



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2020.1.4>

УДК 534.4

ББК 32.842.4

АНАЛИЗ СПЕКТРА ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

Артем Владимирович Терехов

Студент кафедры информационной безопасности,
Волгоградский государственный университет
terexoff.artem.34@gmail.com
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Кристина Петровна Гужаковская

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационной безопасности,
Волгоградский государственный университет
guzhakovskaya@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Аудиальная информация занимает одну из больших долей из всей информации, которую человек может воспринимать посредством разных органов чувств. Чаще всего люди используют речевую информацию для общения с другими людьми. Но не весь спектр звуковых частот занимает речь. Естественно звуковая информация должна быть защищена, как и любая другая информация. Понять от чего нужно защищать информацию, могут помочь механизмы анализа спектра звукового сигнала.

Ключевые слова: звук, спектр, частота, оцифровка.

Звуковой сигнал образован механическими колебаниями, которые характеризуются частотой [1]. И в зависимости от частоты, звук делят на четыре категории: инфразвук, звук, ультразвук и гиперзвук. При этом, для человека только вторая категория является слышимой. Частотные диапазоны каждой категории представлен в таблице:

Диапазон звука

Название	Частота, Гц
Инфразвук	0–16
Звук	16–20000
Ультразвук	$2 \cdot 10^4 - 10^9$
Гиперзвук	$10^9 - 10^{13}$

Человеческая речь занимает примерно частоты от 100 Гц до 5000 Гц, диапазон индивидуален для каждого человека и в зависимости

от голосовых связок, может варьироваться [3]. В телефонии используются полоса частот от 300 Гц до 3400 Гц, этих частот вполне достаточно, чтобы разобрать человеческую речь, переданную по линии передач. Здесь или в подобных системах передачи звуковой информации может быть использован анализатор спектра для определения нужных частот. Лишние частоты можно исключить, таким образом, можно избавиться от нежелательных шумов, которые могли бы исказить передаваемую информацию.

В век информационных технологий, следует понимать, что большая часть электронных приборов, которые принимают, обрабатывают, передают звуковую информацию, работают с уже преобразованным сигналом, который не является механическим. В этом плане, ко всем сигналам применяются одинаково-

вый механизм для получения их спектра, нужно лишь устройство, которое способно выполнить оцифровку сигнала.

Оцифровка включает в себя два подпроцесса: дискретизацию во времени и квантование по уровню [2]. Дискретизация во времени – это представление сигнала дискретной совокупностью его значений в разные моменты его времени. Для этого подпроцесса важно выбрать шаг дискретизации. Квантование по уровню – разбиение отсчетных значений сигнала на конечное число уровней и округление этих значений до одного из двух ближайших уровней. Также важно выбрать шаг квантования. Наглядно процесс оцифровки показан на рисунке 1.

К оцифрованному сигналу можно применить алгоритм дискретного преобразования Фурье, для нахождения его спектра. ДПФ называют пару взаимно-однозначных преобразований:

$$X(k) = X(k\Omega) = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-jkn\Omega T}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1; \quad (1)$$

$$x(n) = x(nT) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k\Omega) e^{-jkn\Omega T}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1; \quad (2)$$

где $\Omega = 2\pi / NT$ – основная частота преобразования; $x(nT)$ – периодическая последовательность с периодом NT (период – N отсчетов).

Быстрым преобразованием Фурье (БПФ) называют набор алгоритмов, реализация которых приводит к существенному уменьшению вычислительной сложности ДПФ. Исходная идея алгоритмов состоит в том, что N -точечная последовательность разбивается на две более короткие,

например на две $(N/2)$ -точечные последовательности, вычисляются ДПФ для этих более коротких последовательностей и из этих ДПФ конструируется ДПФ исходной последовательности.

Об эффективности БПФ говорит следующее, что при $N = 1000$ для прямого вычисления ДПФ потребуется приблизительно $N^2 = 10^6$ операций сложения и умножения вместе взятых, а при применении БПФ алгоритмов, подобных операций требуется всего около 10^4 , следовательно объем вычислений сокращается примерно в два порядка.

Для проведения анализа спектра от получения звукового сигнала до самого анализа, нам понадобится следующий программный комплекс, который представлен на рисунке 2.

Данная архитектура состоит из следующих компонентов:

- пользовательский интерфейс – осуществляет взаимодействие пользователя и программного комплекса анализа спектра звукового сигнала;
- модуль получения звука – подразумевает под собой звукозаписывающее устройство;
- модуль оцифровки сигнала – переводит полученный звуковой сигнал в цифровое представление;
- модуль частотного анализа спектра – проводит анализ спектра оцифрованного звукового сигнала, выводит спектр сигнала на пользовательский интерфейс;
- файл-отчет об анализе – создается на основании построенного спектра.

Модули оцифровки сигнала и частотного анализа сигнала в программном комплексе реализованы следующими алгоритмами.



Рис. 1. Оцифровка сигнала

Алгоритм процесса оцифровки сигнала состоит из следующих шагов (рис. 3):

Шаг 2: на вход к модулю поступает сигнал.

Шаг 3: проводится дискретизация сигнала во времени.

Шаг 4: проводится квантование сигнала по уровню.

Шаг 5: получена оцифрованная модель сигнала.

Алгоритм процесса получения спектра сигнала состоит из следующих шагов (см. рис. 4):

Шаг 2: происходит получение оцифрованного сигнала.

Шаг 3: происходит разбиение сигнала на n -точечную последовательность.

Шаг 4: происходит получение $X(k)$ спектра сигнала для каждой $x(n)$ n -точечной последовательности.

Шаг 5: если еще существуют $x(n)$ для которых не посчитано $X(k)$, то возвращаемся на Шаг 3.

Шаг 6: происходит получение спектра и его вывод.

В рабочем режиме интерфейс перед пользователем представляется в следующем виде (см. рис. 5):

Таким образом, в работе представлен механизм анализа спектра звукового сигнала. В качестве примера приведена реакция программного комплекса на сигнал 12 КГц. Программный комплекс позволяет менять полосу пропускания в пределах 20 КГц, что является граничным показателем слуха человека.

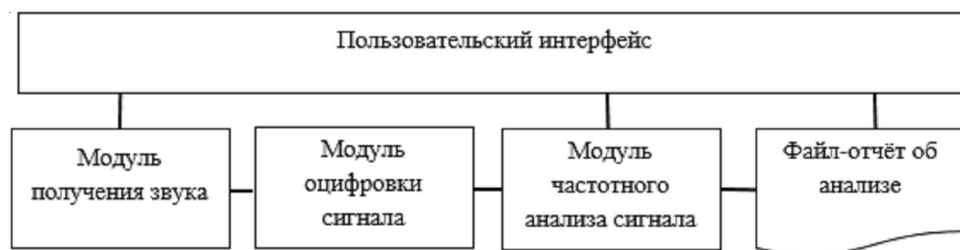


Рис. 2. Архитектура программного комплекса анализа спектра



Рис. 3. Блок-схема алгоритма оцифровки сигнала

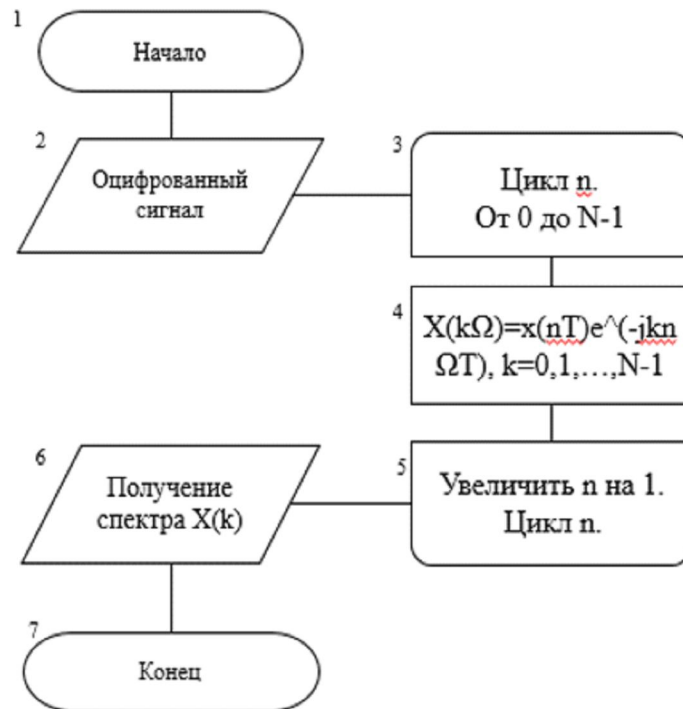


Рис. 4. Блок-схема алгоритма процесса получения спектра сигнала

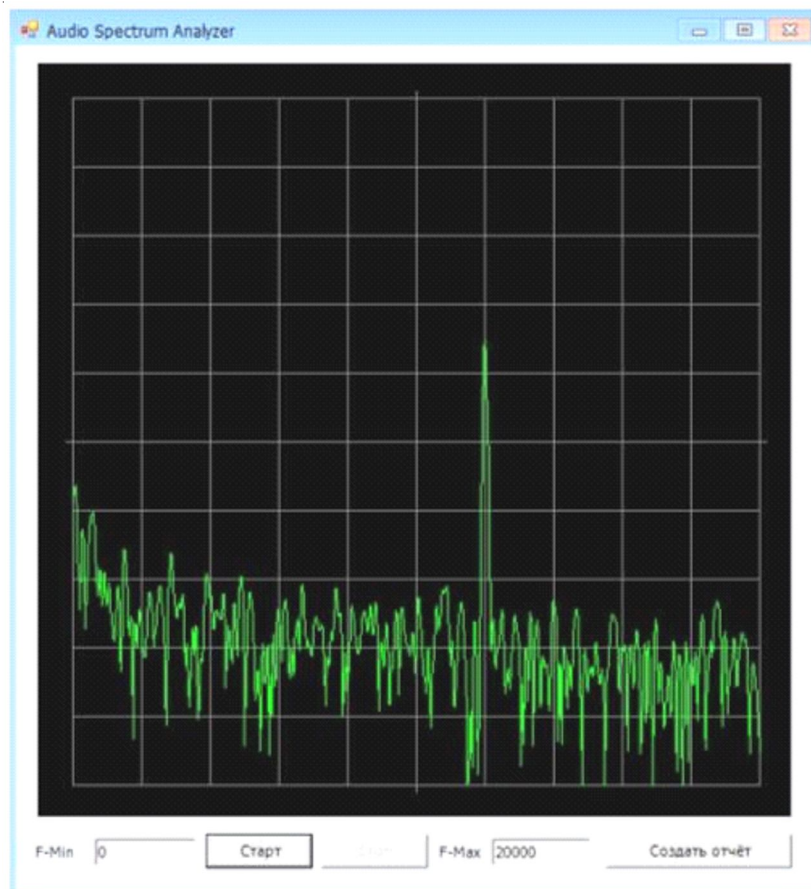


Рис. 5. Пользовательский интерфейс в процессе исследования сигнала

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звуковой диапазон частот. Виды звуков. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1640603/page:5/>
2. Пономарева, О. В. Быстрое параметрическое дискретное преобразование Фурье действительных последовательностей / О. В. Пономарева // Цифровая обработка сигналов. – 2012. – №. 2. – С. 2–5.
3. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.

REFERENCES

1. *Zvukovoj diapazon chastot. Vidy zvukov.* [Sound Frequency Range. Types of Sounds]. URL: <https://studfiles.net/preview/1640603/page:5/>
2. Ponomareva O.V. Bystroe parametricheskoe diskretnoe preobrazovanie Fure deistvitelnykh posledovatelnostej [Fast Parametric Discrete Fourier Transform of Real Sequences]. *Tsyfrovajya obrabotka signalov*, 2012, no. 2, pp. 2-5.
3. Solonina A.I., Ulakhovich D.A., Yakovlev L.A. *Algoritmy i processory tsifrovoj obrabotki signalov* [Algorithms and Processors for Digital Signal Processing]. Saint Petersburg, BHV-Peterburg Publ., 2002. 464 p.

SPECTRAL ANALYSIS OF AUDIO SIGNAL

Artyom V. Terekhov

Student, Department of Information Security,
Volgograd State University
terexoff.artem.34@gmail.com
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Kristina P. Guzhakovskaya

Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor,
Department of Information Security,
Volgograd State University
guzhakovskaya@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. Audio information is one of the largest part of all the information that a person can perceive through different organs of sense. Most often, people use speech to communicate with other people. But speech does not take the whole range of sound frequencies. In fact, sound information should be protected like any other information. And in order to understand what is needed to protect information, mechanisms for analyzing the spectrum of audio signal can help.

Human speech takes approximately frequencies from 100 Hz to 5000 Hz, the range is individual for each person and may vary depending on the vocal cords. Telephony uses a frequency band from 300 Hz to 3400 Hz, which is enough to make out human speech transmitted over the transmission line. Here or in similar audio transmission systems, a spectrum analyzer can be used to determine the desired frequencies. Unnecessary frequencies can be eliminated, so you can get rid of unwanted noise that could distort the transmitted information.

In the age of information technology, it should be understood that most electronic devices that receive, process, and transmit audio information work with an already converted signal that is not mechanical. In this regard, the same mechanism is applied to all signals to obtain their spectrum, only a device that can perform digitization of the signal is needed.

Digitization involves two sub-processes: time sampling and level quantization. Time sampling is the representation of a signal by a discrete set of its values at different points in its time. For this subprocess, it is important to select the sampling step.

The paper presents a mechanism for analyzing the spectrum of an audio signal. As an example, the reaction of the software package to the 12 KHz signal is shown. The software package allows changing the bandwidth within 20 KHz, which is a boundary indicator of human hearing.

Key words: sound, spectrum, frequency, digitization.