УДК 78.02 : 681.82.073

Сергей Воронцов

АЛГОРИТМЫ И ПАРАМЕТРЫ КОМПРЕССИИ ЦИФРОВОГО ЗВУКА

В данной статье рассматривается компрессия цифрового звука, в том числе компрессия записей музыки, существующих на цифровых носителях. Ее не следует путать с обычной компрессией аналогового звука применяемой в звукозаписи и концертном звукоусилении, задача которой состоит в сужении динамического диапазона обрабатываемого звукового сигнала, что делает более тихими громкие ноты и повышает громкость тихих нот, тем самым уменьшая разницу между их уровнями. При прослушивании музыкальных записей следует иметь ввиду, что подавляющая часть музыки в современном мире существует именно на цифровых носителях поскольку, аналоговых источников, таких как виниловая пластинка, практически не осталось. Понятно также, что и музыка в сети Интернет имеет исключительно цифровую природу. Поэтому важно понимать каким преобразованиям подвергалась цифровая музыка, прежде чем превратиться в звук, льющийся из динамиков при ее воспроизведении и как это могло отразиться на качестве звука.

Говоря о компрессии оцифрованного звука мы подразумеваем процесс уменьшения объемов звуковых файлов, которое достигается за счет уменьшения количества дискретов (отсчетов) и уменьшения числа битов, приходящихся на один отсчет, но с условием, чтобы это уменьшение не приводило к деградации качества звука.

Нетрудно понять, что звуковые и видеофайлы большого объема создают проблемы для хранения на магнитных и оптических носителях, а также задержки при загрузке из Интернета. Алгоритмы и методы компрессии цифровых данных помогают решить эти проблемы, уменьшая в несколько раз размер файла при том, что порой весьма значительное уменьшение размера не приводит к потере качества аудио или видео материалов. Существуют два вида компрессии – (1) компрессия без потерь, при которой имеется возможность точного восстановления исходных данных, в результате чего исход-

ный и восстановленный файлы побитно совпадают и (2) компрессия с потерями.

Компрессия без потерь хорошо известна всем пользователям ПК [1] ведь мы регулярно пользуемся архиваторами RAR, ZIP и другими. Применение подобных алгоритмов возможно и к файлам, содержащим оцифрованный звук, хотя при этом обычно удается получить сжатие не более чем в 1,5–2 раза.

Подобно архиваторам, алгоритмы компрессии звука без потерь в процессе преобразования данных создают таблицы повторяющихся последовательностей битов, а затем заменяют часто встречающиеся комбинации битов более короткими последовательностями. Следует отметить, что звуковой сигнал в оцифрованном виде обычно не содержит повторений, то есть в нем нет участков, повторяющихся в точности, отчасти это есть следствие имеющихся в записи шумов и прочих нелинейных искажений. Следовательно, применение алгоритмов компрессии без потерь к звуковым сигналам и музыкальным записям в общем случае не является достаточно эффективным.

Скачивание музыки и кинофильмов в компьютерных сетях в настоящее время является чрезвычайно популярным и постоянно требует более значительного уменьшения объема цифровых данных. Поэтому делается все возможное для сокращения времени загрузки и уменьшения размера аудиофайлов.

Большей степени сжатия аудиоданных можно достигнуть, если использовать спектральные свойства оцифрованного звука, при этом не важно, что именно содержит исходный сигнал – музыкальный фрагмент или речевую запись, и в дополнение к этому использовать особенности восприятие звука человеческим ухом. Безусловно, применение подобных методов характерно для компрессии с потерями, хотя бы потому, что они не подразумевают точное восстановление формы исходного звукового сигнала. Главная задача подобных методов достичь максимальной степени сжатия цифровых данных при условии отсутствия субъективно воспринимаемых искажений звука или, в крайнем случае, добиться того, чтобы эти искажения были малозаметны. Успех формата MP3 обусловлен именно этими обстоятельствами.

Те звуковые файлы, которые требовали длительного времени загрузки и занимали много места на жестком диске компьютера, по-

сле преобразования в формат MP3 могли загружаться значительно быстрее и в зависимости от степени компрессии занимали примерно в десять раз меньше места, чем исходный звуковой файл в формате WAV. При этом качество звука оставалось примерно на том же уровне, или, по крайней мере, при воспроизведении музыки на компьютере разница в звучании не была заметна. Следовательно, музыка в сети Интернет стала легко доступной. Не следует однако забывать, что авторские права накладывают определенные ограничения на распространение музыки через Интернет поэтому, копирование альбомов, защищенных авторским правом, является незаконным.

Для начала нам нужно рассмотреть некоторое математическое представление звука. Мы можем описывать звук двумя способами:

- фиксацией амплитуды звука через очень малые интервалы времени, что позволяет определить его как временную функцию;
- анализом частотного спектра звука путем фиксации амплитуды каждой частоты, т. е. анализ частотной функции звука.

Пусть у нас имеется простой звук, состоящий всего из одной гармоники, то есть, так называемый чистый тон. В примере на рис. 1 мы видим сигнал, состоящий из синусоидальной волны в 32 Гц. Это очень низкий басовый звук и на рисунке представлено отображение колебаний во временной области.

В частотной области (рис. 2) мы видим, что состав сигнала – лишь одна волна (один пик), имеющая частоту колебаний32 Гц и амплитуду равную 1, то есть это чистый сигнал.

В действительности звук можно представить в виде совокупности простых гармоник или чистых тонов, что приведет к появлению в частотном спектре множества линий разной высоты (от 0 до 1) и, следовательно, спектр будет иметь довольно сложную структуру.

При рассмотрении компрессии цифрового звука следует прежде всего упомянуть об исходном, несжатом формате данных. Это необходимо для понимания того насколько эффективными с точки зрения экономии объема и снижения скорости передачи данных являются те или иные методы компрессии.

Принято определять в битах (или килобитах, Кбит) объем оцифрованных данных, который требуется для хранения или передачи по

сети одной секунды звука. Этот параметр называется скоростью потока или битрейтом.

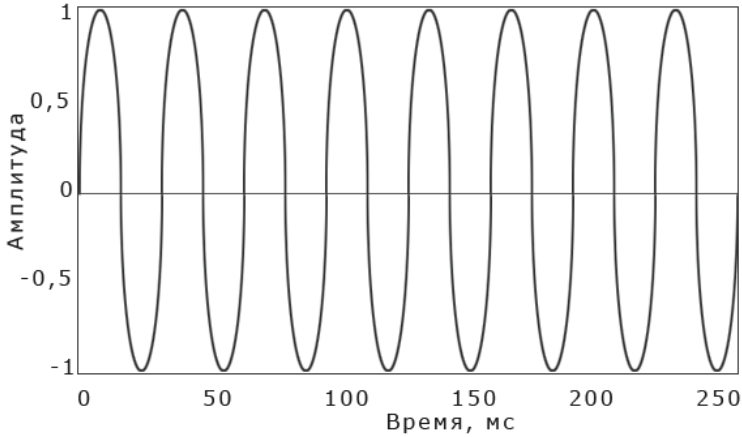

Рис. 1. Зависимость амплитуды звука от времени. Синусоидальные колебания

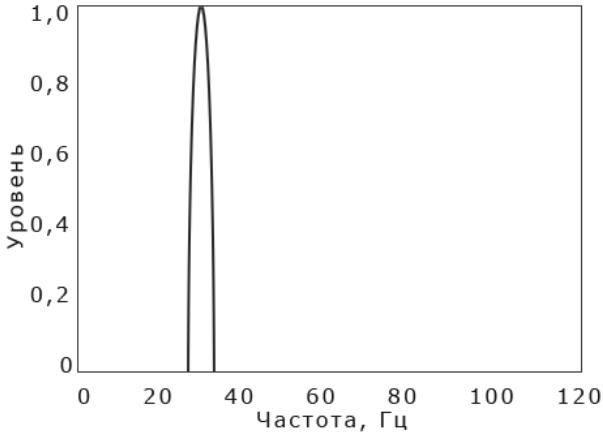

Рис. 2. Частотный спектр сигнала

Наиболее распространенным форматом цифрового звука является формат аудио компакт диска (CD Audio или формат WAVE), имеющий частоту дискретизации (число отсчетов в секунду) 44100 Гц и разрядность квантования 16 бит. Таким образом, скорость потока данных с учетом 2-х каналов для стереозвука составляет:

16*44100*2 = 1 411 200 бит/сек или 1378,1 Кбит/сек

при учете того факта, что 1 Кбит содержит 1024 бита.

Рассмотрим далее, как разные алгоритмы компрессии работают при сжатии сигнала с высокими уровнями амплитуды. Цель любого алгоритма или метода компрессии состоит в том, чтобы произвести преобразование сигнала звуковой частоты в цифровое представление таким образом, чтобы при декодировании и последующем воспроизведении он оказался бы неотличимым от исходного сигнала.

Для кодированного представления желательно использовать минимальное количество цифровой информации вследствие чего становится возможным уменьшение скорости цифрового потока битов. Перцепционное (от английского perception – восприятие) кодирование производит определенную обработку данных и позволяет выбросить некоторую звуковую информацию, ту которая незаметна для человеческого слуха. Такой метод сжатия данных основывается на основополагающих принципах психоакустики – изменения чувствительности и громкости слухового восприятия при изменении частоты звука; звуковой маскировки по шкале времени и частоты; разном восприятии звука в разных частотных интервалах.

Известны разные алгоритмы и методы компрессии, применение которых обусловлено спецификой решаемой задачи. Рассмотрим эти алгоритмы в общих чертах.

Адаптивная дифференциальная компрессия

Адаптивная дифференциальная компрессия (Adaptive Differential Pulse Code Modulation, ADPCM) является одним из основных алгоритмов для сжатия оцифрованных сигналов при записи речи. Для му-

зыки этот алгоритм меньше подходит, поскольку вносимые искажения иногда заметны на слух, хотя при этом практически не влияют на разборчивость речи. Не влияют они и на узнаваемость голоса диктора или вокалиста. Последнее обстоятельство обусловило широкое распространение адаптивной дифференциальной компрессии в цифровой телефонии. Данный алгоритм позволяет сжать 1 секунду исходного речевого сигнала до 2 Кбайт, таким образом скорость потока снижается до всего лишь 16 Кбит/сек. Это очень низкий и экономичный битрейт. С другой стороны если применять этот алгоритм в умеренной степени, то результаты оказываются очень неплохими и субъективно вносимые искажения оказывается почти незаметными. В настоящее время сервисы Интернет-телефонии основаны именно на применении данного вида компрессии в различных вариациях и с разными усовершенствованиями

Адаптивная дифференциальная компрессия основывается на двух принципах. Первое, экспериментально подтверждено, что в речевых сигналах преобладают низкочастотные медленно меняющиеся компоненты. На практике это значит, что разность между соседними отсчетами сигнала сравнительно мала, то есть она значительно меньше абсолютной величины самих отсчетов. Следовательно, оцифрованный речевой сигнал можно представить в виде разности соседних отсчетов, а не самими отсчетами, что, конечно же, дает большую экономию так как требует меньше бит для представления сигнала. В этом и заключается суть данного метода.

Второе, для того, чтобы более точно отобразить скачки уровня громкости исходного сигнала и избежать соответствующего увеличения количества бит, необходимого для корректного представления разности амплитуды соседних отсчетов, используется адаптация, позволяющая отследить увеличение громкости на низкочастотных компонентах сигнала при неизменности его спектрального состава.

Следует отметить, что существует много вариаций ADPCM, они применяются в разных программах компрессии звуковых файлов. Однако, они все имеют общую особенность, которая состоит в следующем: квантование разности соседних отсчетов ведется с учетом уровня амплитуды и динамики ее изменения. Эта особенность отслеживания уровня сигнала как раз и называется адаптацией.

Качество звука адаптивной разностной компрессии можно оценить во время обычного телефонного разговора по межгороду, так как при этом голос кодируется ADPCM 16 кбит/с. К сожалению, как уже упоминалось, для компрессии музыки данный алгоритм не подходит из-за заметной деградации качества звука и это было бы примерно так, как слушать музыку по телефону.

Компрессия на основе моделирования человеческого аппарата извлечения звука

Путем большого числа экспериментальных наблюдений удалось выяснить взаимосвязь между особенностями голосового аппарата человека и информативными звуками большинства человеческих языков. Обычно амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра низких или высоких частот имеет достаточно острые резонансные всплески. С другой стороны, человек может генерировать и так называемый белый шум при произношении шипящих звуков. При генерации звука человеку свойственна периодичность шумовых и возбуждающих звуков с их фильтрацией во время прохождении по голосовому тракту. На аналогии с этим и основывается способ уменьшения объема информации, необходимой для цифрового представления речевого сигнала.

Не вдаваясь в подробности, попробуем пояснить суть данного метода компрессии, применение которого стало возможным по мере развития и усовершенствования синтезаторов речи. Существенным моментом здесь является возможность моделирования аппарата звукоизвлечения человека. А раз так, то можно иногда вместо записи реального речевого или вокального фрагмента воспользоваться его моделью, если при оцифровке данного фрагмента было установлено соответствие данного фрагмента какой-либо из известных моделей, имеющихся в базе данных нашего речевого синтезатора.

Тогда цифровая запись частично содержит реальный цифровой код исходного речевого сигнала, а частично заменяется моделируемым речевым сигналом. Это дает определенную экономию так, что можно говорить о компрессии как об уменьшении количества цифровых данных, необходимых для воспроизведения исходного сигна-

ла с достаточной степенью достоверности. Практические результаты применения данных алгоритмов компрессии можно услышать, если воспользоваться мобильным телефоном стандарта GSM 9600 или bluetooth гарнитурой.

Алгоритмы компрессии, основанные на использовании свойств человеческого слуха

Человеческий слух имеет целый ряд физиологических особенностей, Это следует учитывать при создании эффективных алгоритмов компрессии звуковых данных для увеличения скорости передачи и минимизации объемов файлов на носителях информации. При этом на слух, то есть субъективно, потери качества звука будет минимальны или незаметны вовсе. Первое очевидное свойство слуха – это маскирование тихого звука, следующего сразу за громким. После громкого хлопка (например, выстрела пистолета или звука падения тяжелого предмета) на сцене во время спектакля в течение какого-то времени мы теряем способность слышать слабые звуки.

Для применения алгоритма маскирования важно лишь отношение мощности громкого сигнала к мощности тихого. Замаскированный, неслышимый сигнал просто выбрасывается и не передается через системы передачи данных. Например, достаточно громкий щелчок продолжительностью всего 0,1 сек может замаскировать последующие тихие звуки на 0,5 сек, значит, их можно не сохранять. Легко видеть, что если мы просто удалим из цифрового потока эти 0,5 сек (в течение этого времени мы все равно ничего не слышим) то коэффициент компрессии на данном локальном участке будет 6:1.

Данная процедура называется маскированием во временной области. Другая особенность человеческого слуха – это маскирование в частотной области. Заключается оно в следующем: длительный или громкий синусоидальный сигнал маскирует более тихие сигналы близкой частоты. Чем ближе по частоте более слабый сигнал, тем сильней он маскируется, а чем дальше по частоте, тем меньше проявляется эффект маскировки.

При компрессии в частотной области используется еще одно любопытное свойство человеческого слуха, которое заключается в сле-

дующем, ухо значительно менее чувствительно к частотным сдвигам, чем к искажениям формы звукового сигнала. Последние возникают, если компрессия производится за счет уменьшения количества бит для записи отсчетов амплитуды звукового сигнала на шкале времени. В то же время на шкале частот уменьшение точности на 1 %, что достигается применением 7-битного квантования (128 значений) дает почти незаметное на слух искажение, а ведь по сравнению с 8-битным квантованием это компрессия в 2 раза. Ну а если бы такое же 7-битное квантование вместо 8-битного применялось во временной области, то искажения были бы весьма заметны. Кроме того, на краях спектра звуковых частот в диапазоне 20–200 Гц, а также 14–20 кГц человеческий слух существенно менее чувствителен к ошибкам квантования в частотной области. Значит, в этих областях допустимо квантование с числом бит меньшим, чем в области средних частот.

Здесь можно отметить, что компрессия, использующая свойства человеческого слуха, широко применяется для сжатия цифровой музыки.

Все из вышеописанных свойств слуха интенсивно эксплуатируются в современных системах компрессии звуковых данных. Мы не ставим целью рассмотреть или даже перечислить все алгоритмы и методы компрессии. Их достаточно много и компрессия оцифрованных аудио данных выполняется как программными средствами, например, с помощью программ для работы со звуком в операционной системе Windows, так и аппаратными средствами с помощью специальных микрочипов.

Наиболее широкое распространение получили Dolby Digital AC3 и MP3. Эти два алгоритма компрессии звука отличаются лишь в деталях. Формат MP3 для аудио-компрессии [2, стр. 305] (сокращение от MPEG Audio 1 Layer 3), был предложен в 1991 году. Система компрессии звука MPEG Audio это полностью открытый формат, поэтому существует целый ряд его разновидностей и усовершенствований. Разработчики MP3 использовали принцип маскирования в частотной и временной области с распределением плотности бит в соответствии с тем, как устроена кривая чувствительности человеческого уха и соответственно варьировали коэффициент компрессии. Последующий стандарт MPEG 4 предусматривает еще большее сжатие данных

цифрового звука (музыки) вплоть до 4 кбит/с, а тракта при сжатии речевых данных даже до 2 кбит/с.

Технология компрессии MP3 основывается на так называемой психоакустической модели восприятия звука. Как известно, наше ухо обладает разной чувствительностью к разным частотам. На основании этого алгоритм сжатия оставляет слышимые частоты, а те частоты, которые мы не слышим, выбрасываются. Принято считать, что люди слышат звук в диапазоне 20 Гц – 20 кГц, при этом максимально чувствительным является сравнительно небольшой участок спектра в диапазоне от 1 до 4 кГц. Формат MP3 использует так называемое «гибридное преобразование», с тем, чтобы одновременно преобразовывать сигнал во временной области и в области частот. Незаметное или малозаметное преобразование происходит сразу в двух пространствах.

Стоит только помнить о том, что аудиоинформация, отброшенная при кодировании в MP3, не может быть впоследствии восстановлена, другими словами, часть аудиоданных теряется безвозвратно. При преобразовании звукового файла в формат MP3 можно выбирать различные степени сжатия и соответственно, качество звучания будет обратно пропорционально степени компрессии. Чем выше степень сжатия и меньше размер файла – тем более будет заметна деградация звука, и наоборот, чем больше размер файла, тем лучше качество звука. Файл MP3, с компрессией потока данных до величины 128 Кбит/сек, имеет терпимое качество звучания, хотя предпочтительнее все же использовать скорость потока 192 или 256 Кбит/сек. Учитывая то, что в последнее время скорости передачи данных в сети Интернет заметно возросли, более популярным теперь являются битрейты 192 Кбит/сек и 256 Кбит/сек.

Формат AC3 разрабатывался специалистами из группы цифрового кодирования в лаборатории фирмы Dolby в течение длительного времени. В результате был создан высококачественный и в то же время сравнительно простой многоканальный звуковой кодер. Снижение скорости передачи цифрового потока может достигаться также одновременным кодированием нескольких звуковых каналов, вместо кодирования каналов по отдельности. Таким образом, появляется возможность поддерживать заданный уровень качества звука на более

низких скоростях, чем это было бы при использовании эквивалентных кодеров в одиночных каналах.

В принципе алгоритм AC3 не зависит от числа кодируемых каналов, тем не менее, его применение стандартизировано в соответствии с рекомендацией формата 5.1 с разбивкой по каналам: левый / центр / правый / левый тыл / правый тыл / субвуфер. AC3 очень хорошо передает пространственную локализацию каналов и дает высокую степень «прозрачности» звука на невысоких скоростях потока (320 кбит/с). Этот формат хорошо подходит для применения в недорогой, но сравнительно качественной аппаратуре цифровой обработки звуковых сигналов и имеется возможность перенесения алгоритма AC3 на другие сочетания каналов. Суть кодирования AC3 состоит в совместном компрессировании каналов, когда данные обрабатываются как одно целое, но общие данные распределены по каналам. На вход кодера AC3 обычно подается 6-канальное PCM-аудио 16…24 бит с частотой дискретизации 48 кГц. В этом заключается еще одно существенное отличие формата AC3 от MP3. У них разные частоты дискретизации.

Уменьшение скорости потока данных может достигаться с использованием разных принципов кодирования. Соответственно, декодирование данных осуществляется применением обратного преобразования. Иногда при декодировании данных могут потребоваться вспомогательные данные и дополнительные параметры, которые также передаются в исходном потоке информации.

Современные технологии кодирования цифрового звука, разработанные фирмой Dolby, широко применяются при создании звукового сопровождения в фильмах и видеозаписях DVD формата, в радиовещании и телевидении, кабельном и спутниковом, а также в телевидении с высоким разрешением (HDTV). Применение кодирования позволяет существенно повысить пропускную способность каналов в существующих стационарных комплексах студийного оборудования. Технология AC3 прочно захватила рынок.

Можно упомянуть еще один весьма популярный формат компрессии Ogg Vorbis [3]. Следует особо отметить, что конвертирование из одного формата сжатия с потерями, например MP3, в другой формат тоже с потерями, к примеру, Ogg Vorbis или наоборот делать не стоит, это лишено практического смысла ведь оба формата достигают

весьма высоких коэффициентов сжатия, выбрасывая какую-то часть аудиоданных, которые скорее всего не слышны. Но разные кодеки используют разные психоакустические модели, поэтому в каждом случае будут выброшены разные части исходных аудиоданных, хотя возможны и частичные совпадения. Поэтому, при преобразовании из MP3 в Ogg Vorbis, к частям аудиоданных, выброшенным кодеком MP3, добавятся еще и другие части, выброшенные теперь еще и кодеком Ogg Vorbis, что приведёт только к ухудшению качества звука.

Нежелательным также является преобразование компрессированного аудио из формата AC3 (например звуковая дорожка музыкального фильма в формате DVD) в формат MP3. Кроме вышеуказанных погрешностей, связанных с потерей данных в силу использования разных психоакустических моделей к этому добавятся еще ошибки, связанные с тем, что эти два формата имеют разные частоты дискретизации – 48 КГц и 44 КГц соответственно, и вследствие этого возникают дополнительные погрешности при ре-сэмплинге амплитуды сигнала.

В заключение можно сказать о том, что цифровой звук и компрессия цифровых аудиоданных это естественное объединение двух технологий, направленное на то, чтобы сделать доступным обмен мультимедийной информацией между самыми различными группами пользователей во всемирной паутине и все более интегрированными в нее мобильными сетями.

Однако в некоторых случаях компрессия с потерями все же является нежелательной. Автором были проведены сравнительные тесты с тем, чтобы определить субъективные потери качества при прослушивании компрессированной цифровой записи с разными битрейтами 320, 192 и 128 Кбит/сек в формате MP3 относительно несжатой фонограммы скрипичного концерта И. С. Баха a-moll BWV 1041, воспроизводимой с аудио- компактдиска. Вариант с битрейтом 320 Кбит/сек звучит довольно неплохо, хотя и ощущается потеря «пространства». При снижении битрейта до величины 192 Кбит/сек начинает ощущаться определенная «жесткость» по высоким частотам, т. к. именно в этой полосе спектра отсутствие отбрасываемых данных проявляется в первую очередь. При использовании битрейта 128 Кбит/сек, звучание становится уже

довольно неприятным. Помимо этого имеет место и определенное искажение восприятия фонограммы, которое состоит в следующем: вследствие описанного выше эффекта амплитудного и частотного маскирования, в некоторых местах становится менее разборчивой (т. е. хуже слышна) партия вторых и третьих скрипок.

При прослушивании музыки в ознакомительных целях использование цифровых записей с компрессией вполне оправдано, да и большинство слушателей не в состоянии заметить потери качества звука. Но для истинных ценителей и любителей музыки желательно все же не пользоваться компрессией с потерями, тем более, что возросшие за последние годы объемы носителей данных (жесткие диски, флэш-модули памяти и т. д.) и скорости доступа к Интернету в большинстве случаев позволяют иметь цифровые записи музыкальных произведений в форматах flac, ape или wv компрессии без потерь, имеющие характерные битрейты порядка 700–800 Кбит/сек, и эти форматы уже достаточно широко распространены.

Вывод, который можно сделать в результате данного рассмотрения заключается в следующем. Практически вся музыка в сети Интернет распространяется в компрессированном виде. Если это компрессия без потерь, то такие файлы при необходимости (например, для записи на болванку CD-R) можно преобразовать в исходный, несжатый формат. В случае компрессии с потерями дальнейшее преобразование форматов не имеет смысла за исключением случаев, когда есть необходимость прослушивания музыки на портативных устройствах, таких как MP3 плеер или мобильный телефон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ватолин Д. Сжатие без потерь. Московский Государственный Университет CS MSU Graphics&Media Lab. 2002. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://rpp.nashaucheba.ru/docs/index-48117.html.*
2. *Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. — Москва : Техносфера, 2004. — 368 с.*
3. *Е. Врублевский. Новое дыхание сжатого цифрового звука. 2005. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://websound.ru/articles/technologies/ogg_vorbis.htm.*

Воронцов С. Алгоритми і параметри компресії цифрового звуку. У цій статті розглянуто компресію звукових даних, шо застосовується усюди, де ми маємо справу зі зберіганням і передаванням цифрового звуку в комп'ютерних мережах. Показана небажаність подальших перетворень форматів цифрового звуку в разі компресії з втратами

Ключові слова: аудіо-компресія, стискування , цифровий звук, звукові файли, бітрейт, амплітудне і частотне маскування

Воронцов С. Алгоритмы и параметры компрессии цифрового звука. В статье рассматривается компрессия звуковых данных, которая применяется повсеместно там, где мы имеем дело с хранением и передачей цифрового звука в компьютерных сетях. Показана нежелательность дальнейших преобразований форматов цифрового звука в случае компрессии с потерями.

Ключевые слова: аудио-компрессия, сжатие, цифровой звук, звуковые файлы, битрейт, амплитудное и частотное маскирование.

Vorontsov S. The paper describes the audio data compression which is widely used anywhere when we deal with data storage and transmission over communication lines or in computer networks. The undesirability of further transformations of formats of digital sound is outlined in the case of compression with losses.

Key words: audio-compression, digital sound, audio files, bitrate, amplitude and frequency masking

УДК 811. 132'373

Елена Конакова

СИМВОЛ В КУЛЬТУРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЯЗЫКА

Мультикультурализм как один из основных принципов развития человеческой цивилизации стимулировал интерес к изучению взаимодействия языка и культуры, а также к функционированию языка в пространстве определенной культуры (Лотман, Лихачев, Борев).

В данной статье предпринята попытка рассмотрения некоторых испанских символов в поэзии Ф. Г. Лорки и в их переводе на русский