**История звукозаписывающей техники**

Создание компьютерного звука — это современный этап истории развития звуковой техники. Кратко познакомимся с этой историей.

С конца XIX века бурно развивались технические средства хранения и передачи информации. Так, в конце XIX века знаменитым американским изобретателем Томасом Эдисоном был изготовлен фонограф.

Принцип работы фонографа состоит в следующем. Речь, музыка или пение создают звуковые колебания, которые передаются на записывающую иглу фонографа. Игла, воздействуя на поверхность вращающегося воскового валика, оставляет на ней бороздку с изменяющейся глубиной — звуковую дорожку. При воспроизведении звука происходит обратный процесс: движение считывающей иглы по звуковой дорожке сопровождается ее колебаниями с той же частотой. Эти колебания превращаются фонографом в слышимый звук. Фонограф Эдисона — первое в истории устройство для записи звука.

На этой же идее было основано производство целлулоидных грампластинок и механизмов, воспроизводящих записанный на них звук: граммофона и патефона.

В середине XX века появился электрофон — электрический аналог патефона.

**Аналоговое представление звука**

Звуковая дорожка грампластинки — это пример непрерывной формы записи звука.

Такую форму называют аналоговой. В электрофоне колебания движущейся по звуковой дорожке иглы превращаются в непрерывный электрический сигнал, показанный. Такой график называется осциллограммой. Он может быть получен с помощью прибора, который называется осциллографом.

Электрический сигнал передается на динамик электрофона и превращается в звук.

В XX веке был изобретен магнитофон — устройство для записи звука на магнитную ленту. Здесь также используется аналоговая форма хранения звука. Только теперь звуковая дорожка — это не механическая «бороздка с ямками», а линия с непрерывно изменяющейся намагниченностью. С помощью считывающей магнитной головки создается переменный электрический сигнал, который озвучивается акустической системой.

До недавнего времени вся техника передачи звука была аналоговой. Это и телефонная связь, и радиосвязь. При телефонном разговоре звуковые колебания мембраны микрофона превращаются в переменный электрический сигнал, который передается по электрическим проводам. В принимающем телефоне они превращаются в звук.

**Цифровое представление звука**

Вам уже знаком основной принцип хранения информации в памяти компьютера — принцип дискретности: любые данные в памяти компьютера хранятся в виде цепочек битов, т. е. последовательностей нулей и единиц. Современные компьютеры умеют работать со звуком. Значит и звук в компьютерной памяти хранится в дискретной форме, т. е. в виде цифр.

Микрофон используется для ввода звука в компьютер. Непрерывные электрические колебания, идущие от микрофона, преобразуются в числовую последовательность. Эту работу выполняет устройство, подключаемое к компьютеру, которое называется аудиоадаптером, или звуковой картой. Воспроизведение звука, записанного в компьютерную память, также происходит с помощью аудиоадаптера, преобразующего оцифрованный звук в аналоговый электрический сигнал звуковой частоты, поступающий на акустические колонки или стереонаушники. Из сказанного следует, что звуковая карта совмещает в себе функции ЦАП и АЦП. Первый процесс называется аналого-цифровым преобразованием (АЦП), второй — цифро-аналоговым преобразованием (ЦАП).

**Способы кодирования звуковой информации. Метод FM**

Звук – это волны, распространяющиеся в твердых телах, жидкостях и газах, вызванные колебаниями частиц среды. Изменения давления акустической волны на препятствия, позволяет слуховому аппарату человека регистрировать звук.

Основными характеристиками любой волны являются частота и амплитуда. Амплитуда акустического сигнала характеризует громкость звука, а частота – тон.

Акустическая волна является непрерывной, поэтому для обработки на компьютере ее необходимо преобразовать в цифровую форму. В ходе кодирования звуковая информация подвергается временной дискретизации и квантованию.

Процесс временной дискретизации заключается в регистрации параметров звука через определённые очень короткие промежутки времени, в пределах которых сигнал считается неизменным. Частоту измерения сигнала называют частотой дискретизации.

В течении временной дискретизации непрерывный диапазон значений амплитуды звуковой волны квантуется путем разбиения на дискретную последовательность значений амплитудных уровней.

Количество бит, отводимых для записи номеров уровней называется глубиной кодирования звука.

Глубина кодирования звука связана с количеством уровней квантования по формуле:

N = 2^i

где N – количество уровней разбиения амплитуды сигнала,

i – число бит (глубина кодирования), отводимых для кодирования уровней амплитуды сигнала.

**Связь частоты дискретизации и глубины кодирования с качеством звука.**

Чем выше частота дискретизации и глубина кодирования звука, тем точнее цифровое представление оригинального непрерывного звукового сигнала.

Повышая частоту дискретизации и глубину кодирования звука, можно более точно сохранить, а затем восстановить форму оригинального звукового сигнала. Необходимо заметить, что в этом случае увеличивается объем сохраняемого файла. В различных ситуациях при цифровой записи звука используют разные значения частоты дискретизации и глубины кодирования звука.

Для расчета информационного объема звукового файла используется следующая формула:

I = i • ν • t • k

где i – глубина кодирования

ν – частота дискретизации

t - время звучания файла, k - коэффициент, знaчение которого зависит от качества звука: моно - 1, стерео - 2, квадро – 4

При таких преобразованиях неизбежны потери информации, связанные с методом кодирования, поэтому качество звукозаписи обычно получается не вполне удовлетворительным и соответствует качеству звучания простейших электромузыкальных инструментов с окрасом, характерным для электронной музыки. В то же время данный метод кодирования обеспечивает весьма компактный код, и потому он нашел применение еще в те годы, когда ресурсы средств вычислительной техники были явно недостаточны.

**Метод таблично-волнового (Wave-Table)**

Метод таблично-волнового (Wave-Table) синтеза лучше соответствует современному уровню развития техники. Если говорить упрощенно, то можно сказать, что где-то в заранее подготовленных таблицах хранятся образцы звуков для множества различных музыкальных инструментов (хотя не только для них). В технике такие образцы называют сэмплами. Числовые коды выражают тип инструмента, номер его модели, высоту тона, продолжительность и интенсивность звука, динамику его изменения, некоторые параметры среды, в которой происходит звучание, а также прочие параметры, характеризующие особенности звука. Поскольку в качестве образцов используются «реальные» звуки, то качество звука, полученного в результате синтеза, получается очень высоким и приближается к качеству звучания реальных музыкальных инструментов.

**Формат MP3**

В MP3 информация записывается чуть по-другому. В основе всего лежит так называемое преобразование Фурье. Что же это такое?

Мы знаем, что звук – это волна. Но если посмотреть, как выглядит аудиосигнал, окажется, что это какая-то уродливая волна: на самом деле это не звук такой страшный. Просто часто звук — это смесь волн разной частоты. Накладываясь друг на друга, они и приводят к такому виду.

Но преобразование Фурье позволяет понять, какие частоты есть в этом звуке. И, соответственно, с какой интенсивностью звучит каждая из них. Оно раскладывает сигнал на элементарные составляющие. По сути, графический эквалайзер это и есть преобразование Фурье.

**Преобразование Фурье**

Когда кодируется MP3 файл, он сначала разбивается на фреймы (фрейм — структура, содержащая некоторую информацию, обычно по 1152 сэмпла/замера). Над каждым производится преобразование Фурье, благодаря которому мы узнаем, какие частоты есть в каждом фрейме. И вот тут начинается самое интересное!

В дело вступает то, что наше ухо не идеально (и это не то, что кому-то медведь на него наступил). Просто само по себе восприятие звуков нами очень необычно.

**Обрезка высоких частот**

Например, в MP3 используется то, что чувствительность к высоким частотам с возрастом ухудшается. После 35 лет многие уже не слышат все, что выше 16000 Герц. Таким образом, кстати, с помощью звука можно определять примерный возраст человека:

Поэтому MP3 сразу обрезает частоты выше 16000 Герц. Жестко, согласен, но сами послушайте 16000 Герц. Писк может быть ощутимый, но редко где он будет сильно влиять на восприятие звуковой картины.

**Эффект маскировки**

Обрезая частоты удается немного уменьшить размер файла. Но есть и другие хитрости, например, эффект маскировки.

Частотная маскировка. Если сигнал на какой-то частоте довольно громкий, он может заглушить соседние частоты. И частоты, кратные ему, по-другому, гармоники. То есть мы можем просто убрать часть звукового сигнала, и никто не заметит!

Временная маскировка. Оказывается, если есть громкий сигнал, то после него возникает очень кратковременный период глухоты (до 50 микросекунд). Так что если в одном фрейме был такой звук, то в другом на этой частоте можно просто убрать весь звук, и никто не заметит.

**Стерео**

Так же, при записи стерео, есть очень хитрый ход, который уменьшает данные, но не ухудшает качество. В файл записываются не левый и правый канал отдельно, а, внимание: сумма каналов, деленная пополам (среднее арифметическое), и разность каналов.

Музыкальные треки микшируются так, что большая часть инструментов звучит в обоих каналах одинаково, то есть в разности каналов не очень много деталей. Поэтому кодируется эта разность более грубо, что дополнительно уменьшает размер файла. При воспроизведении, разумеется, из такой записи восстанавливаются истинный левый и правый каналы.

**Алгоритм Хаффмана**

Но это не совсем удаление информации. Мы просто заменяем ее одинаковыми символами (например, нулями), но эти символы-то остаются в файле! Так что для итогового уменьшения размера используется код Хаффмана.

Работает он так. Символы, которые встречаются часто в последовательности, кодируются меньшим количеством бит. А символы, которые редко встречаются, кодируются бóльшим количеством бит.

Теперь все просто. Если в нашем кусочке будет много удаленных звуковых составляющих, оно будет кодироваться просто малым количеством бит, и итоговый файл будет занимать намного меньше места!

Ну а далее, все выжившие коэффициенты преобразования записываются во фрейм, фреймы склеиваются и получается готовый файл. Декодирование происходит полностью в обратном порядке.

**Итог**

Как понимаете, при кодировании MP3 возникают потери. Да, нас очень сильно обманывают. Но это только потому, что наше восприятие звука неидеально и мы сами позволяем подобную ложь.

Однако, это хорошо, ведь благодаря такой «неидеальности» мы можем слышать собеседника в шумной толпе, мы не глохнем, когда оказываемся на рок-концерте и можем скачивать много-много музыки из интернета, не тратя драгоценный трафик.

И, с одной стороны, да, наш слух может различить только 9% звуковой информации. Но, с другой стороны, это же круто! Нам достаточно только 9%, чтобы отчетливо воспринимать всё звучание. Так что на самом деле наши мозг и уши – большие молодцы!