некоторых недостатков речи (неприятного тембра, шепелявости; посвистывания);
- создание некоторого подобия певческой форманты;
- создание различных звуковых эффектов, например имитации звучания речи по телефону, по радио, через рупор;
- имитация акустической обстановки передаваемых сцен;
- получение новых, необычных тембров;
- исправление нарушений частотного баланса, возникающего при воспроизведении сигналов с повышенной или пониженной по сравнению с исходной громкостью;
- подчёркивание характерной особенности звучания инструментов и их выделение на фоне массивированной оркестровки;
- ослабление влияния помех (шумов) при реставрации старых фонограмм, записанных механическим, оптическим или магнитным способом, и при записи в неудовлетворительных акустических условиях.

6.2.2. Фильтры плавного подъема и спада АЧХ

Фильтры плавного подъема и спада АЧХ позволяют звукорежиссеру изменять в широких пределах спектральные характеристики отдельных источников в области нижних и верхних частот звукового диапазона (рис. 6.5).

Подъемы и спады АЧХ осуществляются обычно в пределах $\pm(15+24)$ дБ плавно или ступенями по $3\div 6$ дБ; частоты среза ФВЧ – 60, 120, 250 Гц, ФНЧ – 12, 10, 8, 5, 3 кГц, крутизна спада – не менее 12 дБ/окт. Указанные пределы регулирования позволяют получить естественное звучание при акустических дефектах студии, несовершенстве микрофонов или неудачном их расположении.

С помощью таких фильтров можно подчеркнуть характерные оттенки исполнителей, изменить в значительной степени характер звучания, чтобы придать ему новизну и оригинальность.

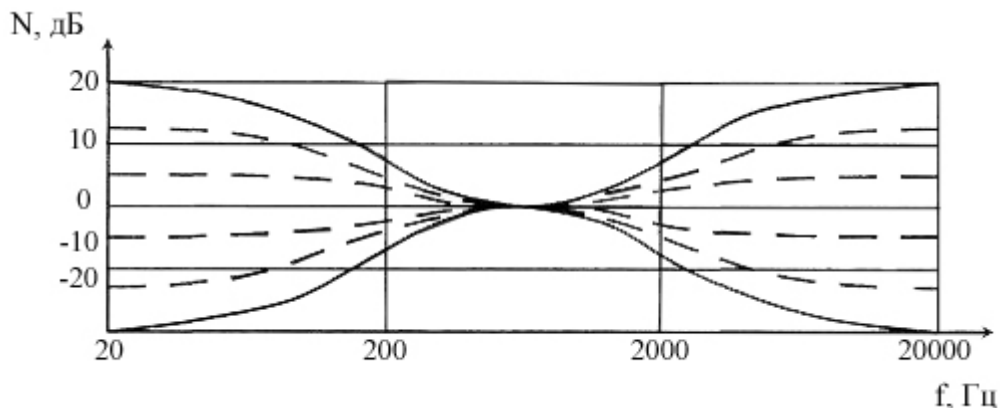


Рис. 6.5. Частотные характеристики фильтров плавного подъема и спада

6.2.3. Фильтры среза (обрезные фильтры)

С помощью фильтров среза (рис. 6.6) можно создавать такие звуковые эффекты, как:

- «разговор по телефону»;
- «передача по радио»; и др.
- Чаще всего эти фильтры используют:
- для ослабления низкочастотного фона (от освещения, блоков питания);
- для ослабления высокочастотного шума магнитной ленты;
- для ослабления НЧ и ВЧ помех при студийных записях и реставрации старых фонограмм.

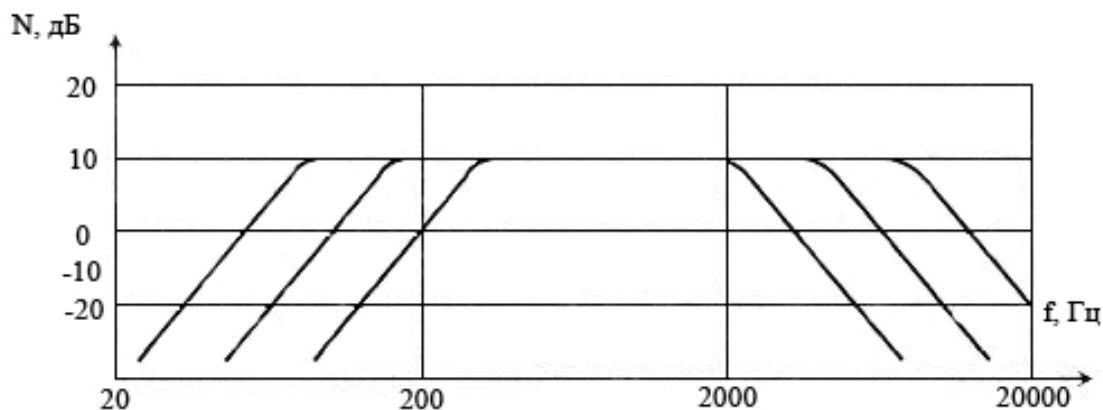


Рис. 6.6. Частотные характеристики фильтров среза

6.2.4. Фильтры присутствия («презенс»-фильтры)

Фильтры присутствия обеспечивают эффект кажущегося присутствия слушателей около исполнителя или исполнителя около слушателя. Эти фильтры позволяют подчеркнуть область средних частот, где расположены певческие и инструментальные форманты, что делает звучание певцов-солистов или отдельных инструментов более сочным и ярким, как бы выделенным из общей звуковой картины и приближенной к слушателю.

Фильтры присутствия позволяют выделять относительно узкие участки спектра в диапазоне частот 700–4000 Гц (рис. 6.7).

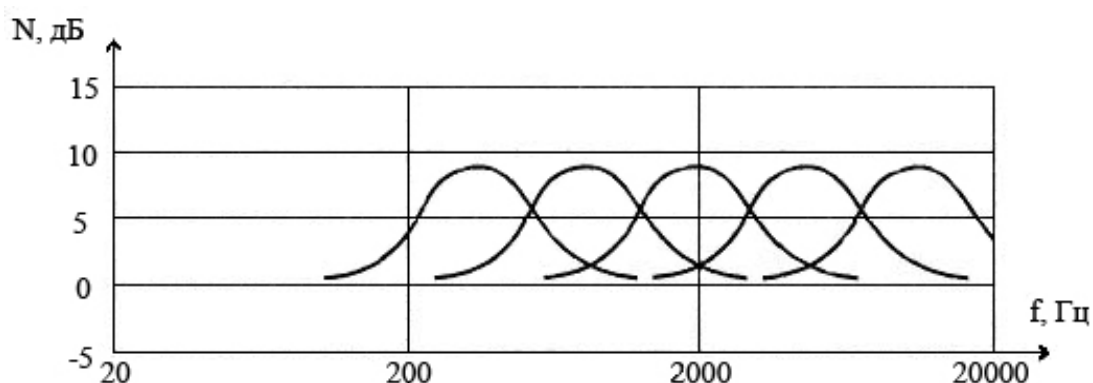


Рис. 6.7. Частотные характеристики фильтров присутствия

6.2.5. Эквалайзеры

Эквалайзеры, с которыми можно встретиться на практике, отличаются большим разнообразием – от простейших НЧ-и ВЧ-регуляторов до сложнейших параметрических устройств. Причем все эти типы эквалайзеров могут быть изготовлены по двум различающимся между собой принципам построения: по последовательной или параллельной схеме.

По мере развития радиоэлектроники вообще и звукотехники, в частности, стали создаваться и все более сложные регуляторы тембра. Сначала появились регуляторы, обеспечивающие возможность регулирования тембра на нескольких фиксированных частотах были собраны на LC-контурах, и в силу этого были громоздки и дороги, и только немногие могли позволить себе такую технику.

Положение изменилось с широким распространением транзисторов и микросхем. Развитие схмотехники позволило создать электронные аналоги катушек индуктивности с электронным управлением величиной индуктивности. Широкое применение нашли всем известные графические и параметрические эквалайзеры и их разновидности, в том числе упрощенные: полупараметрические, фильтры присутствия, и пр.

Графический эквалайзер – это многодиапазонный корректор АЧХ электрических звуковых сигналов. Границы полного диапазона частот, в котором осуществляется коррекция АЧХ, определяются диапазоном частот, воспринимаемым слухом человека. Нижней границей этого диапазона являются звуковые колебания с частотой около 20 Гц, а верхней – около 20 кГц. Органы управления выполняются в виде движковых регуляторов, благодаря чему положение их ручек как бы отображает АЧХ устройства в графическом виде, откуда и произошло само это название. Частоты, на которых осуществляется регулирование в графических эквалайзерах, унифицированы, и выбираются из ряда стандартных частот, которые перекрывают весь звуковой диапазон, и отстоят друг от друга на некоторый постоянный интервал. Этот интервал может составлять октаву, ее половину, или треть, т.е. средние частоты соседних по частоте фильтров будут различаться в 2, $\sqrt{2}$ и $\sqrt[3]{2}$ раз.

В **параметрическом эквалайзере** для каждой полосы осуществляется независимая друг от друга установка всех параметров (отсюда и название «параметрический»): центральной частоты регулирования, ширины полосы регулирования Width, или обратной ей величины – добротности Q и величины подъема/завала АЧХ. Иногда эти эквалайзеры еще называются эквалайзерами типа bell, это название соответствует виду АЧХ. Для регулятора типа bell (от английского bell колокол) АЧХ имеет действительно колоколообразную форму с максимальной глубиной регулирования на основной частоте его настройки, и плавно уменьшающейся по мере удаления от нее.

Особняком стоит тип эквалайзеров, называемых **параграфическими**. По своей сути это гибрид из ПАРАметрического и ГРАФического эквалайзеров, отчего и произошло это необычное название. Параграфический эквалайзер – это фактически многополосный параметрический, но имеющий конструктивное исполнение регуляторов подъема/спада АЧХ как у графического, с потенциометрами в виде движков (слайдеров). У большинства параграфических эквалайзеров, однако, отсутствует возможность переключения типа Bell/Shelf в отличие от параметрических. Но благодаря своим огромным возможностям, они позволяют получать практически любые виды АЧХ. Из-за своей сложности они весьма дороги, и в силу этого имеют относительно небольшое распространение.

6.3. Устройства пространственной обработки

В данном разделе рассмотрим устройства для создания искусственной реверберации. В своем развитии системы искусственной реверберации прошли длинный и непростой путь. Исторически первыми

искусственными ревербераторами, были появившиеся в 30 годы эхо-камеры. Эхо-камера – помещение с хорошо отражающими звук преградами. Линейные размеры – несколько метров, объем – от 120 до 300 м³. При меньшем объеме становится заметной дискретность спектра собственных (резонансных) частот камеры на нижних частотах. Чтобы ослабить влияние собственных (резонансных) частот и стоячих волн на процесс реверберации, стены, пол и потолок камеры строят непараллельными. Воздушный объем камеры возбуждают громкоговорителем, на который подают исходный сигнал (рис. 6.8).

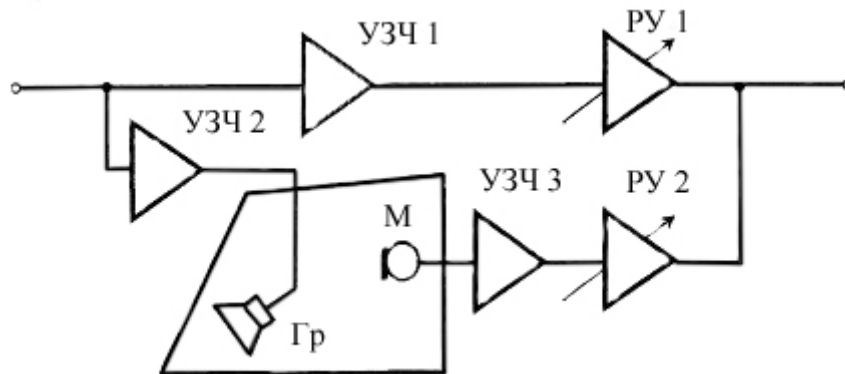


Рис. 6.8. Принцип работы эхо-камеры

Из всех аналоговых устройств искусственной реверберации реверберационная камера создает наиболее естественное звучание, так как в ней не имитируется, а реально осуществляется реверберационный процесс. Недостатки реверберационной камеры – громоздкость, большая стоимость и невозможность изменения параметров.

Первые чисто электронные ревербераторы использовали тракт записи-воспроизведения магнитофонов со сквозным каналом. Сигнал, снятый с выхода усилителя воспроизведения, подавался назад, на вход усилителя записи. Регулируя его уровень, можно было менять время затухания получаемого отзвука, т.е. как бы время реверберации. Конечно, в системах с одной головкой воспроизведения получалась не настоящая реверберация, а просто ряд затухающих повторений исходного сигнала, т.е. обычное эхо. На самом деле – это устройство для создания эхо, или как принято его называть «дилэй» (от английского Delay – задержка).

6.4. Методы и устройства для создания специальных звуковых эффектов

6.4.1. Эффект дилэй (Delay/Echo)

Необходимость в этом эффекте возникла с появлением стереофонии. Сама природа слухового аппарата человека предполагает в большинстве ситуаций поступление в мозг двух звуковых сигналов, отличающихся

временем прихода. Если источник звука находится «перед глазами», на перпендикуляре, проведенном к линии, проходящей через уши, то прямой звук от источника достигает обеих ушей в одно и то же время. Во всех остальных случаях расстояния от источника до ушей различны, поэтому либо одно, либо другое ухо воспринимает звук первым.

Дилэй применяется, прежде всего, в том случае, когда запись голоса или акустического музыкального инструмента, выполненную с помощью единственного микрофона, встраивают в стереофоническую композицию. Но дилэй может применяться и для получения эффекта однократного повторения каких-либо звуков. Какая именно задержка должна быть выбрана? Ответ на этот вопрос определяется несколькими факторами. Прежде всего, следует руководствоваться эстетическими критериями, художественной целью и здравым смыслом.

На рис. 6.9 изображена схема работы простейшего дилэя. Сигнал, идущий по звуковому тракту разделяется на две части. Первая часть проходит без каких-либо помех, а вторая поступает на дополнительный контур и задерживается там (как правило, в современных приборах время задержки регулируется в пределах от 50 мс до 5 с). После этого задержанный сигнал микшируется с основным, чаще всего с немного уменьшенным уровнем. Получается эффект однократного эхо.

Для получения многократного эхо включается обратная связь, в результате чего сигнал начинает как бы двигаться по кольцу, накладываясь на основной сигнал много раз. Это приводит к появлению эффекта, который моментально «раздвигает» звуковое пространство и создает ощущение, что музыкальный инструмент находится в большом горном каньоне.

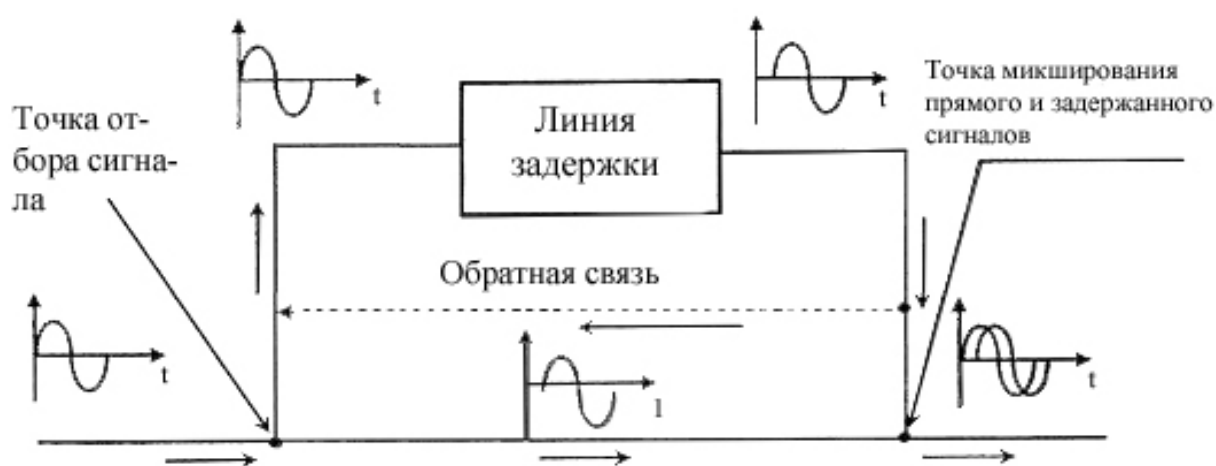


Рис. 6.9. Схема работы эффекта задержки

6.4.2. Эффект хорус (Chorus)

Хорус проявляется как эффект исполнения одного и того же звука или всей партии не одним инструментом или певцом, а несколькими. Искусственно выполненный эффект является моделью звучания настоящего хора. В том, что хоровое пение или одновременное звучание нескольких музыкальных инструментов украшает и оживляет музыкальное произведение, сомнений, вероятно, нет ни у кого.

Существует множество разновидностей алгоритмов хоруса. Но все они имеют общие элементы:

- исходный сигнал разделяется на два или несколько каналов;
- в каждом из каналов спектр сигнала сдвигают по частоте на определенную для каждого канала величину (частотные сдвиги при этом составляют лишь доли герца);
- сигналы, полученные таким способом, складывают.

В итоге получается сигнал, в котором звуковые волны как бы «плывут» с разными скоростями. Один раз за время, пропорциональное произведению периодов колебаний разностных частот, сигналы складываются в фазе, и образуется «девятый вал» – максимум огибающей звуковых колебаний; один раз за это же время каналные сигналы складываются в противофазе, и получается «впадина между волнами» – минимум огибающей. В итоге образуется сигнал, спектр которого непрерывно изменяется, причем период полного цикла этого изменения столь велик, что повторяемость спектральных свойств сигнала не ощущается.

Хорус настолько украшает звучание инструментов, что ныне стал одним из эффектов, имеющихся практически в каждом синтезаторе и многих звуковых картах. Так, например, цифровой сигнальный процессор одной из лучших звуковых карт-синтезаторов Yamaha SW60XG обеспечивает более десятка вариантов хоруса.

6.4.3. Эффекты флэнжер (Flanger), фэйзер (Phaser) и вау-вау (Wah-Wah)

В основу звуковых эффектов **флэнжер (Flanger)** и **фэйзер (Phaser)** также положена задержка сигнала. Рассмотрим вначале, в чем заключается отличие этих эффектов от дилэя.

Как мы уже отмечали, дилэй имитирует эффект неодновременного восприятия мозгом человека звуковых сигналов, поступающих в уши. Эффект повторного звучания может быть вызван и распространением звука от источника к приемнику различными путями (например, звук может приходиться, во-первых, напрямую и, во-вторых, отразившись от препятствия, находящегося чуть в стороне от прямого пути). И в том, и в другом случаях время задержки остается постоянным. В реальной жизни

этому соответствует ситуация, когда источник звука, приемник звука и отражающие предметы неподвижны относительно друг друга. При этом частота звука не изменяется, каким бы путем и в какое бы ухо он не приходил.

Если же какой-либо из трех элементов подвижен, то частота принимаемого звука не может оставаться той же, что и частота звука переданного. Это есть не что иное, как проявление того самого эффекта Доплера, который в школьных учебниках традиционно поясняется на примере изменения высоты звучания гудка движущегося паровоза.

Итак, реальные музыкальные звуки при распространении претерпевают не только расщепление на несколько волн и различную (для каждой из них) задержку, но и неодинаковое для различных спектральных составляющих изменение частот.

И флэнжер, и фэйзер имитируют (каждый по-своему) проявления взаимного перемещения упомянутых трех элементов: источника, приемника и отражателя звука. По сути дела, и тот, и другой эффекты представляют собой сочетание задержки звукового сигнала с частотной или фазовой модуляцией. Разница между ними чисто количественная, флэнжер отличается от фэйзера тем, что для первого эффекта время задержки копии (или времена задержек копий) и изменение частот сигнала значительно большее, чем для второго. Образно говоря, флэнжер наблюдался бы в том случае, когда певец мчался бы к зрителю, сидящему в зале, со скоростью автомобиля. А вот для того, чтобы ощутить фэйзер в его, так сказать, первоизданном виде, движущегося источника звука не требуется, зрителю достаточно часто-часто вертеть головой из стороны в сторону.

Эффект вау-вау возникает, когда меняется частота среза фильтра высоких частот (High-pass).

6.4.4. Вокалстрессор

К устройствам звуковых эффектов относится вокалстрессор – сочетание эквалайзера с комбинированным АРУ, содержащим сжиматель, расширитель, ограничитель максимальных уровней. С помощью вокалстрессора подчеркивают голос певца или звучание солирующего инструмента. Этим назначением устройства объясняется его название, означающее в буквальном переводе «подчеркиватель, выделитель пения» (streess в переводе с английского – подчеркивать, выделять, ударять).

6.4.5. Генераторы вибрато

В самом общем смысле суть эффекта вибрато заключается в периодическом изменении одного из параметров звукового колебания:

амплитуды, частоты или фазы. Изменение (колебание) параметра происходит с очень малой частотой – единицы герц. Различают амплитудное, частотное и фазовое вибрато. В любом случае результатом является обогащение спектра исходного колебания.

Амплитудное вибрато. Амплитудную модуляцию называют еще *амплитудным вибрато*, или *тремоло*. На слух она воспринимается как замирание или дрожание звука.

Частотное вибрато. Суть частотного вибрато заключается в периодическом изменении частоты звукового колебания. В электронной музыке частотное вибрато получило широкое распространение лишь после создания электронных музыкальных инструментов.

6.4.6. Эксайтер (Exciter)

С момента своего появления эксайтер был и остается самым популярным в мире психоакустическим процессором. Можно сказать, что с него собственно, и началась эра психоакустических процессоров. Сейчас нет ни одной уважающей себя фирмы, которая не выпускала бы как минимум одной модели эксайтера.

Применение эксайтера придает прозрачность и четкость любому звучанию, при его включении звук как бы «раскрывается». Значительно улучшаются проработка и восприятие мельчайших деталей и нюансов звукового сигнала, звук становится живым и естественным. Вокал после обработки его эксайтером приобретает повышенную четкость и полётность, ударные инструменты начинают звучать лучше, чем «живые».

6.4.7. Энхансер (Enhancer)

Энхансер один из самых первых психоакустических процессоров. Выпускался (и выпускается поныне) он весьма многими фирмами. В нашей стране этот класс устройств, видимо, стал известен по аппаратуре фирмы Alesis. Он позволяет в ряде случаев сделать звучание несколько более четким и звонким. Особенно хорош энхансер для обработки отдельных звуков, преимущественно с малым временем звуковой атаки.

По сути, энхансер – это гейт (или экспандер – как вам больше нравится), но работающий только в высокочастотной области спектра звуковых сигналов.

Вопросы по лекции

1. На какие классы можно разделить все устройства динамической обработки звука по характеру взаимосвязи их коэффициента усиления и уровня входного сигнала?
2. Что служит мерой компрессии? Что такое степень компрессии (Ratio)? Нарисуйте амплитудные характеристики компрессора.

3. Какими параметрами определяются динамические (временные) характеристики компрессоров?
4. Нарисуйте функциональную схему компрессора.
5. На какие две большие группы можно разделить все компрессоры по характеру реакции на входной сигнал?
6. Чем лимитирование отличается от компрессирования?
7. Какие недостатки звукового сигнала убирают де-эссер и де-поппер?
8. Что такое экспандер?
9. К каким устройствам относится гейт?
10. Нарисуйте частотные характеристики фильтров плавного подъема и спада.
11. Какие звуковые эффекты можно создавать с помощью фильтров среза?
12. Какой эффект обеспечивают фильтры присутствия («презенс»-фильтры)?
13. По каким двум различным принципам построения могут быть изготовлены эквалайзеры?
14. Нарисуйте способы построения эквалайзеров.
15. Что представляет из себя графический эквалайзер? Каковы границы диапазона частот графического эквалайзера?
16. В каком виде выполняются органы управления графического эквалайзера?
17. Установка каких независимых для каждой полосы параметров осуществляется в параметрическом эквалайзере?
18. Что такое параграфический эквалайзер?
19. Дайте определение реверберации. Чем реверберация отличается от дилэй?
20. Нарисуйте принцип работы эхо-камеры.
21. Что такое эхо-камера? Каковы ее линейные размеры? Для чего стены, пол и потолок камеры строят непараллельными?
22. В каком случае применяется эффект дилэй (Delay/Echo)?
23. Как проявляется эффект хорус (Chorus)?
24. Что положено в основу звуковых эффектов флэнжер (Flanger) и фэйзер (Phaser) и в чем их разница?
25. Что такое вокалстрессор? Каковы его возможности?
26. В чем заключается суть эффекта вибрато? Какие бывают типы вибрато?
27. Как называется самый популярный в мире психоакустический процессор?

Лекция 7. РАБОТА С ВИДЕО

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕЛЕВИДЕНИИ

7.1. Телевизионные системы [1]

Во времена вражды в 50–60-е годы прошлого века правительства стран соседей старались всячески оградить свое население от «тлетворного» влияния, глуша радиопередачи и делая невозможным прием телевидения из-за границы. Многие преуспели в этом, придумав собственные стандарты, несовместимые с принятыми в других странах. Сыграла свою роль и коммерция – никто ведь не хочет, чтобы его фильмы бесплатно смотрели миллионы зрителей другого государства. Так и появилось множество разноликих стандартов – сначала черно-белого, а затем уже цветного телевидения (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Стандарты телевидения

До середины 60-х годов XX века наши специалисты в области телевидения в основном ориентировались на американский стандарт NTSC, вещание в котором началось в США еще в 1953 году. Но даже в богатой Америке цветные телевизоры с трудом находили дорогу в дома зрителей. Стоили они довольно дорого, но не это главное – краски на экранах были далеки от реальности.

Дело в том, что стандарт NTSC обеспечивает высокую четкость по цвету, но крайне привередлив к качеству канала передачи.

Пробные передачи в стандарте NTSC в начале 60-х лет велись и у нас в Москве, телевизионная промышленность готовилась сделать родной стране и партии трудовой подарок к очередному съезду или же к празднику.

Но при наших масштабах – от Москвы до Владивостока – затраты на модернизацию линий связи могли превысить текущие финансовые возможности в стране.

Но тут наступил 1965 год, и президент Франции Де Голь захотел вдруг выйти из НАТО. Советское руководство пришло от этого в восторг и решило сделать ряд встречных шагов по сближению. И во время одного из визитов на высшем уровне, без каких бы то ни было консультаций со специалистами, наши заявили о принятии французского стандарта SECAM.

После этого министру связи оставалось ответить «Есть!» и запросить деньги на технологию и оборудование из Франции. Так в СССР и в «братских странах социалистического лагеря» появилась система, несовместимая с общепринятой в большинстве стран Западной Европы.

Немцы, долгие годы наблюдавшие со стороны за мучениями американцев с их системой NTSC, тоже не дремали. В 1963 году Вальтер Брух из компании Telefunken продемонстрировал систему PAL, в которой цветовая информация передавалась дважды в двух соседних строках, но в противофазе. За счет усреднения сигналов удавалось почти полностью подавить характерные цветовые искажения. Конечно, четкость в цвете при этом снижалась вдвое, однако на глаз это было практически незаметно. По существу, PAL – это усовершенствованная NTSC, только для ее реализации требуется прецизионная линия задержки сигнала на одну строку. Сегодня это наиболее распространенная система цветного телевидения, которую использует около ста стран Западной Европы, Азии и Африки. Даже некоторые наши бывшие соседи по соцлагерю, Польша, к примеру, полностью перешли на PAL и влились в европейское сообщество.

Надо также заметить, что ограниченность зоны вещания – это одна из объективных причин появления на свет множества несовместимых стандартов.

Сепаратный SECAM. Франция всегда шла своим особым путем и при появлении цветного телевидения вспомнила об изобретении инженера Анри де Франса. Еще в 1954 году он создал систему, свободную от недостатков американской. SECAM в переводе с французского означает «поочередная передача цветов и память», и в полном соответствии с этим в ней в разных строках поочередно передаются красный и синий сигналы, а в приемнике для восстановления недостающей информации имеется линия задержки (память)

на одну строку. Но самое главное, что для передачи сигналов цветности в ней используются частотная модуляция, делающая ее нечувствительной к помехам и искажениям в каналах связи. Как и PAL, SECAM снижает цветовую четкость в два раза по сравнению с NTSC.

После заключения политического соглашения в 1965 году система еще пару лет дорабатывалась совместно специалистами Франции и СССР, и после ряда модификаций она наконец-то была принята для вещания одновременно у нас и во Франции.

За прошедшие годы с момента принятия SECAM в нашей стране много раз возникали споры: стоило ли равняться на французов и не сменить ли нам стандарт на более распространенный PAL. Сейчас, в связи с интенсивным переходом к цифровым технологиям эти споры поутихли – «цифра» гарантирует не только полную совместимость всех телевизоров нового поколения, но и гораздо более высокую четкость, стабильность и качество цветов картинки. В таблице 7.1 приведены сравнительные характеристики телевизионных систем.

Таблица 7.1
Разновидности видеосигналов телевизионных систем

Тип системы	NTSC	PAL	SECAM
Вертикальная частота развертки, Гц	60	50	50
Горизонтальная частота развертки, кГц	15.374	15.625	15.625
Число строк в кадре	525	625	625
Число видимых (активных) строк в кадре	480	576	576
Тип модуляции цветовой поднесущей	Амплитудная	Амплитудная	Частотная

В настоящее время все телестудии США в массовом порядке переходят на цифровой стандарт ATSC (Advanced Television Systems Committee). В Европе внедряется наземное цифровое телевидение в стандарте DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial), а спутниковое у них уже давно почти все цифровое. Япония разработала свой стандарт ISBD (Integrated Services Digital Broadcasting), который, однако, является модификацией европейского стандарта. Таким образом, в мире налицо период совместного существования аналогового и цифрового наземного ТВ. Даже у нас в России ведутся передачи в стандарте DVB-T, а многие сотни тысяч домов оснащены тарелками и цифровыми ресиверами для

приема передач со спутников. Более того, цифровое телевидение сегодня приходит в дома жителей крупных городов по кабелю.

Так что «лучше цифр могут быть только цифры», но с еще более высоким разрешением.

В России принят стандарт SECAM D/K (первая буква относится к диапазону метровых волн, вторая – дециметровых), во Франции – SECAM E/L, Монако – SECAM C/L, Иране – SECAM B, Германии – PAL B/G, Англии – PAL A/I, Бельгии – PAL B/H, Бразилии – PAL M/M, Китае – PAL D/K, в США, Японии и Тайване – NTSC M/M.

7.2. Форматы представления видеосигнала

Низкочастотный телевизионный видеосигнал является композитным, т.е. представляет собой результат сложения яркостного сигнала Y , двух цветковых поднесущих, модулированных сигналами цветности U и V , а также синхроимпульсов, причем частоты цветоразностных сигналов лежат в пределах полосы спектра яркостного сигнала.

В бытовых устройствах ограничиваются более простыми полосовыми фильтрами, заметно снижающими четкость изображений. Так в видеомагнитофонах и камерах классов VHS (Video Home System) и Video-8 используются только композитные видеосигналы, при этом разрешение ограничено 240 телевизионными строками.

Следующим шагом к повышению качества является переход к **компонентному** сигналу YUV . Он используется в профессиональной аппаратуре класса Betacam и обеспечивает разрешение до 500 строк.

И, наконец, последним в этой череде является RGB-представление, при котором отсутствуют какое-либо кодирование и модуляция, и осуществляется наиболее простая и точная передача сигнала. Подобное представление реально используется только в высокоточной научной измерительной аппаратуре.

За последние несколько лет появилось большое число различных цифровых форматов представления видеосигнала. Аппаратура, работающая в этих форматах, выпускается рядом фирм – законодателей мод в видеотехнике, такими как Sony, Panasonic, JVC и т. д. Такая аппаратура стала появляться и на нашем рынке, хотя пока она слишком дорога для «российского» уровня, особенно для бытового.

7.3. Цифровое представление телевизионного сигнала

По своей массе и производственным мощностям аналоговая вещательная аппаратура все еще преобладает, но очень быстро сдает одну позицию за другой. Как и ожидалось, переход к цифровым вещательным комплексам осуществляется, главным образом, за счет поэтапного

встраивания цифрового оборудования в аналоговое окружение. Процесс этот идет повсеместно, но в разных странах темпы перехода различны. В наиболее развитых странах уже сейчас можно говорить о преобладании цифровой аппаратуры, в некоторых она просто отсутствует. Россию в этом плане, пожалуй, следует отнести к слаборазвитым странам. Тем не менее, дело сдвинуто с мертвой точки и идет с впечатляющим ускорением.

Появление цифровой видеозаписи означало не просто значительное улучшение параметров. Эффект накопления искажений, присущий всем аналоговым системам, например, ограничивает предельно допустимое число перезаписей, которые могут быть сделаны на аналоговом магнитофоне. Так, например, перезапись на магнитофонах формата VHS, без потери качества в пределах нормы, не допускается вообще, формат S-VHS допускает одну-две перезаписи, а Betacam SP три-четыре. А вот цифровые системы практически свободны от эффекта накопления искажений. А это уже не просто количественное улучшение. Можно сказать, что предельно допустимое количество перезаписей уже практически не ограничивает возможности создателей телевизионных программ.

Появление цифровой видеозаписи ознаменовало начало кардинальных изменений в технологии производства телевизионных программ. Но цифровая техника порождает и проблемы. Полоса частот цифровых сигналов значительно шире полосы их аналоговых предшественников. Например, полоса частот, занимаемая телевизионным видеосигналом в цифровой форме, составляет сотни мегагерц.

При плотностях записи информации, которые приходится использовать, например, в цифровых видеомагнитофонах, ошибки при воспроизведении просто неизбежны. Поэтому сам факт преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму не гарантирует высокого качества.

Принципиальный способ решения проблем передачи и записи с высокой степенью помехозащищенности был обоснован Шенноном. Он заключается в кодировании сигнала. К системам кодирования в цифровой видеотехнике предъявляются весьма многочисленные и часто противоречивые требования. Поэтому на практике кодирование всегда выполняется в несколько приемов.

Принято выделять следующие основные виды кодирования:

- кодирования источника информации с целью преобразования сигнала в цифровую форму и его экономное представление путем сжатия или, как часто говорят, компрессии;
- кодирования с целью обнаружения и исправления ошибок;
- канального кодирования с целью согласования параметров цифрового сигнала со свойствами канала связи и обеспечения самосинхронизации.

7.3.1. Аналого-цифровое преобразование видеосигналов

Итак, для преобразования любого аналогового сигнала (звука, изображения) в цифровую форму необходимо выполнить три основные операции: дискретизацию, квантование и кодирование.

Дискретизация – представление непрерывного аналогового сигнала последовательностью его значений (отсчетов). Эти отсчеты берутся в моменты времени, отделенные друг от друга интервалом, который называется интервалом дискретизации. Величину, обратную интервалу между отсчетами, называют частотой дискретизации.

На рис. 7.2. показаны исходный аналоговый сигнал и его дискретизированная версия. Картинки, приведенные под временными диаграммами, получены в предположении, что сигналы являются видеосигналами одной строки, одинаковыми для всего телевизионного раstra.

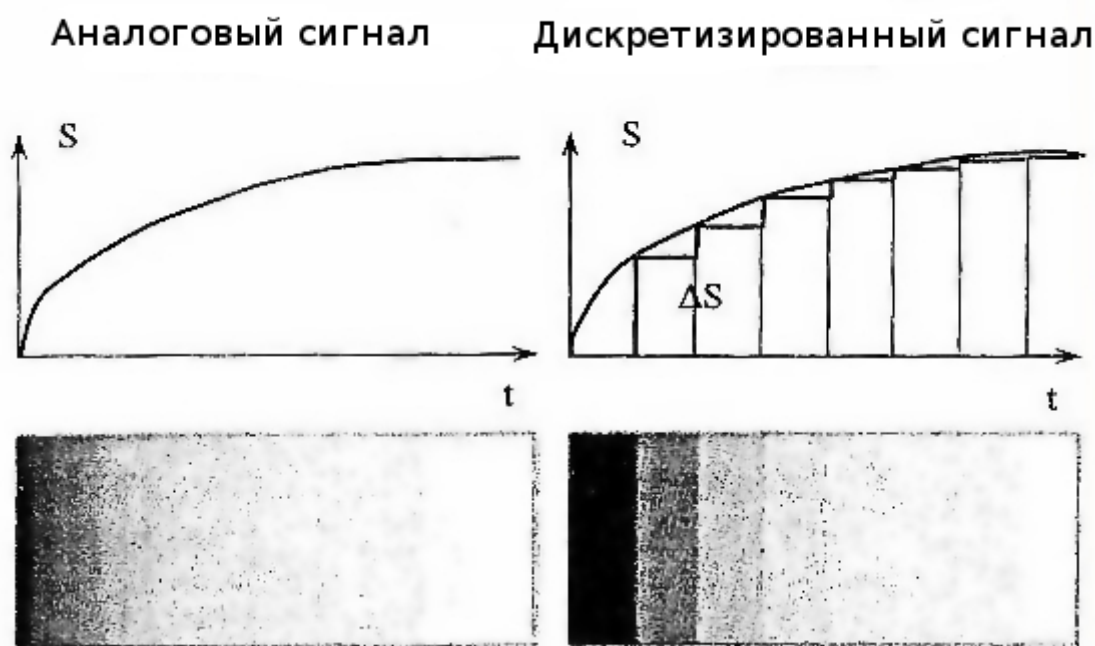


Рис. 7.2. Процесс дискретизации аналогового сигнала

Понятно, что чем меньше интервал дискретизации и, соответственно, выше частота дискретизации, тем меньше различия между исходным сигналом и его дискретизированной копией. Ступенчатая структура дискретизированного сигнала может быть сглажена с помощью фильтра нижних частот. Таким образом и осуществляется восстановление аналогового сигнала из дискретизированного. Но восстановление будет точным только в том случае, если частота дискретизации по крайней мере в 2 раза

превышает ширину полосы частот исходного аналогового сигнала (это условие определяется известной теоремой Котельникова). Если это условие не выполняется, то дискретизация сопровождается необратимыми искажениями.

2. Квантование представляет собой замену текущей величины отсчета сигнала ближайшим значением из набора фиксированных величин – уровней квантования. Другими словами, квантование – это округление величины отсчета. Уровни квантования делят весь диапазон возможного изменения значений сигнала на конечное число интервалов – шагов квантования. Расположение уровней квантования обусловлено шкалой квантования. Используются как равномерные, так и неравномерные шкалы.

На рис. 7.3 показаны исходный аналоговый сигнал и его квантованная версия, полученная с использованием равномерной шкалы квантования, а также соответствующие сигналам изображения.

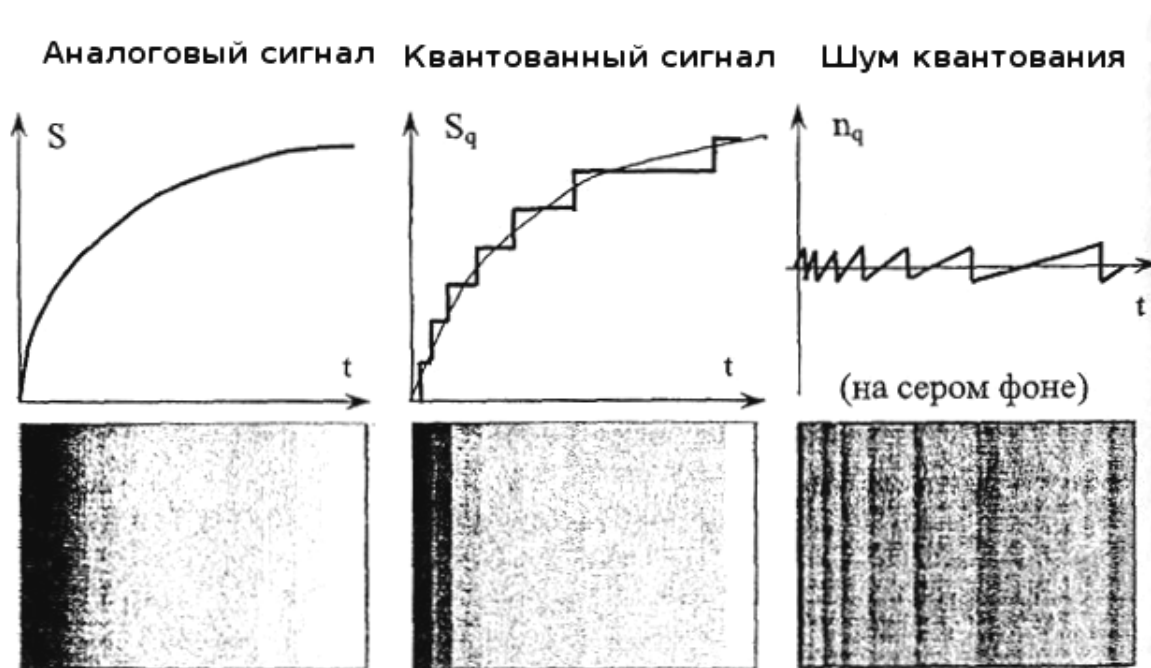


Рис. 7.3. Процесс квантования

Искажения сигнала, возникающие в процессе квантования, называют шумом квантования. При аппаратной оценке шума вычисляют разность между исходным сигналом и его квантованной копией, а в качестве объективных показателей шума принимают, например, среднеквадратичное значение этой разности. Временная диаграмма и изображение шума квантования также показаны на рис. 7.3 (изображение шума квантования показано на сером фоне). В отличие от флуктуационных шумов шум квантования коррелирован с сигналом, поэтому шум квантования не может быть устранен последующей

фильтрацией. Шум квантования убывает с увеличением числа уровней квантования.

3. Цифровое кодирование. Квантованный сигнал, в отличие от исходного (аналогового), может принимать только конечное число значений. Это позволяет представить его в пределах каждого интервала дискретизации числом, равным порядковому номеру уровня квантования. В свою очередь это число можно выразить комбинацией некоторых знаков или символов. Совокупность знаков (символов) и система правил, при помощи которых данные представляются в виде набора символов, называют кодом. Конечная последовательность кодовых символов называется кодовым словом. Квантованный сигнал можно преобразовать в последовательность кодовых слов. Эта операция и называется **кодированием**. Каждое кодовое слово передается в пределах одного интервала дискретизации. Для кодирования сигналов звука и изображения широко применяют двоичный код.

Кодовые слова можно передавать в параллельной или последовательной формах (рис. 7.4). Для передачи в параллельной форме надо использовать n линий связи (в примере, показанном на рисунке $n = 4$). Символы кодового слова одновременно передаются по линиям в пределах интервала дискретизации.

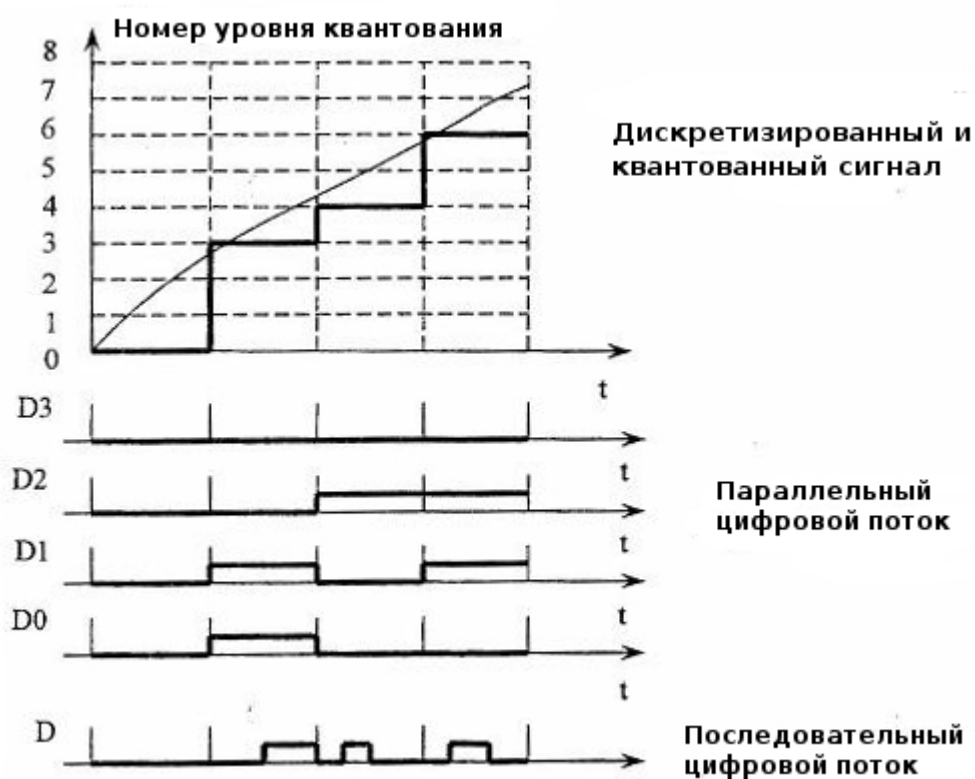


Рис. 7.4. Аналого-цифровое преобразование

7.3.2. Цифровое представление компонентного видеосигнала

Компонентный телевизионный видеосигнал может быть представлен в цифровой форме в соответствии с Рекомендацией ITU-R 601. Эта рекомендация устанавливает правила раздельной дискретизации, квантования и кодирования сигнала яркости **Y** и двух цветоразностных сигналов **R-Y (Cr)** и **B-Y (Cb)**. Частота дискретизации для яркостного сигнала **Y** установлена равной 13,5 МГц, для цветоразностных сигналов – 6,75 МГц, то есть частота дискретизации яркостного сигнала в 2 раза больше частоты дискретизации цветоразностных сигналов. Если взять, как принято, в качестве условной (базовой для иерархии цифровых стандартов) единицы частоту 3,375 МГц, то частоты дискретизации яркостного и двух цветоразностных сигналов будут находиться в соотношении **4:2:2**, которое и дает часто используемое название стандарта.

Существуют и другие форматы представления компонентного сигнала в цифровом виде. Кодирование по стандарту **4:4:4** предполагает использование частоты 13,5 МГц для всех трех компонентов: R, G, B или Y, Cr, Cb (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Кодирование компонентного видеосигнала (4:4:4)

Формат **4:4:4:4** описывает кодирование четырех сигналов (рис. 7.6), три из которых являются компонентами видеосигнала (R, G, B или Y, Cr, Cb), а четвертый (альфа-канал) несет информацию об обработке сигнала, например, о прозрачности изображения переднего плана при наложении нескольких изображений. Дополнительным четвертым сигналом может также быть сигнал яркости **Y**. Частота дискретизации всех сигналов – 13,5 МГц, т.е. все сигналы передаются в полной полосе частот.

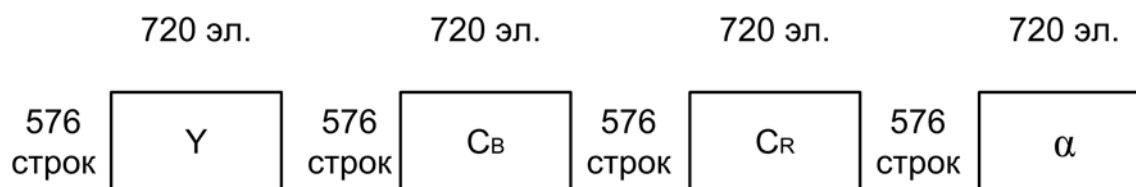


Рис. 7. 6. Кодирование компонентного видеосигнала (4:4:4:4)

7.3.3. Цифровое представление композитного видеосигнала

Композитный сигнал по системам PAL и NTSC дискретизируется с частотой $4f_{sc}$ ¹, равной четвертой гармонике цветовой поднесущей. Рис. 7.7 иллюстрирует дискретизацию и квантование композитного телевизионного видеосигнала (в качестве сигнала показан сигнал цветных полос). В системе NTSC строка содержит 910 отсчетов, из которых 768 образуют активную часть цифровой строки. В системе PAL на интервал аналоговой строки приходится нецелое число отсчетов с частотой $4f_{sc}$. Это обусловлено тем, что в системе PAL помимо четвертьстрочного сдвига используется дополнительный сдвиг частоты поднесущей на частоту кадров (25 Гц).

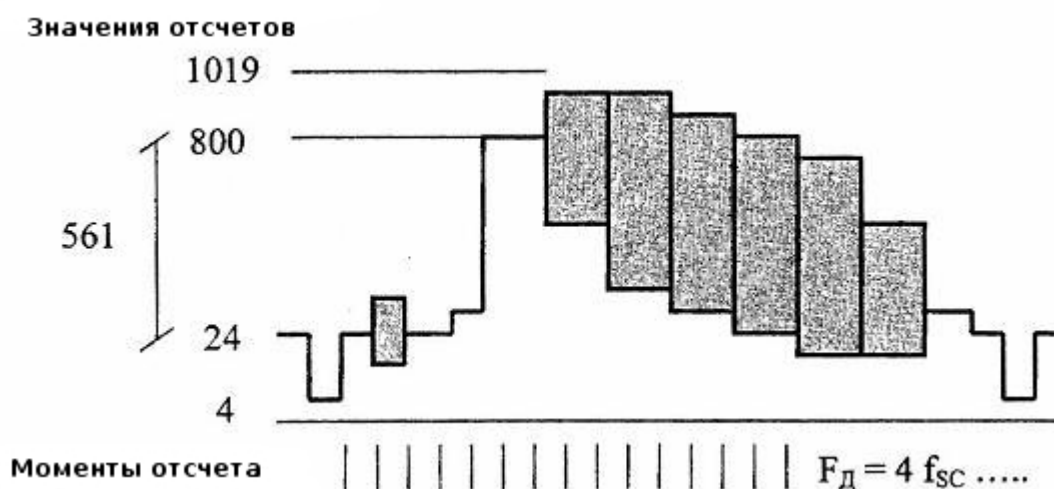


Рис. 7.7. Кодирование композитного видеосигнала

Для сохранения непрерывного цифрового потока отсчетов, следующих с постоянной частотой $4f_{sc}$, в системе PAL длительность цифровой строки принята неравной длительности аналоговой строки. Все строки поля (за исключением двух) содержат по 1135 отсчетов, а две – по 1137. Скорость передачи данных для цифрового сигнала в системе NTSC составляет 143 Мбит/с, а в системе PAL – 177 Мбит/с.

Вопросы по лекции

1. С чем связано появление разноликих стандартов — сначала черно-белого, а затем уже цветного телевидения?
2. Откуда родом 3 основные телевизионные системы?

¹ Частота дискретизации композитного видеосигнала, равная учетверенной частоте цветовой поднесущей*. В PAL $4F_{sc}$ близко к 17,73 МГц, в NTSC к 14,31 МГц.

3. Объясните принцип действия телевизионной системы SECAM.
4. Насколько PAL и SECAM снижают цветовую четкость по сравнению с NTSC?
5. Почему Россия не собирается уходить от SECAMa, несмотря на его недостатки?
6. На какой стандарт сейчас переходят телестудии США?
7. Дайте характеристику композитного видеосигнала.
8. Какие видеосигналы используются в видеомагнитофонах и камерах классов VHS (Video Home System) и Video-8?
9. В какой аппаратуре используется компонентный сигнал YUV и какое разрешение он обеспечивает?
10. Идет ли внедрение цифровых технологий в нашей стране?
11. Что можно сказать о потере качества перезаписи в аналоговых и цифровых системах? Приведите примеры.
12. Какие 3 основные операции надо выполнить для преобразования любого аналогового сигнала (звука, изображения) в цифровую форму?
13. Дайте определение дискретизации. Что такое частота дискретизации?
14. Что такое квантование?
15. Какая операция называется кодированием?
16. Как может быть представлен в цифровой форме компонентный телевизионный видеосигнал?
17. В каком соотношении находятся частоты дискретизации яркостного и двух цветоразностных сигналов?
18. Какие существуют разновидности формата представления компонентного сигнала в цифровом виде?
19. С какой частотой дискретизируется композитный сигнал по системам PAL и NTSC?

Лекция 8. РАБОТА С ВИДЕО

СЖАТИЕ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ. ТЕХНОЛОГИЯ CD- и DVD-ДИСКОВ

8.1. Сжатие видеoinформации. Общие сведения [1]

Основной сложностью при записи цифрового видео и при его передаче по каналам связи является большой объем телевизионного сигнала. Проведем расчет, который покажет, какой же объем будет иметь обычный двухчасовой фильм в разрешении 640x480 с частотой смены кадров 25 Гц. Пусть каждая точка принадлежит стандартной компьютерной палитре RGB из 16 миллионов цветов. $640 \times 480 \times 3 = 900$ кбайт – размер одного кадра, 22500 кбайт – размер одной секунды видео, 154 Гбайт!!! – размер всего фильма. Ясно, что такие огромные объемы информации хранить и передавать очень сложно. Так, если мы хотим поместить фильм из примера на компакт-диск объемом в 650 Мб, то нам понадобятся 243 диска! Поэтому сразу же с появлением цифрового видео остро встал вопрос о компрессии видеоданных. Причем эта компрессия должна быть очень сильной. При том, что звук удастся сжать только раз в 10–20, даже используя самые совершенные алгоритмы.

Осуществить компрессию ТВ-сигнала позволяет присущая ему избыточность. В общем случае большая часть изображения любого ТВ-кадра обычно приходится на участки, имеющие постоянную или мало меняющуюся в пространстве яркость, а резкие световые переходы и детали малых размеров занимают небольшую долю площади изображения. Коэффициент корреляции соседних элементов изображения, описывающий статистическую связь между яркостями этих элементов, близок к 1. Зная яркость одного элемента, можно с высокой степенью вероятности предсказать яркость соседнего. Такого рода избыточность можно назвать пространственной избыточностью изображения.

Изображения соседних кадров в телевидении обычно очень похожи друг на друга, даже при показе движущихся объектов. Эта предсказуемость указывает на временную избыточность изображения.

В телевидении различают статистическую избыточность, избыточность по восприятию, структурную и спектральную избыточность. По теории вероятностей избыточность является следствием определенных корреляционных связей. Корреляция означает, что некоторый элемент изображения более или менее существенно зависит от соседей в пространстве и во времени. Под статистической избыточностью понимают корреляционные связи между соседними (по вертикали и горизонтали) отсчетами ТВ-сигнала. Необходимо подчеркнуть, что

снижение избыточности в этом случае до определенных пределов обратимо.

Избыточность по восприятию связана с особенностями зрения человека. Например, цветовое разрешение нашего зрения ниже яркостного. Эта особенность учтена во всех стандартных аналоговых системах цветового кодирования. В системах вещательного телевидения NTSC, PAL и SECAM цветовое разрешение существенно понижено по отношению к яркостному. То же самое зафиксировано в цифровом стандарте 4:2:2, где, по определению, две цветоразностные компоненты представлены таким же по объему информационным массивом, что и один яркостный сигнал.

Учитывая эту особенность нашего зрения по восприятию мелких деталей цветного изображения, можно в несколько раз сократить полосу частот при передаче и кодировании сигналов цветности.

Спектральная избыточность проявляется как результат излишка высокой частоты дискретизации. В частности, принятая ортогональная структура дискретизации ТВ-изображения в общем случае не является оптимальной в частотном пространстве. Можно сократить передаваемый цифровой поток, если преобразовать используемую структуру дискретизации в другую, которая характеризуется меньшим числом отсчетов в кадре, например, от формата 4:2:2 перейти к формату 4:2:0 или 4:2:1.

Избыточность телевизионного сигнала положена в основу разработки методов MPEG-сжатия.

8.2. Технология CD- и DVD- дисков

Появление в 1980 году компакт-диска (Compact Disc, CD) стало значительным событием в цифровой технологии. Он был разработан фирмами Sony и Philips для решения некоторых проблем, возникающих при использовании аналоговых носителей.

8.2.1. Технология компакт-дисков

Знание физической стороны дела технологии записи компакт-дисков может помочь при возникновении нестандартных ситуаций и позволит выбрать верные условия, например, для долгосрочного хранения этих носителей.

Итак, что же представляет собой компакт-диск? Обычно компакт-диск, изготовленный на заводе, состоит из четырёх слоев (рис. 8.1):

1. основного (базового);
2. отражающего;
3. защитного;
4. декоративного.

Основной слой изготавливается обычно из поликарбоната, и на него приходится практически вся толщина компакт-диска.

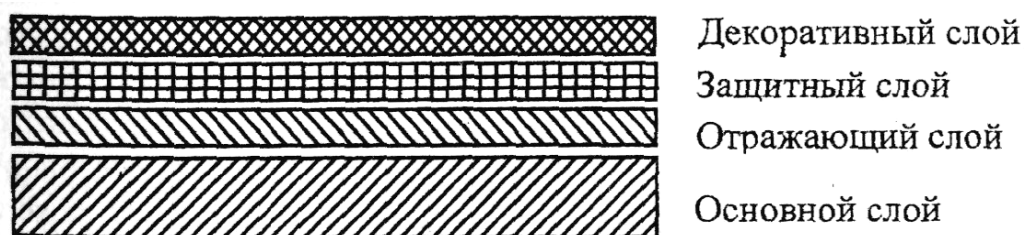


Рис. 8.1. Структура компакт-диска

Если диск изготовлен на заводе, то, скорее всего, информация на него нанесена так называемым методом штамповки. При этом информационный узор т.е. собственно то, что представляет собой записанную на компакт-диске информацию, наносится прямо на основной слой в виде набора микроскопических углублений.

Второй слой, отражающий, очень тонкий. Его наносят на основу диска методом напыления. В тех местах, где на основном слое находятся углубления информационного узора, отражающий слой немного искривляется, и угол отражения луча изменяется. Именно за счёт этого можно считывать записанную на диске информацию.

Защитный слой предохраняет отражающий слой от случайной порчи, ведь любое повреждение отражающего слоя приводит к невозможности считать данные с повреждённой области. Поэтому роль защитного слоя трудно переоценить. К сожалению, нередко производители делают защитный слой слишком тонким, и это следует иметь в виду.

Наконец, декоративный слой содержит рисунки, надписи, наклейки и другие «украшения» верхней стороны компакт-диска. Если эти элементы украшения отсутствуют, то декоративный слой представляет собой чуть подкрашенную прозрачную поверхность.

Из всего сказанного можно сделать несколько полезных выводов, касающихся эксплуатации и хранения компакт-дисков.

Поскольку основной слой, который находится с рабочей стороны диска, намного толще, чем защитный слой или даже защитный и декоративный слои, вместе взятые, то повредить компакт-диск гораздо проще с верхней его стороны, особенно при отсутствии наклейки. Да и наклейка, если она тонкая, может не спасти. При случайном касании верхней стороны диска острым предметом могут быть повреждены и наклейка и защитный слой. При этом обнажается часть отражающего слоя, следовательно, некоторая его область тоже неминуемо будет повреждена под воздействием окружающей среды. А это значит, что прочитать данные с повреждённой области будет невозможно.

Как ни странно, бытует мнение о том, что беречь от повреждений следует лишь рабочую сторону диска, а с обратной стороны можно делать что угодно. Как мы видим, это совсем не так. Более того, во многих случаях восстановить повреждённый диск гораздо легче, если повреждена именно рабочая сторона. Конечно, царапины на этой стороне изменяют угол преломления лучей, что приводит к сбоям в чтении данных с диска. Однако благодаря толщине основного слоя, они практически никогда не разрушают отражающий слой и информационный узор. Кроме того, поцарапанный с рабочей стороны диск нередко можно восстановить полировкой. Существуют даже специальные устройства для полировки компакт-дисков. Кстати, на рабочей стороне опаснее всего царапины, идущие по окружности диска, а поперечные, радиальные, царапины обычно не представляют особой угрозы.

Отражающий слой компакт-диска может разрушаться под влиянием слишком яркого света. Поэтому компакт-диск всегда следует хранить в коробке или в конверте так, чтобы под его рабочей стороной была непрозрачная поверхность. Некоторые люди, не обнаружив коробки от извлечённого из компьютера (или из музыкального центра) компакт-диска и не имея времени её искать, оставляют компакт-диск на столе в «перевернутом» виде, рабочей стороной кверху. Очевидно, они надеются, что так меньше вероятность поцарапать рабочую сторону диска.

Этого не следует делать ни в коем случае! Дело в том, что длительное воздействие света на рабочую сторону диска принесёт гораздо больше вреда, чем даже несколько мелких царапин. И в особенности это актуально для записываемых дисков. Для них такое хранение, вообще, «смерти подобно».

Но вернёмся к «внутреннему» устройству дисков. Компакт-диски бывают трёх типов.

Обычные компакт-диски. Они предназначены только для считывания данных и изготавливаются на заводе методом штамповки. Вначале это был единственный тип дисков.

Записываемые компакт-диски CD-R (CD recordable). На диски CD-R пользователь может записать с помощью специального дисководов какие-либо данные, однако сделать это можно только один раз.

Перезаписываемые компакт-диски CD-RW (CD rewritable). На эти диски данные можно записывать многократно.

8.2.2. Компакт-диски CD-R

Первые CD-R можно было записывать только целиком. Затем появилась технология многосессионной записи на эти диски. Дело в том, что если на

такой диск записано, к примеру, 300 Мбайт данных, то, по идее, остаётся свободное место ещё как минимум для 400 Мбайт информации. Однако для обеспечения полной совместимости со всеми старыми читающими дисководами на диск должна быть добавлена так называемая закрывающая запись. Без неё данные с диска считываться не будут.

Но проблема была в том, что после закрывающей записи на диск ничего добавить уже нельзя. Т.е. физически записать, конечно, можно, но считывающий дисковод найдёт эту закрывающую запись и сочтёт, что после неё на диске уже ничего нет.

Поэтому и была придумана технология многосессионной записи. Завершая сеанс такой записи, программа записывает на диск закрывающую запись сессии вместо закрывающей записи всего диска. Потом можно будет дописать на этот же диск ещё порцию данных и после неё – закрывающую запись второй сессии, и так далее. В принципе, когда на диске не останется места, можно дописать туда ещё и закрывающую запись диска.

Многосессионная технология записи сразу же расширила возможности применения CD-R, однако и тут не обошлось «без ложки дегтя». Во-первых, многосессионные диски обычно считываются гораздо медленнее, чем записанные за одну сессию. Кроме того, некоторые считывающие дисководы могут быть несовместимы с такими дисками. Например, некоторые из них могут «увидеть» на многосессионном диске только те файлы, которые были записаны в последней сессии, а некоторые – только файлы первой сессии. Правда, это относится лишь к старым моделям дисководов, поскольку все современные устройства делаются уже в расчёте на считывание многосессионных дисков.

Внутреннее строение записываемых дисков несколько отличается от устройства обычных CD. Дело в том, что записываемые диски, в отличие от обычных, состоят не из четырёх, а из пяти слоёв (рис. 8.2):

1. основной;
2. регистрирующий;
3. отражающий;
4. защитный;
5. декоративный.

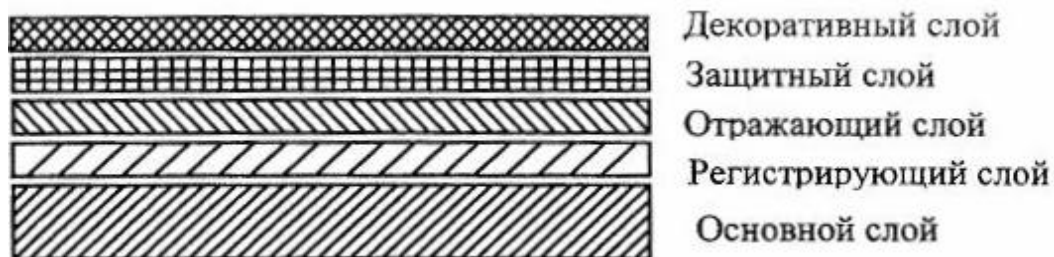


Рис. 8.2. Структура записываемого компакт-диска

Здесь на основном слое отсутствует информационный узор, но добавлен ещё один слой – регистрирующий. Именно на него записываются данные. Лазерный луч выжигает информационный узор в материале этого слоя, затемняя определённые точки поверхности. При считывании информации луч будет отражаться от этих точек слабее, чем от остальных. Разумеется, при записи компакт-диска лазер дисковод должен работать с большей мощностью, чем при чтении.

Из сказанного следует, что регистрирующий слой записываемого компакт-диска очень чувствителен к свету. Вот почему такие диски нельзя оставлять на свету (особенно рабочей стороной вверх).

8.2.3. Компакт-диски CD-RW

Теперь немного о перезаписываемых компакт-дисках (CD-RW). На них, как уже говорилось, данные можно записывать многократно. Однако не стоит переоценивать их возможности. Есть два распространённых заблуждения по поводу дисков CD-RW.

Заблуждение первое: при использовании дисков CD-RW можно произвольно стирать и дописывать отдельные файлы. Это утверждение совершенно неверно. Запись на диски CD-RW происходит аналогично записи на CD-R: весь диск сразу или за несколько сессий. Отличие состоит в том, что можно дать команду стирания, в результате выполнения которой весь регистрирующий слой вновь одинаково пропускает световые лучи. При этом никаких данных на диске не остаётся. Таким образом, на диск CD-RW можно записать некоторые данные, возможно, в несколько сессий, затем, когда они станут больше не нужны, очистить весь диск целиком, затем опять записывать данные, и так далее.

Заблуждение второе: стирать старые данные и записывать новые на диск CD-RW можно сколь угодно много раз. Это также совершенно неверно. Правда, существует и обратное заблуждение: некоторые считают, что полный цикл записи и стирания для одного носителя можно произвести не более 10 раз. Именно так для перестраховки утверждали производители первых CD-RW. Спустя некоторое время многие производители стали утверждать, что на диск CD-RW можно произвести до 1000 циклов записи (иногда говорят даже до 10 000). Отсюда и родилось заблуждение второе. Действительно, ведь стираешь Данные с компакт-диска не каждый день. Даже если стирать диск целиком и записывать новые данные приходится каждую неделю (что тоже невообразимо часто), то срока жизни такого диска должно хватить приблизительно на 20 лет (а если считать, что диск выдерживает 10000 циклов записи, то на 200 лет).

Как показывает практика, в большинстве случаев после 25-27-го циклов стирания и повторной записи диск CD-RW начинает читаться с ошибками. Ещё через пару циклов записи считать с него данные становится практически невозможно.

Нужно иметь в виду, что коэффициент отражения у дисков CD-RW намного ниже, чем у обычных дисков и CD-R. Это приводит к тому, что данные с таких дисков могут неверно считываться или не считываться вообще старыми приводами, не рассчитанными на чтение данных с CD-RW. Все современные модели приводов уже делаются с расчётом на диски CD-RW, так что проблем с ними сейчас практически не возникает. Однако бытовые проигрыватели звуковых компакт-дисков и музыкальные центры, как правило, не умеют проигрывать CD-RW, поэтому нельзя использовать такие диски для создания звуковых дисков. Если CD-проигрыватель может читать CD-RW, это обычно указывается где-нибудь на видном месте. Приводы CD-RW могут записывать как диски CD-R, так и CD-RW.

Объём данных, которые можно записать на один компакт-диск, различен. Стандартными являются диски, объём которых равен 650 Мбайт или 74 минут звучания (если диск записан в формате Audio CD). В настоящее время практически все устройства, как читающие, так и записывающие, могут без проблем работать с дисками увеличенного объёма. На такие диски можно записывать до 700 Мбайт данных или 80 минут звука.

Здесь можно обнаружить некоторое несоответствие: ведь одна минута несжатого звука в формате, используемом на звуковых компакт-дисках, занимает около 10 Мбайт. Соответственно, на диск объёмом 700 Мбайт, по идее, должно помещаться примерно 70 мин музыки, а на самом деле там помещается 80 мин.

Дело в том, что формат записи звукового диска весьма сильно отличается от формата диска с данными. Так, на диске с данными присутствует больше избыточной информации, которая повышает надёжность и долговечность носителя. Действительно, если некоторое музыкальное произведение помещается на звуковом компакт-диске в виде звуковой дорожки, это ещё не значит, что оно же уместится на нем в виде файла.

Существуют и компакт-диски ещё большей плотности. Некоторые компании разработали диски объёмом 800 и 900 Мбайт и даже 1 Гбайт, а «апофеозом» подобных разработок явился так называемый DDCD – компакт-диск двойной плотности (double density compact disc). На такой диск помещается вдвое больше информации, чем на обычный (соответственно 1300 или 1400 Мбайт). Ни один из этих «больших» форматов не получил широкого распространения.

8.2.4. Форматы CD-DA (CD Audio), Data CD, VideoCD, Super Audio CD (SACD), Super Video CD (SVCD) и смешанные форматы

Формат CD-DA (CD Audio). Компакт-диск изначально появился как носитель для записи и прослушивания музыки на смену виниловым грампластинкам. Наверно поэтому он и был назван «компактным» – физические размеры компакт-диска намного меньше размеров грампластинки. Представление звука на звуковом компакт-диске, соответственно, было первым стандартом для этого носителя.

Стандартный формат для представления звука на компакт-диске называется CD-DA (Compact Disc – Digital Audio), т.е. «компакт-диск – цифровой звук». Обратите внимание, что в этом названии прослеживается основная цель разработки стандарта компакт-диска – замена грампластинок, которые были, разумеется, аналоговыми.

В качестве стандарта для звуковых компакт-дисков была принята частота дискретизации, равная 44,1 кГц. Что касается амплитудного разрешения, то можно заметить, что с увеличением количества градаций амплитудной шкалы повышается точность воспроизведения. В звуковых компакт-дисках используется 65536 амплитудных градаций. Как известно, для представления чисел в диапазоне от 0 до 65535 необходимо 16 бит информации, поэтому говорят о 16-битном разрешении, или попросту о «16-битном звуке». Это значение тоже сегодня никак не может считаться идеальным, но в своё время, когда сравнения проводились с относительно шумными и искажёнными аналоговыми записями, оно казалось достаточным.

Таким образом, для звуковых компакт-дисков (CD-DA) стандартом является представление звука с частотой дискретизации 44 100 Гц и амплитудным разрешением 16 бит. На такие компакт-диски записывается только стереозвук, т.е. два отдельных звуковых потока для левого и правого каналов.

Что касается структуры звукового компакт-диска, то вкратце можно сказать следующее. Звуковой компакт-диск делится на отдельные звуковые дорожки, число которых может изменяться от 1 до 99. Каждой дорожке соответствует небольшой файл с расширением .cda, который содержит ссылку на физическое расположение звуковых данных на диске. Файлы .cda, таким образом, являются только указателями, а сами звуковые данные не являются частью файловой структуры диска.

Стандарт для хранения данных на компакт-диске сейчас обычно называют Data CD (компакт-диск с данными), хотя раньше обычно употребляли название CD-ROM, т.е. постоянная память на компакт-диске.

Стандарт определяет максимальный объём компакт-диска с данными в 650 Мбайт. Сейчас практически все устройства для чтения компакт-

дисков совместимы также с «80-минутными» дисками, на которых в формате Data CD можно записать до 700 Мбайт. Следует учитывать, что закрывающие записи сессий также требуют некоторого количества дискового пространства. Отсюда вывод: если запись данных на диск ведётся за несколько сессий, то, чем больше сессий, тем меньше самих данных поместится на диске.

На диске, записанном в стандарте VideoCD, изображение записывается с качеством, сравнимым с обычными бытовыми видеокассетами (VHS). Так утверждает стандарт, а вот по наблюдениям многочисленных пользователей, как правило, это качество воспринимается немного хуже, чем с кассет VHS.

Звуковая дорожка на дисках стандарта VideoCD записывается с обычным качеством звукового компакт-диска – с частотой дискретизации 44100 Гц и разрешением 16 бит. Таким образом, будучи равными или даже несколько уступая по качеству изображения бытовым видеокассетам VHS, диски VideoCD имеют преимущество в звуке.

Полную спецификацию стандарта VideoCD определяет так называемая «Белая книга» (White Book) 2.0. Там описаны все условия, которые должны быть соблюдены, чтобы записанный диск VideoCD был полноценным, т.е. совместимым со всеми устройствами чтения VideoCD. Вот какие спецификации в частности, определены для дисков стандарта VideoCD:

- кодирование информации по алгоритму MPEG-1;
- максимальная скорость потока видеоданных – не более 1151959 бит/с;
- максимальная скорость потока звуковых данных – не более 224 кбит/с;
- размер кадра для стандарта PAL – 352×288 пикселей;
- размер кадра для стандарта NTSC – 352×240 пикселей;
- строго определённая структура папок.

Стандарт определяет, что звуковая дорожка для фильма должна быть обязательно двухканальной, т.е. стерео. Оцифровка, как уже говорилось ранее, производится с качеством обычного звукового компакт-диска. Однако если записать звук на компакт-диск в несжатом виде, то для видеоматериала места уже не останется. Поэтому звуковые данные хранятся на диске в сжатом виде, о чём говорит пункт стандарта, определяющий скорость потока звуковых данных не более 224 кбит/сек. Видеоматериал тем более приходится сжимать с помощью алгоритма MPEG-1.

При соблюдении всех этих условий на один компакт-диск помещается до 74 минут видеоматериала со стереозвуком. Это вполне может быть небольшой художественный или документальный фильм.

Формат Super Audio CD (SACD), по идее разработчиков – компаний Philips и Sony, – должен со временем заменить обычные звуковые компакт-диски, обеспечивая гораздо лучшее качество звука, а также многоканальное воспроизведение и поддержку текстовой, графической и даже видеоинформации. Интересно, что формат позволяет создавать гибридные диски, которые можно воспроизвести на обычном проигрывателе компакт-дисков (в этом случае с обычным CD-качеством).

SuperVideoCD (SVCD) отличается от VideoCD, прежде всего, лучшим качеством изображения. Вот какие характеристики определены для стандарта SuperVideoCD:

- кодирование информации по алгоритму MPEG-2;
- максимальная скорость потока видеоданных – не более 2550 кбит/с;
- максимальная скорость потока звуковых данных – не более 224 кбит/с;
- размер кадра для стандарта PAL – 480×576 пикселей;
- размер кадра для стандарта NTSC – 480×480 пикселей;
- как и в стандарте VideoCD, строго определённая структура папок.

К сожалению, наряду с гораздо лучшим в сравнении с VideoCD качеством изображения, диски SuperVideoCD имеют и большой минус. Дело в том, что при степени сжатия, обеспечивающей ширину потока данных 2550 кбит/с, на один компакт-диск может уместиться всего 35 минут видеоматериала.

К смешанным форматам относятся мало отличающиеся друг от друга Mixed-Mode CD (смешанный компакт-диск) и CD-extra (расширенный компакт-диск). Разница фактически состоит в том, что на Mixed-Mode CD в качестве первой дорожки записываются данные, а потом – звуковые дорожки; на диск же формата CD-extra звуковые дорожки и данные можно записывать в произвольном порядке.

Главная особенность этих форматов в том, что они позволяют записать на один и тот же компакт-диск и звуковые дорожки, и обычные данные.

8.2.5. Файловые системы компакт-дисков

Для организации файловой структуры на каком-либо носителе необходим стандарт на файловую систему для этого носителя. Наиболее распространённой сегодня является система FAT (File Allocation Table), которая используется на дискетах (FAT 12) и на многих жёстких дисках (FAT16 и FAT32). Кроме того, для винчестеров могут использоваться такие файловые системы, как NTFS и пр.

Для компакт-дисков была разработана специальная файловая система, которая, с одной стороны, отвечает требованиям к расположению данных на компакт-диске, а с другой – обеспечивает совместимость, т.е. позволяет использовать приводы компакт-дисков на различных

аппаратных платформах и под управлением различных операционных систем. Эта система получила название ISO-9660.

В соответствии с требованиями формата DVD-Video для хранения данных на DVD-дисках могут применяться форматы файлов ISO-9660 или Micro-UDF (Universal Disc Format – универсальный формат дисков). Формат ISO-9660 используется в течение нескольких лет, и большинство компакт-дисков (CD-ROM), которые обладают кросс-платформенной совместимостью, используют именно этот формат.

DVD-диски в настоящее время реализуют гибридную технологию, называемую UDF-Bridge, которая сочетает как новую файловую систему UDF, так и более старую систему ISO-9660 организации файлов на компакт-дисках. Это обеспечивает совместимость DVD-дисков с компьютерными операционными системами, не поддерживающими файловую систему UDF.

Согласно требованиям стандарта DVD-Video данные, хранящиеся на диске, должны размещаться в соответствии со структурой тома. В начале и в конце диска находятся нулевая дорожка и конечная зона, облегчающие синхронизацию DVD-проигрывателей с данными, хранящимися на диске. Для хранения всех данных используются форматы файлов ISO-9660 и Micro-UDF. Элементы видео, аудио, фрагментов рисунков, меню и статичных изображений записываются на диске в зоне DVD-Video. Функции логического упорядочивания данных выполняет область диспетчера видео (Video Manager), служащая для диска таблицей содержания, и до 99 наборов видеоразделов (Video Title Set, иначе – набор тайтлов), в которых хранятся отдельные программы или сборки мультимедийных данных.

8.3. Технология DVD

В 1994 году по инициативе ведущих голливудских компаний был создан специальный комитет (Motion Picture Studio Advisory Committee), который сформулировал основные требования к фильмам на компакт-дисках:

- разрешение видео выше, чем у CD-дисков;
- звук CD-качества и объемное звучание;
- не менее 133 мин видео на одной стороне диска;
- звуковое сопровождение на трех-пяти языках, возможность выбора языка;
- четыре-шесть вариантов субтитров (возможно на разных языках);
- различные форматы отображения широкоэкрannого видео на экране;
- возможность запрета просмотра определенных сцен детьми;
- надежная защита от копирования;
- совместимость в отношении воспроизведения с существующими CD-дисками;

- разделение фильма на части и эпизоды и независимый доступ к каждому из них;
- низкая стоимость производства, сравнимая с достигнутой для CD-дисков.
- Спецификация DVD включает следующие основные положения:
- высококачественное MPEG-2 видео с многоканальным объемным звуком длительностью 133 мин или более;
- звуковое сопровождение на восьми языках;
- субтитры на 32 языках;
- интерактивное разветвленное меню с произвольным доступом к различным главам и вариантам отображения;
- возможность задания и выбора пользователем до девяти углов зрения на показываемый объект;
- цифровые и аналоговые методы защиты от копирования.

8.3.1. Устройство DVD

Внешне DVD-диск напоминает CD: оба являются оптическими дисками диаметром 12 см и толщиной 1,2 мм. Аналогичны они и по принципам записи цифровой информации. Оба состоят из прозрачной полимерной подложки, отражающего слоя и вспомогательного защитного слоя, придающего им необходимую жесткость. В отражающем слое тем или иным образом формируется своеобразная матрица – в виде закрученной в спираль дорожки с «дырками» (питами). Считывание информации производится лазерным лучом, сканирующим отражающую поверхность. При попадании в дырку луч отражается точно на регистрирующий детектор, его сигнал превышает заданный порог, что и соответствует логической единице. При отсутствии дырки луч рассеивается, сигнал с детектора оказывается ниже заданного порога – фиксируется логический ноль.

CD- и DVD-диски во многом подобны, но их ключевые физические параметры значительно отличаются. Послойная структура одной половины DVD-диска показана на рис. 8.3.

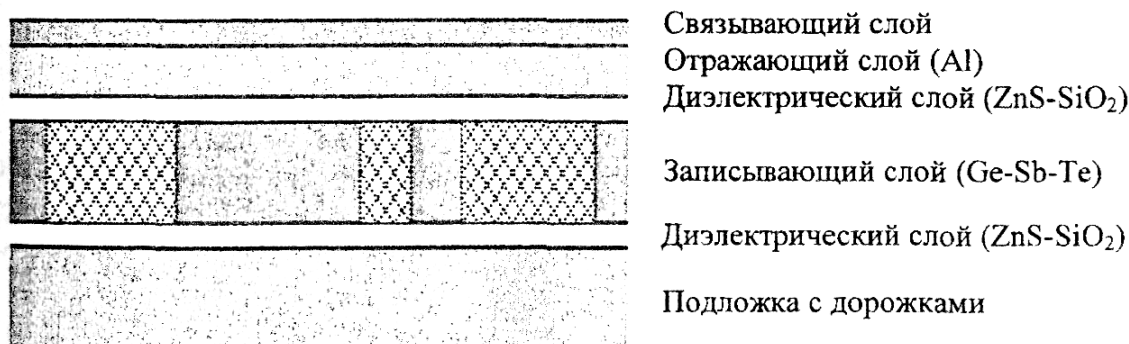


Рис. 8.3. Послойная структура одной половины DVD-диска

Главное преимущество DVD-дисков – более высокая информационная емкость – стало возможным в силу ряда технологических решений (рис. 8.4):

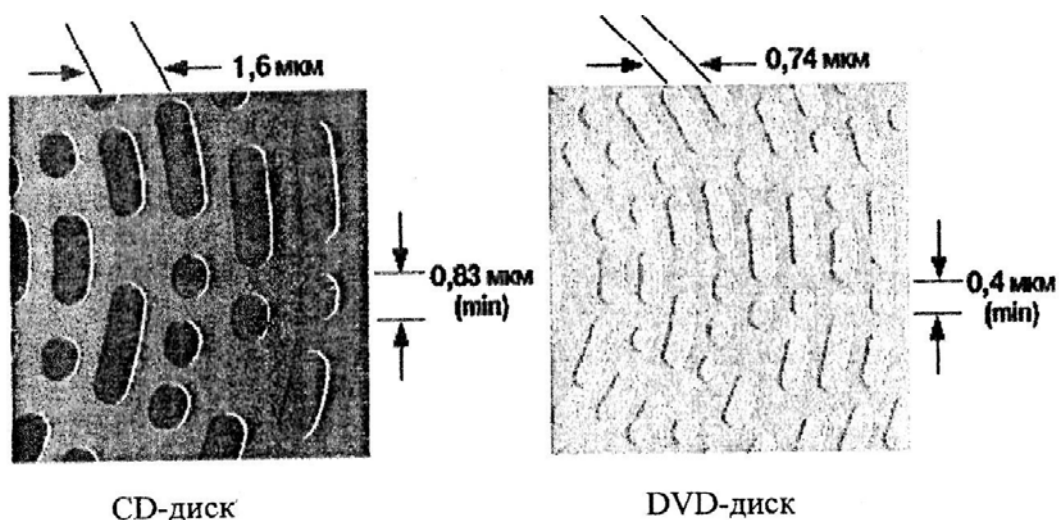


Рис. 8.4. Ширина дорожки и размер питов CD- и DVD-дисков

- в два раза уменьшены геометрические размеры пит;
- более чем в два раза уменьшен шаг спирали между соседними дорожками;
- для надежного считывания столь «малых» пит применяются лазерный луч с меньшей длиной волны;
- используются более эффективные схемы модуляции цифровых данных и улучшенная схема коррекции ошибок, что позволило на порядок повысить надежность считывания данных.

Стандарт DVD позволяет реализовать несколько различных конструкций диска. Это односторонние или двусторонние диски, с одним или двумя несущими информацию слоями на каждой стороне. Один слой толщиной 0,6 мм может вместить до 4,7 Гбайт информации, а весь диск – до 17 Гбайт.

Возможны четыре разновидности DVD-дисков: DVD-5, DVD-9, DVD-10 и hDVD-18. DVD-5 (рис. 8.5) – это первая рыночная версия DVD диска – односторонний диск с однослойной записью и емкостью 4,7 Гбайт.

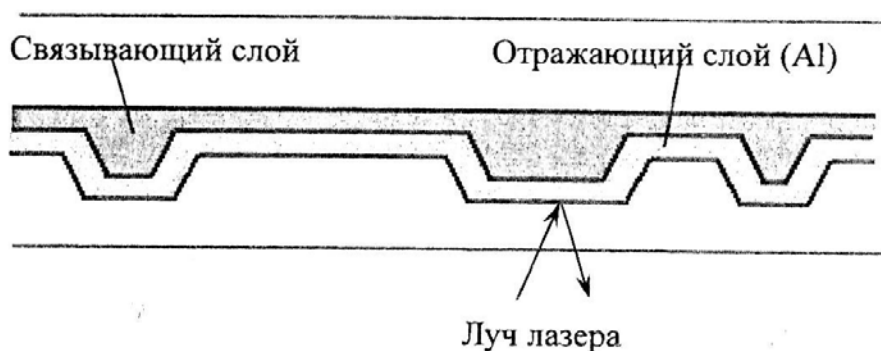


Рис. 8.5. Структура диска DVD-5

DVD-9. С каждой стороны диска может быть не один, а два рабочих информационных слоя (рис. 8.6). Если первый из них – «основной» – выполняется по стандартной технологии создания пит (прессования или выжигания) и напыления отражающего слоя, то второй – полупрозрачный (коэффициент отражения 40%) – наносится поверх первого.

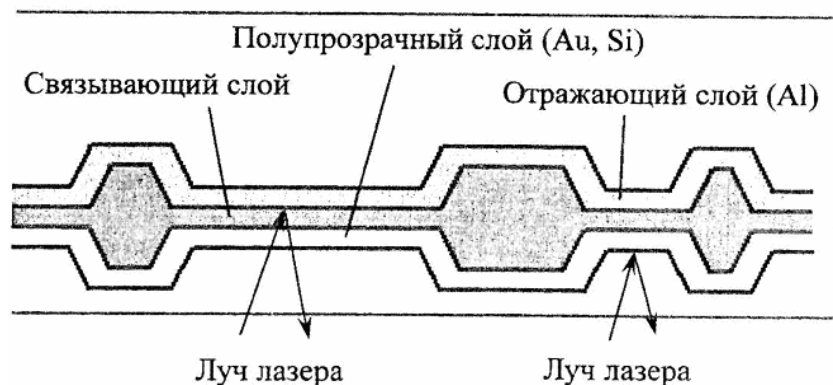


Рис. 8.6. Структура диска DVD-9

DVD-10. В принципе это два диска DVD-5, соединенные вместе (рис. 8.7). Однослойный двухсторонний диск обеспечивает емкость 9,4 Гбайт. Чтобы считывать информацию с двух сторон диска используется один лазер. На сегодняшний день ни один из производителей оборудования не объявил о разработке модели, которая позволяла бы воспроизводить такие диски без переворачивания. Впрочем, это и не нужно, так как обычно на таких дисках записываются фильмы в двух версиях: на одной стороне – широкоэкранная версия, на другой – обычная.

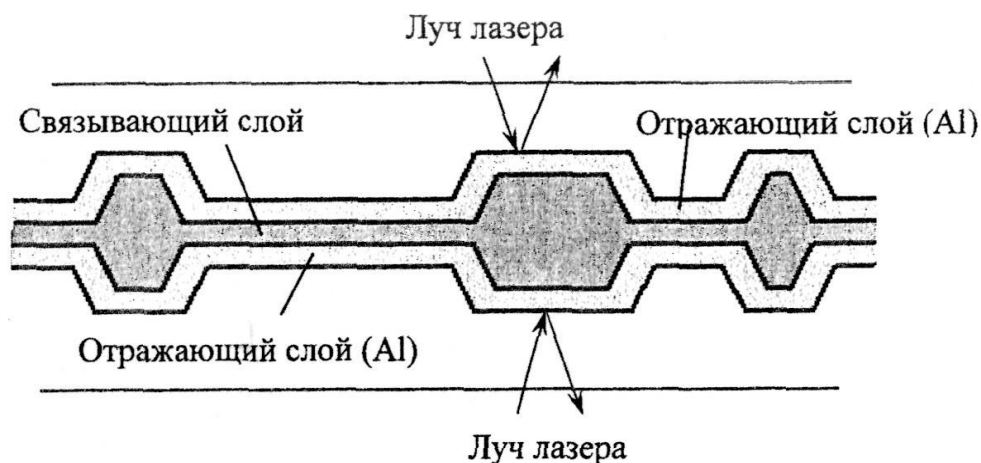


Рис. 8.7. Структура диска DVD-10

8.3.2. Различия между разными типами CD и DVD-дисков

В таблице 8.1 описаны различные типы компакт-дисков и DVD-дисков и приведена информация об их соответствующем использовании.

Таблица 8.1

Диск	Общая информация	Емкость	Совместимость
CD-ROM	Диск только для чтения, обычно используется для того, чтобы хранить коммерческие программы и данные. Нельзя добавлять или стирать данные на диске CD-ROM.	650 мегабайт (Мбайт)	У таких дисков высокая степень совместимости с большинством компьютеров и устройств.
CD-R	На диск CD-R можно записывать файлы более одного раза (каждая запись называется сеансом), но нельзя стирать файлы с диска. Каждая запись является постоянной.	650 и 700 Мбайт	Для того, чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс. Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
CD-RW	На диск CD-RW можно записывать файлы многократно. Можно удалять ненужные файлы с диска, чтобы освободить пространство и записать дополнительные файлы. Можно многократно записывать и стирать.	650 Мбайт	Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-ROM	Диск только для чтения обычно используется для хранения коммерческих программ и данных. На диске DVD-ROM нельзя добавлять или стирать данные.	4,7 гигабайт (Гбайт)	Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
DVD-R	На диск DVD-R можно записывать файлы более одного раза (каждая запись называется сеансом), но нельзя стирать файлы с диска. Каждая запись является постоянной.	4,7 Гбайт	Для того, чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс. Высоко совместим с большинством компьютеров и устройств.
DVD+R	На диск DVD+R можно записывать файлы более одного раза (каждая запись называется сеансом), но нельзя стирать файлы с диска. Каждая запись является постоянной.	4,7 Гбайт	Для того, чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, необходимо закрыть сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-RW	На диск DVD-RW можно записывать файлы более одного раза (каждая запись называется сеансом). Можно также удалять ненужные файлы с диска, чтобы освободить пространство и записать дополнительные файлы. Диск DVD-RW можно многократно записывать и стирать.	4,7 Гбайт	Для того, чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, нет необходимости закрывать сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD+RW	На диск DVD+RW можно записывать файлы более одного раза (каждая запись называется сеансом). Можно также удалять ненужные файлы с диска, чтобы освободить пространство и записать дополнительные файлы. Диск DVD+RW можно многократно записывать и стирать.	4,7 Гбайт	Для того, чтобы прочесть этот диск на другом компьютере, нет необходимости закрывать сеанс. Совместим со многими компьютерами и устройствами.
DVD-RAM	На диск DVD-RAM можно записывать файлы более одного раза. Можно также удалять ненужные файлы с диска, чтобы освободить пространство и записать дополнительные файлы. Диск DVD-RAM можно многократно записывать и стирать.	2,6; 4,7; 5,2; 9,4 Гбайт	Диски DVD-RAM в общем случае могут читаться только на DVD-RAM дисководах и могут не читаться на проигрывателях DVD-дисков и других устройствах.

Вопросы по лекции

1. Что позволяет осуществить компрессию ТВ-сигнала?
2. Какую избыточность различают в телевидении?
3. Что представляет собой компакт-диск? Сколько слоев и какие входят в его структуру?
4. Каковы достоинства и недостатки многосессионных дисков?
5. Из каких слоев состоит структура записываемого компакт-диска CD-RW?
6. Какая частота дискретизации и амплитудное разрешение были приняты в качестве стандарта для звуковых компакт-дисков?
7. Являются ли данные звукового компакт-диска частью файловой структуры диска?
8. Какая файловая система была разработана специально для компакт-дисков?
9. Какие файловые системы сочетает в себе UDF-Bridge?
10. Какова послойная структура DVD-диска?
11. Чему равна ширина дорожки и минимальный размер питов CD- и DVD-дисков?
12. Какие четыре разновидности DVD-дисков существуют?

Лекция 9. РАБОТА С ВИДЕО

DVD-Video

Основным использованием DVD, по замыслу создателей формата, должны были стать кинофильмы. И действительно, из всех областей применения DVD наибольшее распространение получило именно видео. Формат DVD позволяет получить отличное качество аудио и видео для воспроизведения на большом экране с объемным звуком. Заложенные в формат возможности и бонусные материалы могут вдохнуть новую жизнь в старые хиты и дать покупателю то, что он не может получить в кинотеатре. Количество фильмов, подготовленных на DVD, с каждым годом увеличивается. Кино- и видео-индустрия активно работает над созданием версий современных и классических фильмов для DVD. Поэтому основное внимание в данной главе мы уделим именно DVD Video.

9.1. Технология производства DVD-фильмов [1]

Процесс подготовки DVD-фильма можно разделить на два этапа: премастеринг и мастеринг. **Премастерингом** (PreMastering) называется процесс перевода звуковых и видеоматериалов в форму, пригодную для записи на DVD-диск. В процессе **мастеринга** выполняется фабричное производство DVD-диска.

9.1.1. Премастеринг

Процесс премастеринга состоит из нескольких этапов (рис. 9.1):



Рис . 9.1. Структура премастеринга

- составление проекта;
- подготовка исходных материалов;
- компрессия видео и звука;
- авторинг.

9.1.2. Мастеринг (Glass Mastering)

После последней проверки, завершающим этапом является фабричное производство DVD-диска. Для этого созданный образ диска на ленте DLT отправляют на завод, где его переписывают на жесткий диск производственной системы. Именно на этом этапе в образ диска добавляют сигнал защиты от нелегального копирования, который выглядит как криптографический ключ для декодирования зашифрованного материала диска.

Создание стеклянного мастера представляет собой наиважнейший этап в производстве DVD, так как от его качества зависит качество конечного продукта.

Процесс изготовления мастер-диска можно разделить на следующие этапы:

- подготовка стеклянного диска: очистка, полировка;
- покрытие диска специальным фоторезистом;
- запись информации на фоторезист лазерным лучом;
- проявление фоторезиста и сушка диска;
- напыление никелевого слоя.

Окончательно сформированный поток данных поступает на аппарат оптической записи первого оригинала (Glass Master) DVD.

9.1.3. Достоинства технологии DVD Video

Высокое качество изображения. Впервые за многие годы диски DVD позволили получить почти студийное качество, и это не удивительно, поскольку разрешение составляет примерно 500 строк по вертикали.

Известно, что цифровое видео занимает очень большой объем и полнометражный фильм займет 40 DVD-дисков, каждый по 4,7 Гб.

Высокое качество звукового сопровождения. Многоканальный звук в форматах Dolby Digital и DTS способен наполнить просмотр новыми ощущениями по сравнению со стереозвучанием и даже со звуком в формате Dolby proLogic. Как и с изображением, ситуация аналогичная. Чем лучше аппаратура, тем сильнее эффект.

Звуковое сопровождение на восьми языках и субтитры на тридцати двух языках. В процессе воспроизведения можно выбрать звуковое сопровождение на нужном языке и включить при необходимости

субтитры. Все это делается быстро и просто средствами интерактивного меню, которое доступно как на DVD-проигрывателях, так и при компьютерном воспроизведении.

Дополнительная информация о фильме. Кроме субтитров, на DVD-диске может быть записана любая текстовая и графическая информация, доступ к которой осуществляется из интерактивного меню. Производители выпускают как обычную версию фильма, так и коллекционную (Special Edition). Тут вы сможете найти и документальные фильмы о съемках фильма, и интервью с его создателями, и сценарий фильма, и режиссерский комментарий, который можно запустить параллельно с просмотром фильма, и сцены, не вошедшие в окончательный вариант картины.

Возможность создания фильмов с разными окончаниями (Multi-Story). Большая емкость диска позволяет записывать на нем несколько вариантов развития событий. Так что можно будет, наконец, вплотную подойти к давнишней мечте каждого любителя кино - интерактивному просмотру фильма. Теперь есть реальная возможность из пассивного наблюдателя превратиться в активного участника развивающихся событий.

Просмотр изображения с различных углов обзора (Multi-Angle). Еще одна любопытная функция, предложенная разработчиками формата DVD. Называется она Multi-Angle (просмотр изображения с различных углов обзора). Под этим определением скрывается одна из самых интересных и необычных возможностей DVD-диска. При этом на диске может содержаться до 9 (!) вариантов изображения, снятого камерами с различных ракурсов. При просмотре DVD зритель выбирает для себя наиболее интересный ракурс изображения. Так на DVD-диске «Матрица» присутствуют эпизоды с различными ракурсами. Так что вы сможете посмотреть отдельные эпизоды фильма такими, какими вы их еще не видели.

Одновременная запись в различных форматах. В технических спецификациях, рекламных материалах и обзорах техники, связанной с просмотром фильмов и телепрограмм, неизменно фигурирует информация о формате изображения. За этими числами стоит вполне определенный параметр – aspect ratio. Что о нем нужно знать, и как он влияет на комфортность просмотра?

Задолго до появления кино и телевидения Леонардо да Винчи открыл так называемое «золотое сечение». Он доказал, что наиболее гармоничным для человека выглядит прямоугольник с соотношением сторон 13:8 (т.е. на 13 единиц ширины должно приходиться 8 единиц высоты).

Правда, в появившемся в начале 20 века кинематографе эта пропорция была выбрана равной 4:3. Это же соотношение было выбрано и для телевидения. Это объяснялось трудностями производства широких кинескопов, управляющей электроники и др.

Цифровые технологии позволили не только хранить и передавать аудио-информацию, способную в полной мере реализовать настоящую киноатмосферу на дому, но и повысить качество изображения. Стал возможным домашний просмотр кинокартин в их истинном, широком формате. Потребителю предлагаются широкоформатные телевизоры (с соотношением сторон экрана 16:9 и даже 21:9), проекторы для домашних кинотеатров и даже плазменные панели на любой вкус и кошелек. Они и различаются между собой по соотношению сторон, а, следовательно, и по целостности воспроизведения «широких» форматов.

Дело в том, что DVD-фильмы сегодня выпускаются в формате 16:9, несмотря на то, что аппаратуры, рассчитанной на соотношение сторон картинки 4:3, пока большинство. С другой стороны, телевизионные стандарты PAL и NTSC не позволяют транслировать широкоэкранные фильмы ни в каком другом формате, кроме 4:3. Для разрешения этого противоречия было разработано несколько способов «упаковки» широкоформатной картинки в телевизионный кадр. В конечном итоге при сжатии изображения получается картинка широкого формата, физически записанная в формате 4:3.

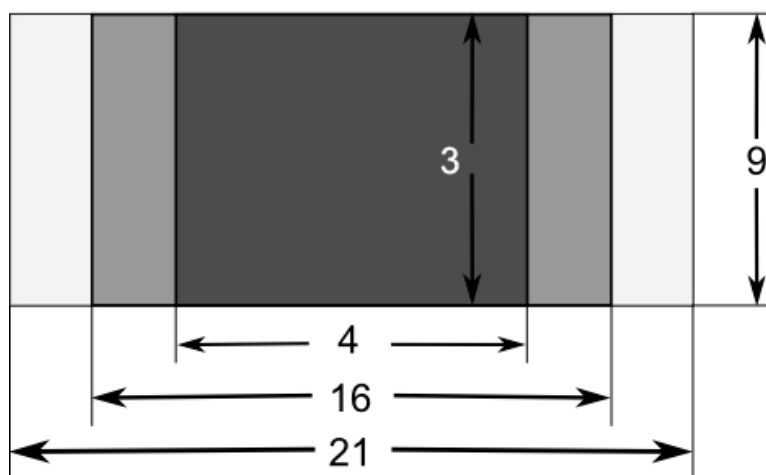


Рис. 9.2. Соотношение сторон экрана

9.1.4. Недостатки технологии DVD Video

Региональная кодировка. Самый неприятный недостаток. Региональную кодировку имеют сами носители, приводы и проигрыватели, аппаратные декодеры и программы-проигрыватели.

Причем, если вы не обратите внимания на эту особенность при покупке аппаратного обеспечения, то проблема может усложниться.

Каждый плеер содержит код региона, в котором он был продан. Плеер не будет воспроизводить диски, которые запрещены в этом регионе. Но существуют и мультizonные приводы и плееры.

Диски без кодов будут воспроизводиться на любом плеере в любой стране. Это не система шифрования, а лишь один байт информации на диске, который проверяет плеер.

Имеются 8 регионов (или зон), на которые разделено все пространство земного шара (очень, кстати, любопытная схема деления). Плееры и диски идентифицируются номером области, нарисованным поверх стилизованного глобуса на корпусе или коробке. Если диск может быть воспроизведен в более чем одной области, то на глобусе будет нарисовано несколько цифр. Зоны эти следующие:

1. США, Канада.
2. Япония, Европа, Южная Африка, Ближний Восток, Египет.
3. Юго-Восточная Азия, Восточная Азия (включая Гонконг).
4. Австралия, Новая Зеландия, Тихоокеанские Острова, Центральная Америка, Южная Америка, Карибские острова.
5. Наша зона. Бывший Советский Союз, Индийский полуостров, Африка (также Северная Корея, Монголия).
6. Китай.
7. Зарезервировано.
8. Экстерриториальная зона (самолеты, круизные лайнеры и пр.).

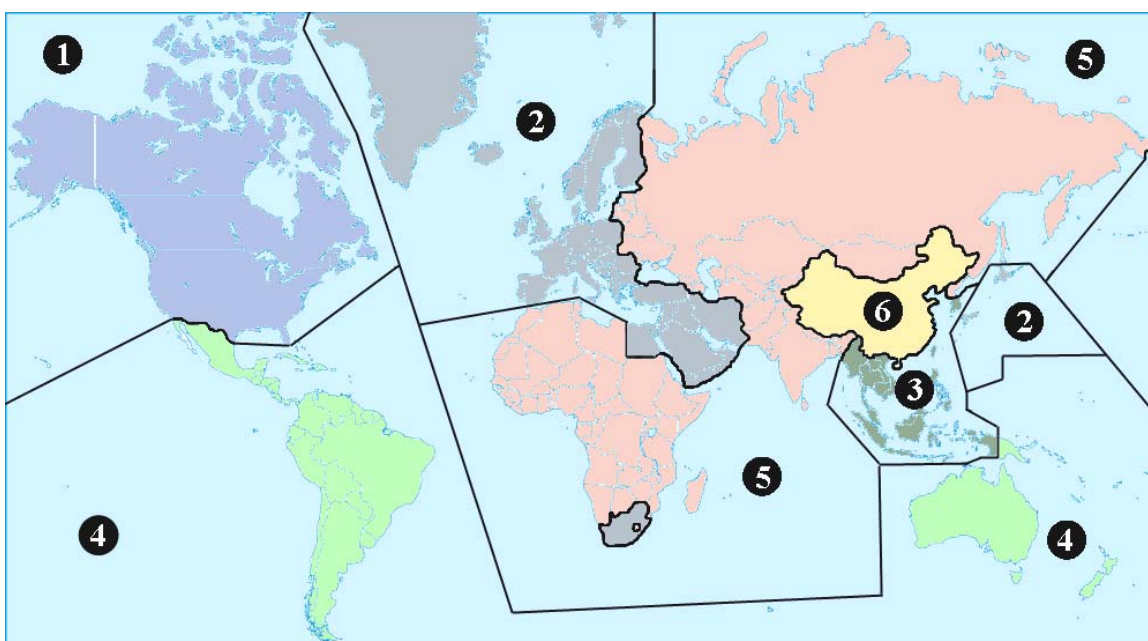


Рис. 9.3. Региональное кодирование DVD-дисков

9.1.5. Файловая система дисков DVD-Video

Большим достижением в обеспечении совместимости в технологии DVD стала принятая в 2000 году единая файловая система **MicroUDF**. Файловая система MicroUDF – это адаптированная для применения в DVD версия файловой системы UDF (Universal Disk Format), которая, в свою очередь, основана на международном стандарте **ISO-13346**. Эта файловая система постепенно идет на смену устаревшей ISO9660, созданной в свое время для использования в компакт-дисках. На переходный период (пока не выйдут из обращения компьютерные устройства и диски, работающие в формате ISO9660) будет использоваться файловая система UDF Bridge, которая является некоторой комбинацией MicroUDF и ISO9660. Для записи Audio/Video DVD-дисков может использоваться только MicroUDF.

9.2. Записываемые DVD

На сегодня существуют пять разновидностей записываемых DVD-дисков: DVD-R, DVD-RW, DVD+RW, DVD+R и DVD-RAM.

На диски DVD-R и DVD+R можно записать данные лишь однажды, а DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW могут быть перезаписаны многократно. Все три перезаписываемых формата (DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW) конкурируют друг с другом.

9.2.1. Диски DVD-R

При создании DVD-R самое пристальное внимание уделено совместимости с существующими DVD-ROM приводами.

Первый привод, поддерживающий запись DVD-R выпущен фирмой Pioneer ещё в октябре 1997 года. Этот привод поддерживал спецификацию DVD-R версии 1.0, что означало запись с помощью 635 нм лазера на диски объемом 3.95 Гбайта. Это был вообще первый привод свободно доступный на рынке, поддерживающий запись DVD.

Следующим этапом стала версия 1.9, которая поддерживала запись дисков объемом 4,7 Гбайта. Первый привод, поддерживающий это нововведение, появился в мае 1999 года, производителем привода была фирма Pioneer.

С целью завоевания новых рынков, начиная со спецификации 2.0 формат разделили на DVD-R For Authoring и DVD-R For General. Принципиальное различие между ними, это длина волны используемого лазера. В DVD-R(A) используется тот же самый 635 нм лазер, что и в первых DVD-R дисках. В DVD-R(G) используется 650 нм лазер. Это делает невозможным запись дисков одного формата на приводе другого

формата. Хотя, конечно же, читать диски, записанные другим форматом, можно.

DVD-R(A) позиционируется как профессиональный стандарт и является прямым наследником предыдущих DVD-R, с которыми имеет обратную совместимость.

DVD-R(G) позиционируется как формат для пользователя. Преимущество DVD-R(G) по сравнению с DVD-R(A) всего одно, но исключительно важное. Моделей приводов поддерживающих DVD-R (что в 85% означает поддержку именно DVD-R(G)) достаточно много, и цены на них неуклонно падают. Уже сейчас можно приобрести DVD-R(G) привод по цене более чем в 10 раз (!) меньшей чем, например, DVR-S201 (самый популярный на сегодня привод для записи DVD-R(A) дисков). DVD-R(G) диски бывают односторонними (на 4,7 Гбайта) и двухсторонними (на 9,4 Гбайта).

9.2.2. Диски DVD-RW

После создания записываемых дисков DVD-R, логичным шагом стало создание перезаписываемых дисков.

Объём односторонних DVD-RW дисков составляет 4,7 Гбайта. По утверждению производителей DVD-RW дисков, они могут перезаписываться не менее 1000 раз. Сейчас известны три вида дисков DVD-RW. Первоначально появилась 1.0 версия. Для предотвращения копирования защищенных CSS-дисков, эти диски имели заранее выдавленную область lead-in. Для решения проблем с совместимостью, появились диски DVD-RW версии 1.1. Так же как и 1.0, они имели заранее записанную lead-in область, для предотвращения копирования защищенного материала.

Для защиты содержимого DVD-RW дисков, в природе существует версия В стандарта 1.1. От простых эти диски отличаются тем, что в служебной зоне привода (BCA) записан уникальный 64-битный номер (disk ID). С помощью этого номера содержимое диска шифруется по алгоритму Cryptomeria. При воспроизведении такого диска сначала читается disk ID, потом с его помощью расшифровывается содержимое диска. В общем, похоже на CSS, только попроще. При копировании такого диска копируется только содержимое, но не уникальный disk ID, поэтому воспроизвести скопированное будет нельзя.

При создании DVD-RW дисков самое пристальное внимание уделялось совместимости формата с существующими DVD-плеерами и приводами. Однако, совместимости сравнимой с тем, что удалось достигнуть на DVD-R дисках, не получилось. Причина этого точно такая

же, что с CD-RW дисками, которые не читаются на многих старых приводах.

9.2.3. Диски DVD-RAM

Фирма Matsushita, известная как Panasonic, разработала стандарт под названием DVD-RAM. Этот формат вобрал в себя не только технологии, традиционно используемые в оптических дисках. Некоторые решения, используемые в DVD-RAM, пришли в него из магнитооптики. Принцип работы DVD-RAM, это phase-change-технология, когда лазер нагревает поверхность диска, за счёт чего меняются свойства поверхности.

Главной особенностью DVD-RAM дисков являются заранее, ещё при производстве, выдавленные на диске метки, означающие начало секторов. На логическом уровне, главная изюминка DVD-RAM состоит в том, что его можно отформатировать в вполне привычные файловые системы, такие как FAT32. DVD-RAM диски могут быть как одно-, так и двухсторонними. Первоначально объём DVD-RAM дисков составлял 2,58 Гбайта, но впоследствии был увеличен до 4,7 Гбайта.

9.2.4. Диски DVD+RW

Кроме официально поддерживаемых DVD-форумом, некоторые незаметные члены консорциума разработали свой собственный формат. Возмутителями спокойствия стали такие фирмы как Philips, Sony, Hewlett-Packard, Dell, Yamaha и некоторые другие. Несмотря на то, что большинство этих фирм входят в DVD-форум, сам консорциум не имеет над ними никакой власти. Поэтому отсутствие официальной поддержки со стороны DVD форума не мешает существовать и развиваться DVD+RW.

Первоначально на свет появился DVD+RW формат версии 1.0. Он появился еще в 1997 году (реально доступные на рынке устройства, способные производить запись в этом формате, появились несколько позже), и предусматривал запись на диски емкостью 2,8 Мбайта 650 нм лазером. Первая версия стандарта не была совместима с DVD-видео.

Ситуация с совместимостью не хуже чем у DVD-RW дисков, и несколько хуже чем у DVD-R. Причиной этого, как и с DVD-RW, является более низкая отражающая способность перезаписываемого слоя, с чем не могут справиться некоторые читающие приводы. Для записи используется та же технология, что и в CD-RW дисках, поэтому принципы, на которых построен DVD+RW, идентичны тому, что используется в DVD-RW.

DVD+RW позволяет перезаписывать любую часть содержимого диска прямо поверх, не стирая старого содержимого. Это же позволяет осуществить и уникальную коррекцию ошибок при записи, плохо записавшийся сектор просто перезаписывается поверх, заново.

9.2.5. Стандарт для записываемых DVD

Конечно, основные производители не раз пытались договориться и внедрить единый общепринятый стандарт для записываемых DVD. Увы, это не удалось: каждая компания хочет видеть в таком стандарте свои фирменные технологии, на которые у нее имеются патенты, и не видеть чужих технологий, для пользования которыми пришлось бы покупать лицензии. Поэтому мы сегодня имеем типичную «войну форматов», в которой последнее слово – за рынком. Победят те производители, которые сумеют предложить более качественный продукт по меньшей цене. В настоящее время формат DVD-RAM, поддержанный крупнейшими производителями дисков, является наиболее распространённым и явно претендует на роль лидера.

9.3. Состояние и перспективы развития DVD-технологий

9.3.1. Предел скорости [5]

Рубеж 16x стал для записывающих DVD-приводов практическим потолком возможностей.

По мере совершенствования конструкции DVD-приводов постепенно увеличивалась максимальная скорость записи на DVD-носители. Если первые модели DVD-приводов позволяли записывать DVD-диски с максимальной скоростью 2x, то к настоящему моменту этот показатель вырос до 16x.

Невысокие по сравнению с CD относительные значения скорости объясняются различными величинами «x», используемыми в качестве эталонной (однократной) скорости для CD и для DVD. В случае компакт-дисков 1x соответствует скорости 150 Кбайт/с, а в случае DVD — уже 1350 Кбайт/с. Таким образом, DVD-привод на скорости 4x позволяет (по крайней мере теоретически) записать за равное время тот же объем данных, что и CD-привод, работающий со скоростью 36x.

Выбор оптимальных скоростных характеристик записывающего привода является не столь простой задачей, как это может показаться на первый взгляд. В принципе, вполне очевидно, что привод, обладающий более высокой максимальной скоростью записи, позволяет сохранить тот же объем данных за более короткий промежуток времени. Однако с практической точки зрения приобретение привода с максимальной на данный момент скоростной формулой не всегда целесообразно.

Во-первых, необходимо учитывать, что запись на DVD-носители с относительно высокими скоростями (8x и 16x) производится в режиме Z-CLV. В этом случае диск делится на несколько зон, в пределах каждой из которых привод работает на определенной скорости. Запись начинается

на минимальной скорости во внутренней зоне, расположенной в центре диска, и скачкообразно повышается при переходе из одной зоны в другую. На максимальной скорости запись производится лишь в самой последней (внешней) зоне. По этой причине DVD-привод с максимальной заявленной скоростью 8x даже теоретически не позволит записать диск вдвое быстрее, чем 4-скоростной привод.

Во-вторых, стоимость носителей DVD-R и DVD+R значительно варьируется в зависимости от максимальной скорости записи, для которой они сертифицированы. Так, диски DVD+R, сертифицированные для записи со скоростью 8x, стоят почти вдвое дороже по сравнению с аналогичными носителями, сертифицированными для записи на скорости 4x.

Кроме того, существует проблема обеспечения надежности при записи с высокой скоростью. Во многих приводах имеется функция автоматической подстройки скорости записи в зависимости от характеристик используемого носителя. Как показывает практика, довольно часто фактическая скорость записи на носители 8x и 16x бывает ниже номинального значения.

9.3.2. Двухслойные DVD-носители

В середине 2004 года на рынке появились первые серийные модели приводов, позволяющих производить запись на двухслойные носители «плюсового» формата (DVD+R DL, или DVD+R9). За счет добавления второго слоя объем носителей удалось увеличить почти вдвое – с 4,7 до 8,5 Гбайт.

Однако пока что использование двухслойных носителей приносит пользователям больше проблем, чем выгод. В силу чисто технических причин запись на второй слой осуществляется с более низкой скоростью, вследствие чего запись одного двухслойного диска занимает больше времени, чем двух однослойных.

Кроме того, на данном этапе использование двухслойных носителей оказывается нецелесообразным с экономической точки зрения. Двухслойные диски пока значительно дороже однослойных – это объясняется сложностью технологического процесса и высоким уровнем брака при производстве.

9.3.3. От DiscT@2 к LightScribe

На выставке CeBIT 2002 компания Yamaha продемонстрировала технологию **DiscT@2** («диск тату»), которая позволяла наносить текст и изображения на рабочую сторону диска. При этом данные записывались на внутренней (ближайшей к центральному отверстию) области диска, а

видимые текст и изображения – на внешней. Летом того же года Yamaha выпустила серийную модель привода CRW-F1, в котором была реализована поддержка DiscT@2. Для реализации данной функции были внесены некоторые изменения в конструкцию привода: в частности была увеличена мощность записывающего лазера, а также применен новый высокоточный механизм управления скоростью вращения диска.

Технология DiscT@2 позволяет быстро и легко маркировать диски CD-R непосредственно в записывающем приводе, но обладает при этом серьезным недостатком: поскольку часть рабочей поверхности используется для «оформительских» целей, объем, доступный для записи данных, неизбежно уменьшается.

В начале 2004 года (в дни проведения CES 2004) компания HP объявила о создании усовершенствованной системы прямого маркирования дисков (Direct Disc Labeling system), получившей коммерческое название LightScribe. Данная технология является совместной разработкой Mitsubishi Kagaku Media (МКМ) и HP. В отличие от DiscT@2 технология LightScribe предусматривает нанесение изображений не на рабочий слой диска, а на обратную сторону – туда, где обычно располагается этикетка (разумеется, записываемые диски для этого должны быть снабжены дополнительным светочувствительным слоем).

Для того чтобы воспользоваться технологией LightScribe, необходимо иметь три компонента: LightScribe-совместимый записывающий привод, носитель с дополнительным светочувствительным слоем и специальное программное обеспечение. В этом случае пользователь по окончании записи информации может перевернуть диск и с помощью записывающего привода нанести изображение на его декоративную поверхность.

Внедрение технологии LightScribe позволит многим пользователям навсегда забыть про специальные маркеры, наклейки и CD-принтеры.

Разумеется, реализация дополнительных возможностей повлечет за собой некоторое увеличение цен на записывающие приводы и чистые носители. Однако, как утверждают представители HP, внедрение поддержки LightScribe приведет к удорожанию записывающего привода примерно на 10 долл.

В конце 2004 года Verbatim начала поставки носителей LightScribe CD-R 52x. Кроме того, компания начала продажу носителей LightScribe DVD+R 8x. Одновременно с Verbatim компания TDK тоже объявила о начале поставок носителей LightScribe (CD-R 52x и DVD+R 8x). Известно, что, кроме упомянутых компании, лицензии на производство носителей LightScribe получили CMC Magnetics, Imation и Memorex.

В начале 2005 года было официально подтверждено, что разработчики известного пакета Nero получили сертификат на использование технологии LightScribe. Поддержка LightScribe реализована в программе Nero версии 6 после установки специального обновления, доступного для загрузки на официальном сайте компании (<http://www.nero.com/>)

9.3.4. Гибридные диски

«Толстый» DualDisc. Несмотря на значительное снижение цен на DVD-приводы и DVD-носители, а также на широкое распространение DVD-проигрывателей, компакт-диски пока не собираются сдавать свои позиции. Причин тому много – это и известный консерватизм большинства пользователей, и гигантский «парк», находящихся в эксплуатации устройств, оснащенных CD-приводами.

Широкое распространение носителей двух различных форматов во многих случаях приводит к необходимости изготавливать одну и ту же продукцию и на CD, и на DVD – а это влечет за собой увеличение производственных затрат и значительное усложнение стратегического планирования.

В 2004 году DVD-Forum утвердил спецификацию гибридного формата DualDisc. Носители DualDisc представляют собой двусторонние диски, одна сторона которых записана в формате DVD, а вторая – в AudioCD. На DVD-стороне помимо собственно музыкального альбома представлены видеоклипы, фотографии, тексты песен, и пр.

За выпуск аудио продукции на носителях DualDisc выступают такие гиганты музыкальной индустрии, как Sony Music, EMI, Bertelsmann Music Group (BMG), Warner Music Group и Universal.

Правда, уже сейчас есть довольно много скептиков, которые считают формат DualDisc бесперспективным. Дело в том, что гибридный диск толще обычного CD или DVD на 0,2 мм. Эти «лишние» 0,2 мм на практике обернулись весьма серьезными проблемами.

Ступеньки в будущее. Некоторые компании уже сейчас заняты поиском решений, которые позволят обеспечить плавный и по возможности безболезненный переход от DVD к оптическим носителям следующего поколения. В начале декабря 2004 года компания Memog-Tech объявила о намерении начать массовое производство гибридных двусторонних дисков DVD/HD-DVD. Одна сторона таких носителей записана в формате DVD (емкость 4,7 Гбайт), а другая – в формате HD-DVD (15 Гбайт).

Компания JVC продемонстрировала экспериментальные образцы трехслойных оптических дисков Blu-ray/DVD – результат гибридизации

однослойного Blu-ray Disc (25 Гбайт) и двухслойного DVD (8,5 Гбайт). Специалисты JVC не намерены останавливаться на достигнутом, и ведут работы по созданию подобного гибридного диска, который будет состоять из двух слоев Blu-ray (50 Гбайт) и двух слоев DVD (8,5 Гбайт).

9.3.5. HD-DVD и Blu-ray Disc

История противоборства двух конкурирующих форматов записи (HD-DVD и Blu-ray Disc), претендующих на право в ближайшем будущем стать общепринятым стандартом оптических дисков высокой плотности, приближается к своей кульминации. В 2004 году были утверждены окончательные версии спецификаций физического уровня HD-DVD-ROM и BD-ROM.

Прежде чем перейти к сегодняшнему состоянию дел, стоит вкратце напомнить о принципиальных различиях форматов HD-DVD и Blu-ray Disc. Оба стандарта предусматривают использование для считывания данных синевioletового лазера с длиной волны 405 нм, однако параметры оптической системы и формат записи существенно различаются для каждого из них.

В Blu-ray Disc используются оптическая система с числовой апертурой 0,85 и носители с толщиной прозрачного защитного слоя 0,1 мм. Вследствие уменьшения ширины дорожки (вдвое по сравнению с DVD) возможно производство однослойных носителей Blu-ray Disc емкостью 23,3; 25 и 27 Гбайт; базовая скорость (1x) накопителей составляет 36 Мбит/с. Согласно опубликованным данным, уже сейчас новые технологии обработки сигнала позволяют увеличить плотности записи до 35 Гбайт на один слой. Кроме того, малая толщина прозрачного защитного слоя в перспективе позволит увеличивать емкость носителей Blu-ray Disc за счет увеличения количества слоев.

9.3.6. Голографические накопители [4]

В отличие от оптических дисков традиционной конструкции (CD, DVD и т.д.), голографические носители позволяют использовать для хранения данных всю толщину записывающего слоя. Если запись на дорожке CD- и DVD-дисков производится последовательно, бит за битом, в одном измерении, то голографическая технология позволяет применять все три измерения рабочего слоя носителя и осуществлять параллельное считывание или запись массива битов (так называемых страниц), сохраняемых в слое носителя в виде интерференционных картин (голограмм) (рис. 9.4, 9.5).

Использование данной технологии позволяет значительно увеличить как удельную емкость носителей, так и скорость чтения/записи. Существующие прототипы, работающие с дисковыми носителями,

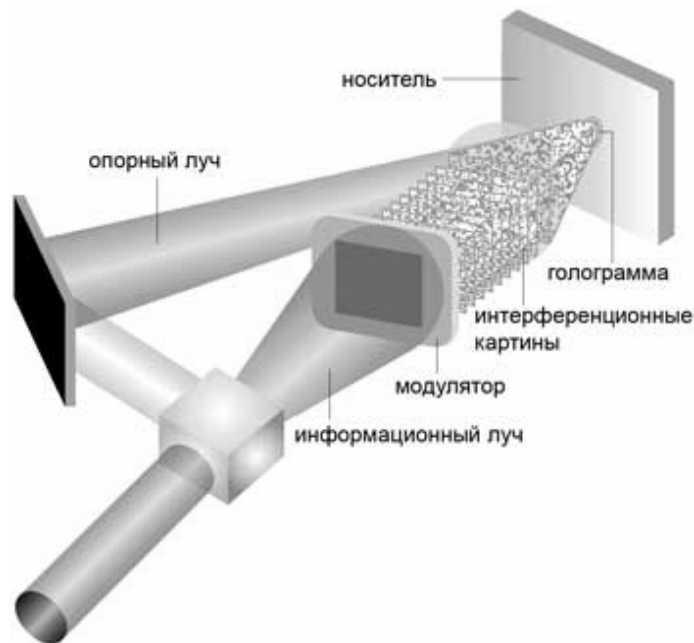


Рис. 9.4. Запись данных в голографическом накопителе

обеспечивают возможность записи нескольких сотен гигабайт данных на одном носителе диаметром 120–130 мм. Кроме того, на базе голографической технологии можно создавать накопители, работающие с компактными карточками емкостью от нескольких единиц до нескольких десятков гигабайт.

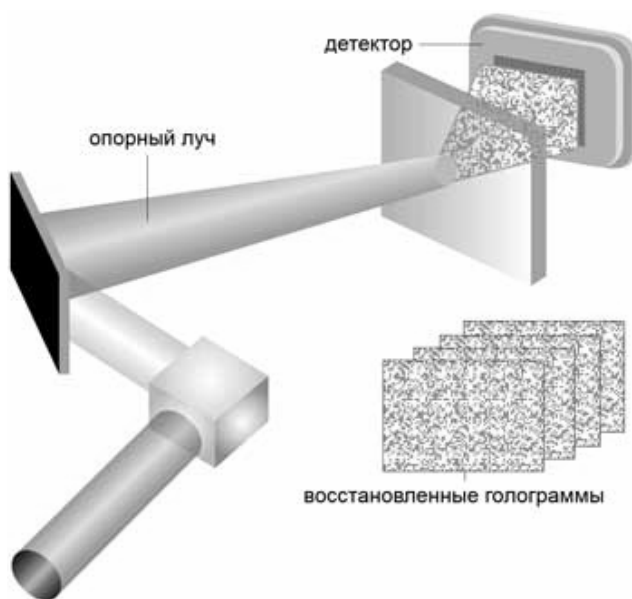


Рис. 9.5. Чтение данных в голографическом накопителе

Технология голографической записи находится на начальной стадии коммерциализации. Ведущие разработчики голографических накопителей – японская компания Optware и американская InPhase Technologies – уже выпускают небольшие серии голографических накопителей для профессиональных цифровых видеозаписывающих систем, используемых в

телевизионных студиях. Внедрение голографических накопителей в обычных ПК и бытовых устройствах пока не планируется.

9.3.7. Многослойные оптические носители для приводов на базе красного лазера (HD VMD) [4]

Многослойные оптические носители HD VMD (High Definition Versatile Multilayer Disc) для систем на базе красного лазера, разрабатываемые компанией New Medium Enterprises (NME), являются альтернативой приводам на базе сине-фиолетового лазера (в частности, HD-DVD и Blu-ray Disc), обеспечивая сравнимую емкость диска при значительно меньшей стоимости считывающих устройств и ROM-носителей. Увеличение емкости оптического носителя в данном случае достигается за счет увеличения количества информационных слоев при сохранении такой же ширины дорожки и размера питов, как и в обычных DVD. Согласно информации разработчиков NME, созданная ими технология может формировать до 20 слоев в одном носителе, что дает возможность наращивать емкость до 100 Гбайт (по 5 Гбайт на слой). Стоит отметить, что для изготовления слоев ROM-носителей подходит технология инжекционного литья, широко используемая при промышленном тиражировании носителей CD-ROM и DVD-ROM. Подробнее о ней рассказывается в вышеупомянутой статье «Оптические накопители: настоящее и будущее». Появление первых серийно выпускаемых устройств с поддержкой HD VMD предполагалось в 2007 году.

Вопросы по лекции

1. На каком этапе добавляется к проекту криптографический ключ, предназначенный для защиты DVD-видеодиска от копирования?
2. Нуждается ли несущий слой мастер диска DVD-проекта в проявке?
3. Используется ли мастер-диск DVD-проекта непосредственно при постановке тиража DVD-дисков?
4. В файлах с каким расширением содержится информация об очередности проигрывания файлов DVD-видеодиска?
5. Каковы достоинства технологии DVD Video?
6. Что можно отнести к недостаткам технологии DVD Video?
7. Какие разновидности записываемых DVD-дисков существуют?
8. Что означает термин Multy Story в применении к DVD-видеофильмам?
9. Предусматривает ли файловая система MicroUDF поддержку длинных имен файлов?
10. Какой величине соответствует скорость 1x DVD-привода в случае CD-дисков и в случае DVD-дисков?
11. Каковы перспективы развития DVD-технологий?

Библиографический список

1. Катунин, Г. П. Основы мультимедиа. Звук и видео / Г. П. Катунин: монография.– Новосибирск: СибГУТИ, 2006. – 389 с.
2. Чепмен, Найджел. Цифровые технологии мультимедиа / Найджел Чепмен, Дженни Чепмен. – 2-е изд., М. : Диалектика, 2005. – 624 стр., с ил.
3. Андерсен, Бент Б. Мультимедиа в образовании / Бент Б. Андерсен, Катя ван ден Бринк. – М. : Дрофа, 2007. – 224 с.
4. <http://www.compress.ru/article.aspx?id=17110&part=21ext1> (Web-сервер журнала «Компьютер Пресс» 07.05.2010 г.)
5. <http://www.compress.ru/article.aspx?id=12674&iid=477> (Web-сервер журнала «Компьютер Пресс» 07.05.2010 г.)

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лекция 5. РАБОТА СО ЗВУКОМ</i>	3
<i>СЖАТИЕ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ</i>	3
5.1. Общие сведения [1].....	3
5.2. Семейство стандартов MPEG	5
5.2.1. Стандарт MPEG-1	5
5.2.2. Стандарт MPEG-2	6
5.2.3. Стандарт MPEG-4	8
5.2.4. Стандарт MPEG-7	8
5.3. Метод сжатия звука Ogg Vorbis	9
5.4. Метод сжатия звука MusePack.....	10
5.5. Формат Windows Media Audio (WMA).....	11
5.6. Формат сжатия звука QDesign AIF	12
5.7. Формат сжатия звука PAC	12
Вопросы по лекции	13
<i>Лекция 6. РАБОТА СО ЗВУКОМ</i>	14
<i>ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ЗВУКА</i>	14
6.1. Динамическая обработка звуковых сигналов [1].....	14
6.2. Частотная обработка звуковых сигналов.....	20
6.2.1. Назначение и основные типы устройств частотной обработки	20
6.2.2. Фильтры плавного подъема и спада АЧХ	20
6.2.3. Фильтры среза (обрезные фильтры).....	21
6.2.4. Фильтры присутствия («презенс»-фильтры).....	22
6.2.5. Эквалайзеры	22
6.3. Устройства пространственной обработки.....	23
6.4. Методы и устройства для создания специальных звуковых эффектов	24
6.4.1. Эффект дилэй (Delay/Echo).....	24
6.4.2. Эффект хорус (Chorus)	26
6.4.3. Эффекты флэнжер (Flanger), фэйзер (Phaser) и вау-вау (Wah - Wah).....	26
6.4.4. Вокалстрессор	27
6.4.5. Генераторы вибрато	27
6.4.6. Эксайтер (Exciter).....	28
6.4.7. Энхансер (Enhancer).....	28
Вопросы по лекции	28
<i>Лекция 7. РАБОТА С ВИДЕО</i>	30
<i>КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕЛЕВИДЕНИИ</i>	30
7.1. Телевизионные системы [1]	30
7.2. Форматы представления видеосигнала.....	33
7.3. Цифровое представление телевизионного сигнала	33
7.3.1. Аналого-цифровое преобразование видеосигналов	35
7.3.2. Цифровое представление компонентного видеосигнала	38
7.3.3. Цифровое представление композитного видеосигнала	39

Вопросы по лекции	39
<i>Лекция 8. РАБОТА С ВИДЕО</i>	41
<i>СЖАТИЕ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ. ТЕХНОЛОГИЯ CD-и DVD-ДИСКОВ</i>	41
8.1. Сжатие видеоинформации. Общие сведения [1]	41
8.2. Технология CD- и DVD- дисков	42
8.2.1. Технология компакт-дисков	42
8.2.2. Компакт-диски CD-R.....	44
8.2.3. Компакт-диски CD-RW	46
8.2.4. Форматы CD-DA (CD Audio), Data CD, VideoCD, Super Audio CD (SACD), Super Video CD (SVCD) и смешанные форматы.....	48
8.2.5. Файловые системы компакт-дисков.....	50
8.3. Технология DVD	51
8.3.1. Устройство DVD	52
8.3.2. Различия между разными типами CD и DVD-дисков	54
Вопросы по лекции	56
<i>Лекция 9. РАБОТА С ВИДЕО</i>	57
<i>DVD-Video</i>	57
9.1. Технология производства DVD-фильмов [1]	57
9.1.1. Премастеринг	57
9.1.2. Мастеринг (Glass Mastering)	58
9.1.3. Достоинства технологии DVD Video	58
9.1.4. Недостатки технологии DVD Video.....	60
9.1.5. Файловая система дисков DVD-Video	62
9.2. Записываемые DVD	62
9.2.1. Диски DVD-R	62
9.2.2. Диски DVD-RW	63
9.2.3. Диски DVD-RAM.....	64
9.2.4. Диски DVD+RW.....	64
9.2.5. Стандарт для записываемых DVD	65
9.3. Состояние и перспективы развития DVD-технологий.....	65
9.3.1. Предел скорости [5]	65
9.3.2. Двухслойные DVD-носители.....	66
9.3.3. От DiscT@2 к LightScribe.....	66
9.3.4. Гибридные диски	68
9.3.5. HD-DVD и Blu-ray Disc	69
9.3.6. Голографические накопители [4]	69
9.3.7. Многослойные оптические носители для приводов на базе красного лазера (HD VMD) [4]	71
Вопросы по лекции	71
Библиографический список	72

Учебное издание
МУЛЬТИМЕДИА ТЕХНОЛОГИИ
Конспекты лекций

Составитель ДОКТОРОВА Елена Анатольевна

Редактор М. В. Теленкова

Подписано в печать _____ . Формат 60×84/1в.

Усл. печ. л. _____.

Тираж 50 экз. Заказ _____.

Ульяновский государственный технический университет
432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.