

УДК 004.932.2+004.932.72'1

Е. А. Барнацкий

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра компьютерной инженерии

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗВУКА ПОСРЕДСТВОМ ПЕРЕДИСКРЕТИЗАЦИИ

Аннотация

Барнацкий Е.А. Управление параметрами компьютерного преобразования звука посредством передискретизации. Выполнен анализ параметризации одномерного сигнала (компьютерного звука) в среде математического моделирования Matlab.

Ключевые слова: передискретизация, интерполяция, частота дискретизации, спектральные преобразования, вибрато.

Постановка проблемы. Компьютерная оцифровка звука неизбежно сопровождается погрешностью (шумом). Для минимизации шума в данной статье рассматривается подход, основанный на передискретизации.

Цель статьи – Пояснить процедуру компьютерной передискретизации звукового сигнала с целью уменьшения шума.

Постановка задачи исследования. Исходная форма звукового сигнала — непрерывное изменение амплитуды во времени — представляется в цифровой форме с помощью дискретизации по времени и квантованию по уровню.

Согласно теореме Котельникова любой непрерывный процесс с ограниченным спектром может быть полностью описан дискретной последовательностью его мгновенных значений, следующих с частотой, как минимум вдвое превышающей частоту наивысшей гармоники процесса. Частота F_d выборки мгновенных значений (отсчетов) называется частотой дискретизации.

Одновременно с временной дискретизацией выполняется квантование по уровню, т.е. сопоставление мгновенным значениям кодового слова. Точность измерения (двоичная разрядность N -получаемого дискретного значения) определяет соотношение сигнал/шум и динамический диапазон сигнала.

Полученный поток двоичных чисел, описывающий звуковой сигнал, называют представленным в формате импульсно-кодовой модуляции (Pulse Code Modulation, PCM), т.к. каждый импульс дискретизированного по времени сигнала представляется цифровым кодом.

Временная дискретизация и амплитудное квантование сигнала неизбежно вносят в сигнал шумовые искажения. Уровень шумовых искажений оценивается по формуле :

$$\text{SNR} = 6,02N + 10\lg (F_{\text{дискр}}/2F_{\text{макс}}) + C \text{ [дБ]} \quad (1)$$

Константа C варьируется для разных типов сигналов: для чистой синусоиды это 1.76 дБ, для звуковых сигналов — от -15 до 2 дБ. Отсюда видно, что к снижению шумов в рабочей полосе частот $0..F_{\text{макс}}$ приводит не только увеличение разрядности отсчета, но и повышение частоты дискретизации относительно $2F_{\text{макс}}$, поскольку шумы квантования располагаются по всей полосе вплоть до частоты дискретизации. Ниже приведен пример представления оцифрованного звука музыкального треугольника, в математическом пакете Matlab.

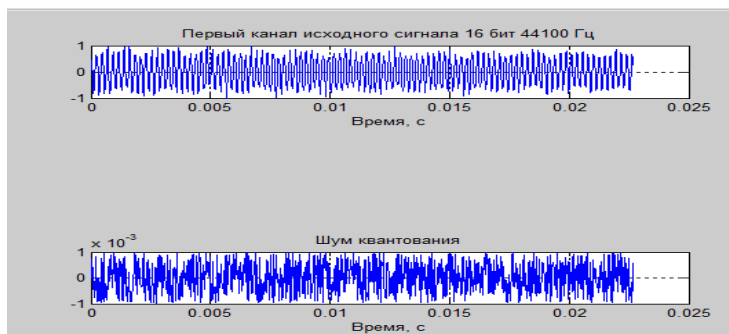


Рисунок 1 – Представление оцифрованного звука музыкального треугольника, в математическом пакете Matlab.

Для уменьшения влияния шума используем передискретизацию, а именно линейную интерполяцию с целым коэффициентом. Передискретизация позволяет избежать необходимости предварительного фильтрования и сохранить гармоники.

Решение задач и результаты исследований. Спектральные преобразования выполняются над частотными составляющими звука. Фактически сигнал представляется рядом Фурье, то есть раскладывается на простейшие синусоидальные колебания различных частот и амплитуд. Разложение и последующая свертка сигнала довольно сложная операция, но благодаря мощности современных процессоров данные действия реализуются эффективно. Например к частотным преобразованиям относится такой звуковой эффект как «амплитудное вибрато».

Сущность амплитудного вибрато состоит в периодическом изменении амплитуды звукового сигнала. Частота, с которой это происходит, должна быть небольшой

Для реализации данного эффекта в среде Matlab был отмоделирован сигнал частотой 8 Гц. Амплитудно частотные характеристики исходного сигнала и сигнала со звуковым эффектом «вибрато» приведены на рисунках 2 и 3.

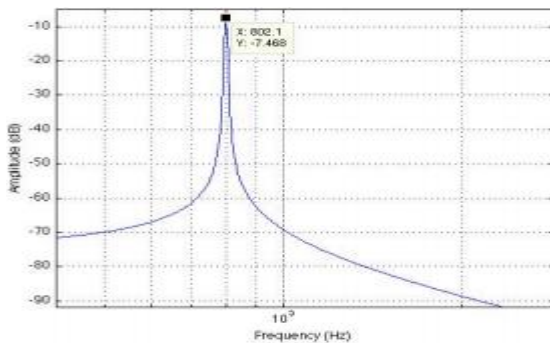


Рисунок 2а – АЧХ исходного сигнала

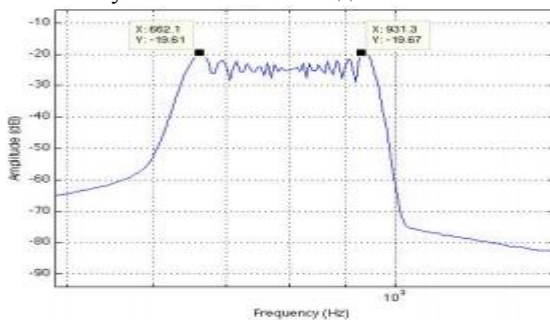


Рисунок 2б – АЧХ выходного сигнала

Математическое уравнение эффекта:

$$y(n) = x(n) * M \quad (2)$$

где $y(n)$ – выходной сигнал, $x(n)$ – входной сигнал, M – коэффициент модуляции.

Минимизация шума в звуковом сигнале с эффектом вибрато передискретизацией:

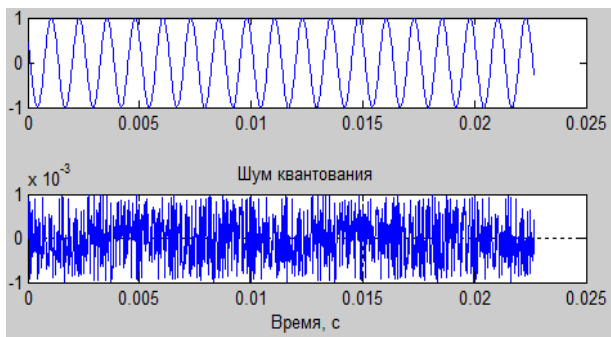


Рисунок 3а – Шум квантования сигнала до использования метода линейной интерполяции (передискретизации)

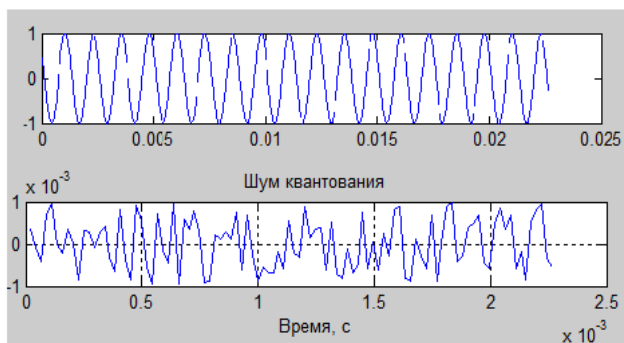


Рисунок 3б – Шум квантования сигнала после использования метода линейной интерполяции (передискретизации)

Выводы. Подтверждена возможность управления параметрами компьютерного преобразования звука посредством передискретизации. Произведена оценка качества такого подхода. Приведен пример преобразования.

Список литературы

1. S.Godsill «Digital Audio Restoration» / Simon Godsill and Peter Rayner - Cambridge, U.K., June 2, 1997. – 66p.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов – Питер, 2011. – 768с.
3. MATLAB. Exponenta / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/Url: http://matlab.exponenta.ru/](http://matlab.exponenta.ru/) - Загл. с экрана.