



Обман слуха

Как и большинство других типов данных, цифровой звук может быть записан во множестве форматов, сильно отличающихся друг от друга по своим возможностям. Поэтому выбрать подходящий способ хранения данных для каждого определенного случая непросто.

Разобраться с огромным количеством новых форматов сжатия звука, ставших популярными за последнее десятилетие, не так уж просто. Путаница усиливается еще и потому, что разработчики кодеков, всячески пытаясь привлечь внимание к своему формату, устраивают «независимые тестирования» в заведомо неравных условиях. Вместе с фанатизмом отдельных групп пользователей это еще больше запутывает ситуацию, а на поиск более-менее объективной информации может уйти значительное время.

Цель данной статьи — помочь вам разобраться во всем многообразии современных кодеков и рассказать о некоторых технических особенностях их работы.

Принципы работы

При работе так называемых lossy-кодеков (lossy-encoding — сжатие, при котором часть информации безвозвратно теряется для увеличения степени компрессии) исходный звук обрабатывается в два больших этапа. Первый — психоакустическое сжатие, когда по сложным алгоритмам из файла выделяется и удаляется информация, которую кодек считает избыточной. Понятно, что чем совершеннее психоакустическая модель кодека, тем больше лишней информации будет удалено из потока и тем меньше пострадает слышимая часть. При этом некоторые ограничения накладывает и формат файла. Например, в пределах спецификации MP3 технически невозможно »



Чтобы оборудование могло работать с файлами некоторых форматов, производители должны приобретать лицензии



Siemens SL45 был одним из первых сотовых телефонов, способных воспроизводить MP3-файлы

» обрабатывать некоторые звуки без ошибок, что требует от разработчиков кодека больших усилий для сохранения приемлемого качества, в то время как даже относительно простые AAC-кодеки, используя менее совершенную психоакустическую модель, могут достигать лучших результатов.

Вторым этапом обработки является lossless-сжатие, при котором вся информация дополнительно «дожимается» при помощи алгоритмов, схожих с теми, что используют в привычных нам архиваторах.

Так какая же информация считается «лишней»? Не секрет, что знакомый со школы постулат о способности человеческого слуха воспринимать частоты 20 Гц — 20 кГц несколько льстит ушам многих из нас. Да, экспериментально доказано, что человек слышит частоты ниже и выше этого диапазона, только вот к музыке они имеют мало отношения. В действительности даже владельцы особо чувствительных ушей не способны отличить музыкальную композицию с «обрезанными» до 19 кГц частотами от оригинала, а что уж говорить об обычных людях, для многих из которых к 30 годам этот порог опускается до 16 кГц. Плюс к тому чувствительность уха во всем спектре неоднородна — наиболее важен диапазон 1-4 кГц, соответствующий речи. Плюс эффект маскировки, благодаря которому мы с трудом различаем тихий звук мобильного телефона, находясь в шумном месте. Плюс инертность слуха уха, плюс... Обмануть даже такой сложный и чувствительный инструмент, как человеческое ухо, проще, чем это может показаться.

Располагая информацией, какие звуки мы слышим лучше, какие хуже, а какие не слышим вообще, кодек может «облегчить» исходный файл. К примеру, при коэффициенте сжатия 1:5 большинство lossy-кодеков

способны добиться результата, не отличающегося на слух от оригинала. Разумеется, для более сильного сжатия придется идти на компромиссы и жертвовать качеством.

MP3 (MPEG Audio Layer-3) и MP3pro

Сейчас без преувеличения можно сказать, что разработанный почти два десятилетия назад MP3 является наиболее популярным форматом хранения музыки на компьютере. MP3-файлы можно прослушать не только при помощи персонального компьютера. С их воспроизведением отлично справляются современные музыкальные центры, DVD-плееры и даже КПК и мобильные телефоны.

Конечно, по своим возможностям MP3 заметно уступает более совершенным форматам, однако этот недостаток полностью компенсируется высокой популярностью. Ведь для большинства пользователей необходимость создания файлов формата 5.1 или кодирования саундтреков с высокими

частотами дискретизации мало актуальны, а получаемое качество их вполне устраивает.

При кодировании MP3-файлов качество звучания может быть совершенно разным. Многое зависит от того, каким был исходный материал, применяемый кодировщик и его параметры. Современные MP3-кодеки позволяют добиваться звучания, не отличающегося от оригинала, при использовании битрейтов выше 192 кбит/с.

Разумеется, с повышением битрейта качество файла обычно тоже повышается. Однако нет необходимости всегда использовать битрейт, равный 320 кбит/с, — это будет лишней тратой места на носителе. Логичнее в таком случае применять кодирование с переменным битрейтом (VBR, variable bitrate), при котором кодек динамически изменяет его значение в зависимости от сложности звука.

Одним из серьезных недостатков MP3 является резкое падение качества при снижении битрейта со 128 кбит/с. Уже на 64 кбит/с »



Lossless-форматы

Чтобы ни бита не пропало

Иногда возникает ситуация, когда потеря даже одного бита информации нежелательна или недопустима, а размер композиции хочется по возможности сократить. В этом случае на помощь приходит lossless-компрессия, позволяющая хранить звук без потерь. Принцип действия lossless-кодеков схож с принципом работы ZIP, RAR и прочих известных нам архиваторов, за исключением того, что разрабатываются они специально под сжатие музыки. Количество существующих lossless-форматов достаточно велико. Назовем лишь наиболее популярные: FLAC (Free

Lossless Audio Codec), недавно разместившийся под крылом Xiph.org; Monkey's Audio, считающийся одним из наиболее совершенных lossless-форматов; WavPack, OptimFROG и т. д. Кроме того, свой lossless-кодек в составе WMA 9 предлагает Microsoft, сжатие без потерь предусмотрено в MPEG-4. Большинство современных lossless-кодеков позволяет сжимать музыку с коэффициентом примерно 1:2 в зависимости от сложности звука, что существенно ниже результатов, достигаемых при помощи lossy-компрессии.

» звучание MP3-файлов вызывает раздражение большим количеством искажений и артефактов, а на меньших битрейтах разобрать что-либо нереально. Для того чтобы исправить ситуацию, институт Fraunhofer (разработчик формата) и Coding Technologies предложили MP3pro — нестандартизированное расширение формата, при котором качество звучания MP3-файлов удается сохранить на приемлемом уровне даже при значительном снижении битрейта. Файл формата MP3pro, состоящий из MP3-части и дополнительного потока данных, содержащих информацию о высоких частотах, можно воспроизвести как при помощи специализированного MP3pro-проигрывателя, так и с помощью обычного MP3-плеера, хотя в последнем случае качество будет заметно ниже.

Так или иначе, MP3pro в отличие от своего предшественника не получил должного распространения и сейчас практически не используется, уступив место более совершенным технологиям.

AAC (MPEG-2/4 Advanced Audio Coding)/MP4

Формат AAC, стандартизированный около пяти лет назад, является преемником MP3. По сравнению с MP3 в AAC заметно увеличена

эффективность компрессии, а качество звучания AAC-файла, созданного одним из кодеков, при битрейте 128 кбит/с сопоставимо с качеством 192 кбит/с MP3-файла. Кроме того, AAC позволяет создавать многоканальные файлы, что делает его пригодным для хранения саундтреков к фильмам. При кодировании на низких битрейтах есть возможность создания файлов AAC HE (High Efficiency, высокая эффективность), используя технологию SBR (Spectral Band Replication, спектральное восстановление частот), аналогичную той, что применяется в MP3pro. Однако в отличие от MP3pro, AAC HE (или AAC plus) является частью стандарта, что означает возможность воспроизвести подобный файл большинством современных проигрывателей.

AAC имеет несколько режимов создания файлов, наиболее известным из которых является LC (Low Complexity, низкая сложность), используемый Apple в своем сервисе iTunes. Кроме того, воспроизведение файлов AAC LC возможно при помощи аппаратных плееров, например Apple iPod.

Сейчас редко кто использует «голые» AAC-файлы. В большинстве случаев их сразу упаковывают в контейнер MP4 (m4a, m4p), что дает пользователю определенные преимущества вроде возможности исполь-



С сайта разработчика кодека Vorbis можно бесплатно скачать не только новые версии кодеров, но и исходные коды

зования тегов или поддержки воспроизведения без пауз. Однако не стоит однозначно отождествлять расширение MP4 с AAC: контейнер может также содержать звук в MP3 или видеофайлы в MPEG-4.

Количество AAC-кодеков достаточно велико. Как и в случае с MP3, они могут отличаться по скорости сжатия. Среди них следует отметить Apple Quick Time, который показал лучший результат в тестировании на 128 кбит/с, а также Nero AAC, отличающийся прекрасной реализацией VBR и являющийся первым кодеком с поддержкой AAC plus. По-дает надежды и FAAC — свободный проект, являющийся аналогом LAME для AAC.

»



Форматы VQF, Liquid Audio, PAC и Astrid/Quartex AAC

Бесполезные ископаемые

В отличие от ныне здравствующих MP3, AAC, Vorbis или WMA, существует достаточно большое число форматов, по тем или иным причинам прекративших свое существование. Некоторые из них были достаточно удачными и даже заметно превосходили по соотношению качество/размер формат MP3, однако уступили свое место более совершенным и гибким решениям. Еще несколько лет назад некоторыми разработчиками возлагались немалые надежды на формат VQF (использующий технологию TwinVQ), который продвигала Yamaha в качестве замены MP3. Формат действительно был интересным и позволял создавать файлы вполне приличного качества на низких битрейтах — области, изначально проблемной для MP3. С другой стороны, создание и воспроизведение VQF-файлов требовало значительно большего, чем MP3, времени, а отсутствие поддержки высоких битрейтов ставило

крест на возможности создания качественных записей. Так или иначе, к моменту появления реализации VQF2 с поддержкой битрейтов вплоть до уровня 192 кбит/с этот формат успел скончаться. Тем не менее TwinVQ была включена в спецификацию стандарта MPEG-4 для кодирования звука в режиме сверхнизких (менее 16 кбит/с) битрейтов. Отличительной чертой Liquid Audio — закрытого формата, разработанного одноименной компанией (позднее Liquid Digital Media), — является достаточно сильная технология Digital Rights Management (DRM), позволяющая ограничить распространение звуковых файлов в Интернете, а также организовывать в Сети музыкальные магазины. По сравнению с MP3 качество LQT-файлов заметно выше, что в небольшой степени способствовало росту популярности формата. Но в прошлом году компания заявила о прекращении под-

держки Liquid Audio, а новые композиции на сайте www.liquid.com теперь распространяются в формате WMA. Формат PAC (Perceptual Audio Coding) был разработан компаниями Celestial Technologies и Bell Labs в конце 80-х годов уже прошлого века. По сравнению с MP3 PAC позволял добиться значительно выигрыша в размере файлов при сохранении качества, соревнуясь с кодерами на базе MPEG-2. Чуть позднее формат был доработан и получил название ePAC (enhanced PAC). Одним из предназначений кодека являлось его использование для организации радиовещания в Интернете. Формат Astrid/Quartex AAC вопреки своему названию не имеет ничего общего с Advanced Audio Coding. Фактически это ворованная версия PAC, замаскированная под AAC-кодек (этим объясняется невозможность воспроизведения при помощи стандартных AAC-декодеров).



Мини-диски — разработка компании Sony — являются основным носителем звука, сохраненного в формате ATRAC



Файлы формата ATRAC можно записать на CD-диски, которые воспроизводятся на некоторых аппаратных плеерах



Одним из наилучших lossless-форматов является Monkey's Audio, позволяющий сжимать звук без потерь качества

» WMA (Windows Media Audio)

Формат WMA представляет собой попытку Microsoft создать альтернативу MP3 для пользователей ОС Windows. По заявлениям разработчиков, данный формат позволяет достичь схожего с MP3 качества при вдвое более низком битрейте. По их мнению, это и должно привлечь пользователя. На практике же файлы самого распространенного WMA 8 даже при 128 кбит/с заметно проигрывают по качеству звучания не только компакт-диску, но и MP3-файлам, созданным при помощи кодека LAME. Фактически какие-то достижения WMA может показать лишь на битрейтах ниже 96 кбит/с, на которых качество MP3-файлов стремительно падает. С другой стороны, даже Vorbis на этих битрейтах передает музыку более адекватно, тогда как у WMA появляется заметный металлический звон. К тому же, забыв отключить DRM-защиту (Digital Rights Management, управление цифровыми правами) при создании файлов, вы можете запросто ока-

заться в ситуации, когда созданные WMA-файлы просто не станут воспроизводиться.

Недавно появившийся формат WMA 9 в режиме обратной совместимости практически не имел преимуществ перед WMA 8, а наиболее интересный (и качественный) кодек WMA 9pro пока что остается без аппаратной поддержки всех ведущих производителей.

Несомненными плюсами WMA является высокая популярность среди пользователей Windows и, как следствие, неплохая поддержка производителями портативных устройств. Значительная часть MP3-плееров, выпускаемых сегодня, способна воспроизводить файлы формата WMA 7/8 не хуже, чем MP3. Впрочем, если вы не являетесь несчастным владельцем MP3-плеера с 64 или 128 Мбайт флэш-памяти, на которые хочется поместить как можно больше музыки, не стоит забивать себе голову сомнительными «преимуществами» WMA перед MP3.

OGG Vorbis

Кодек Vorbis (OGG — расширение файлов и имя контейнера, как и в случае с MP4, способного содержать самые разнообразные данные), разрабатываемый некоммерческой организацией Xiph.org, позиционируется в качестве полноценной замены ныне существующим «платным» форматам. Не секрет, что за возможность создания и воспроизведения MP3-, AAC- и WMA-файлов производители кодеков или плееров должны выплачивать определенные суммы денег держателям патентов. С Vorbis все проще: кодировщик, декодер, все необходимые сведения и исходные тексты для работы с форматом распространяются абсолютно бесплатно. Более того, формат можно использовать даже в коммерческих разработках (показательно, что значительная часть современных игр содержит музыку в фор-

мате OGG Vorbis) опять же из-за того, что за это не надо никому ничего платить.

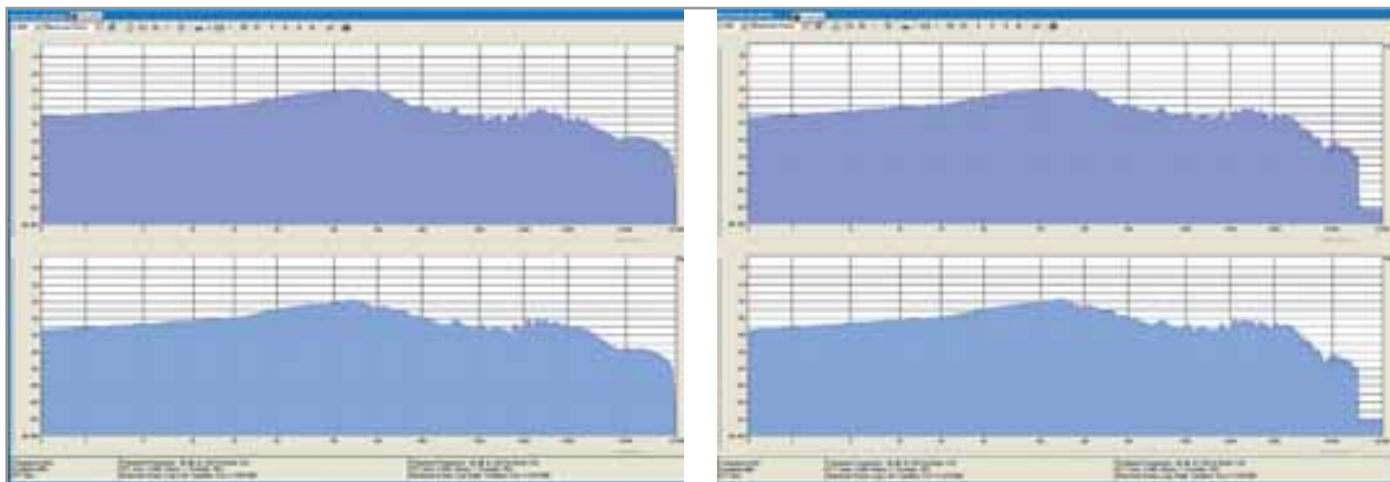
Неудивительно, что с таким подходом Vorbis изначально привлек к себе значительное внимание. Но ничто не дается даром: отказ от патентованных технологий не позволяет кодеку добиться сверхвысоких результатов. Хотя аутсайдером его назвать тоже сложно — последние версии кодека позволяют создавать файлы качества, сравнимого с AAC на большом диапазоне битрейтов, а аппаратная поддержка, пусть и несколько запоздало, появляется. С выпуском первых плееров, способных воспроизводить OGG-файлы, выяснилось еще одно интересное обстоятельство: аппаратный декодер оказался весьма прожорлив, не только вдвое быстрее, чем MP3, разряжая аккумуляторы, но и требуя достаточно больших объемов памяти для нормальной работы.

Через некоторое время после выхода кодека версии 1.01 появились слухи о том, что вот-вот начнется работа над Vorbis II, призванном решить эту проблему в ущерб совместимости, то есть фактически новый кодек будет урезанным Vorbis I. Впрочем, о конкретных сроках выпуска Vorbis II ничего не известно, а учитывая и без того черепашьи темпы развития формата, надежд на его скорое появление очень мало. Следствием подобной неопределенности стал постепенный переход бывших поклонников Vorbis на формат AAC.

Таким образом, судьба Vorbis не совсем понятна. Вряд ли он вымрет полностью, однако его шансы заместить AAC или MP3 на данный момент близки к нулю. С другой стороны, со своей изначальной задачей кодек справляется более чем хорошо, предоставляя разработчикам и пользователям бесплатный формат хранения музыки, превосходящий по возможностям MP3.



RealNetworks является разработчиком формата Real Audio, позволяющего кодировать звук с низкими битрейтами и приличным при этом качеством



При сравнении графиков частотных характеристик одного и того же трека, сохраненного без компрессии (слева) и «ужатого» в формате OGG с битрейтом 45 кбит/с (справа), заметно, что во втором случае частоты выше 15 кГц практически полностью «обрезаются»

» ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding)

ATRAC — формат, разработанный Sony для использования в мини-дисках (MD, Mini-Disc), позиционируемых фирмой в качестве замены компакт-кассет. По сравнению с обычными 12-сантиметровыми CD, мини-диски более компактны (7x7 см) и имеют возможность многократной перезаписи. MD содержит запись в цифровой форме, позволяет быстро перемещаться на нужный фрагмент и проводить редактирование записи (разбивать на треки, удалять и перемещать фрагменты).

В отличие от компакт-диска, хранящего аудиоданные в несжатой форме, мини-диск использует алгоритм психоакустической компрессии ATRAC, сжимающий звуковой сигнал с коэффициентом примерно 1:5 без замет-

ной потери качества. На данный момент MD позволяет использовать следующие версии алгоритма: ATRAC1 Stereo (292 кбит/с), ATRAC1 Mono (146 кбит/с), ATRAC3 Stereo Longplay 2x (LP2) (132 кбит/с), ATRAC3 Stereo Longplay 4x (LP4) (66 кбит/с).

При этом реализаций алгоритма также несколько: ATRAC-1, ATRAC-2, ATRAC-3, ATRAC-4 и ATRAC-4.5 (то есть ATRAC3 и ATRAC-3 вовсе не одно и то же). Реализации вплоть до ATRAC-3 отличались весьма невысоким качеством звучания, что несколько попортило репутацию формата. Считается, что современные версии алгоритма (4.5) позволяют сжимать музыку так, что при битрейте 292 кбит/с она не отличается на слух от Audio CD.

Потенциально ATRAC позволяет хранить звук с более высоким, чем CD, качеством

(что не пропустили журналисты многих изданий, воспевавших формат). Однако почувствовать разницу можно лишь на так называемых prerecorded-дисках (неперезаписываемых), на практике компрессия динамики и артефакты при кодировании музыки с компакт-дисков все же присутствуют.

Несмотря на то что стандарт был разработан для хранения звука на мини-дисках, из-за невысокого потребительского спроса на оборудование для прослушивания MD компания Sony выпустила специальное ПО, позволяющее конвертировать Audio CD в формат ATRAC и затем записывать полученные данные на обыкновенные компакт-диски. Однако проигрываться такие диски будут только на ПК (после установки специального ПО) и некоторых моделях дек и плееров производства все той же Sony. »

Основные характеристики аудиоформатов использующих компрессию звука

| Формат | MP3 | MP3pro | AAC | WMA | OGG Vorbis | ATRAC | |
|--|---|--|--|--|---|--|--|
| Создатель/активные разработчики кодеков | Fraunhofer, LAME team, Real Networks | | Fraunhofer, Dolby, Apple, Ahead, Dicas | Microsoft | Xiph.org | Sony | |
| Адрес разработчика в Интернете: | www.iis.fraunhofer.de | | www.iis.fraunhofer.de | www.microsoft.com | www.xiph.org | www.sony.com | |
| Поддерживаемые частоты дискретизации, кГц | 8-48 | 44,1 (в свободном доступных реализациях) | 8-96 | 8-96 | 8-192 | Нет данных | |
| Диапазон битрейтов (для стереосигнала), кбит/с | 32-320 (от 8 для MPEG-2.5) | | 32-320 (может быть ниже при использовании AAC HE) | 48-192 (WMA 9) | 32-500 (от 6 при использовании кодера Floggy) | 66-292 | |
| Количество поддерживаемых каналов | 2 | | 48 | 8 (в WMA 9) | 255 | 2 | |
| Поддержка CBR/VBR | •/• | | •/• | •/• (WMA 9) | •/• | •/- | |
| Стоимость лицензии на создание единицы декодера/кодера, \$ | 0,75/5,00 | 1,25/5,00 | 0,24/0,24 | 0,10/0,20 | Бесплатно | Нет данных | |
| Выводы | Универсальный формат для хранения и передачи музыки | | Достойная замена MP3 с отличным качеством звучания и поддержкой многоканальных записей | Вполне подойдет для MP3-плееров на флэш-памяти | Качественный бесплатный формат | Для хранения музыки на компьютере мало полезен | |

» Musepack (MPEG plus)

Меломаны со стажем по праву считают Musepack (ранее именовавшийся MPEG Plus, название пришлось сменить во избежание проблем с MPEG) наиболее совершенным из существующих аудиокодеков, использующих сжатие с потерями. Даже несмотря на то, что его ближайшим родственником является MP2 (предшественник MP3), формат не только прекрасно работает с музыкой на средних и высоких битрейтах, но и вполне способен соперничать с Vorbis и AAC в области 128 кбит/с. Секрет успеха прост: созданная разработчиками психоакустическая модель превосходит большинство аналогов, позволяя добиться высоких результатов. К сожалению, развитие Musepack идет не очень быстро, да и вниманием разработчиков ПО и железа он обделен (плагины для плееров Winamp и XMMS, разумеется, есть). Впрочем, если наличие аппаратной поддержки для вас не критично и вы являетесь ценителем качества, обязательно обратите внимание на этот формат.

Real Audio

До недавнего времени компания RealNetworks активно использовала для онлайн-трансляций свой собственный формат кодирования музыки. Его отличительной особенностью являлась возможность создания файлов вполне сносного качества на битрейтах уровня 20 кбит/с, что позволяло организовывать интернет-передачи, доступные для прослушивания даже по dial-уплиниям, или выкладывать владельцам

аудиомагазинов небольшие музыкальные фрагменты, которые можно прослушать в режиме реального времени перед заказом понравившегося диска.

Учитывая достаточно жесткую привязанность формата к Real One Player, можно сказать, что особого смысла в использовании «родного» формата RA для большинства пользователей нет. Добиться сносного звучания на сверхнизких битрейтах можно при помощи любого современного кодека (AAC plus, Vorbis, WMA). Кстати, заменой старому кодеку в Real Audio 10 стал не кто иной, как AAC plus, прекрасно подходящий для передачи музыки с высокой степенью компрессии.

Трудность выбора

Каждый из описанных форматов имеет как достоинства, так и недостатки, а потому выбор того или иного кодека для хранения любимой музыки может стать нелегкой задачей. Позволим себе дать несколько полезных советов.

- Если вы точно не хотите через пять-десять лет остаться у «разбитого корыта», встав перед фактом, что горячо любимым вами формат благополучно прекратил свое существование, а все накопленные за это время файлы превратились в мусор, придерживайтесь форматов на основе промышленных стандартов MPEG. На данный момент это MP3 и MPEG-4 AAC. Шансы на полное вымирание у последнего в обозримом будущем минимальны. У первого, впрочем, тоже.
- Несмотря на всю свою привлекательность, форматы Musepack и Vorbis рискуют

потерять всю свою популярность уже в ближайшие годы. И если Vorbis наверняка останется на плаву благодаря сильной поддержке сообществ Open Source и Linux, то будущее Musepack весьма туманно.

► Мы настоятельно не рекомендуем использовать Liquid Audio, VQF, Xing MPEG Encoder и другие старые и мало популярные кодеки, которые еще доступны на некоторых интернет-ресурсах. Можно, конечно, немного поиграть с их настройками и сравнить звучание с современными кодеками, только практическая польза от полученных файлов будет равна нулю: возьмите любой современный кодек — и он выполнит ту же работу лучше.

■ ■ ■ Тарас Бризицкий

Полезные ресурсы

www.audiocoding.com

Если вас интересует техническая сторона работы кодеков, обязательно загляните в раздел «Wiki» этого сайта. Впрочем, и помимо «Wiki» на нем немало интересного.

www.hydrogenaudio.org

Англоязычный форум, собравший большое количество энтузиастов и профессионалов, интересующихся возможностями качественного кодирования звука.

www.rarewares.org

Никакого «пиратского» ПО, только легальный софт. Зато найти все собранные здесь программы где-либо еще будет очень непросто: рай для фанатов LAME, FAAC, Vorbis и т. д.

www.rjamorim.com/rw

Здесь содержится уникальная подборка устаревших, непопулярных и малораспространенных кодеков. Наверняка это понравится всем, кто интересуется историей развития алгоритмов кодирования.

| | Musepack | Real Audio | VQF | Liquid Audio | PAC | Astrid/Quartex AAC |
|--|---|--|--|---|--|--|
| | Frank Klemm, Andree Buschmann | Real Networks | Yamaha (TwinVQ создан NTT Human Interface Research Institute) | Liquid Digital media | Bell Labs, Celestial Technologies, Lucent | Нет данных |
| | www.musepack.tk | www.real.com | www.global.yamaha.com | www.liquidaudio.com | www.lucent.com | Нет данных |
| | 32-48 | Нет данных | 44,1 (о поддержке других частот нам не известно) | 44,1 (о поддержке других частот нам не известно) | 44,1 (о поддержке других частот нам не известно) | 44,1 (о поддержке других частот нам не известно) |
| | 130-300 | 32-352 (для кодера Real One, использующего также ATRAC3) | 80-96 (до 192 для VQF2) | 96-128 (для большинства коммерчески распространяемых записей) | 24-128 | 64-128 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | —/• | •/— | •/— | •/— | •/— | •/— |
| | Не оговаривается | Нет данных | Формат официально не поддерживается | Формат официально не поддерживается | Нет данных | Формат официально не поддерживается |
| | Мечта аудиофила, хотя без аппаратной поддержки формат теряет актуальность | Если не собираетесь открывать крупную интернет-радиостанцию, этот формат вам не пригодится | Формат прекратил существование | | | |