

ПОДХОД ДЛЯ ОБРАБОТКИ И СРАВНЕНИЯ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИХ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Шпаковский А.П., Деменковец Д.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Леванцевич В.А. – м.т.н., старший преподаватель

Данная работа является описанием подхода к цифровой обработке полигармонических сигналов в частотной области с описанием функционирования отдельных специфических алгоритмов сравнения сигналов и идентификации потенциального источника.

В самых различных областях человеческой деятельности часто возникает необходимость в анализе окружающих звуковых сигналов с целью определения их природы, вычислении характеристик объектов, которых их порождают, изучении поведения сигналов в процессе их взаимодействия и определении функциональных свойств частей механизмов на основании имеющихся «эталонов» звучания. Все эти задачи, а также широкое множество других задач, связанных с обработкой и сравнением полигармонических [1] сигналов, можно решить с применением универсального набора математических подходов, описанных ниже.

До начала анализа сигнала необходимо сделать выбор области, в которой будет проводиться исследование. Классическими вариантами являются временная и частотная области [2].

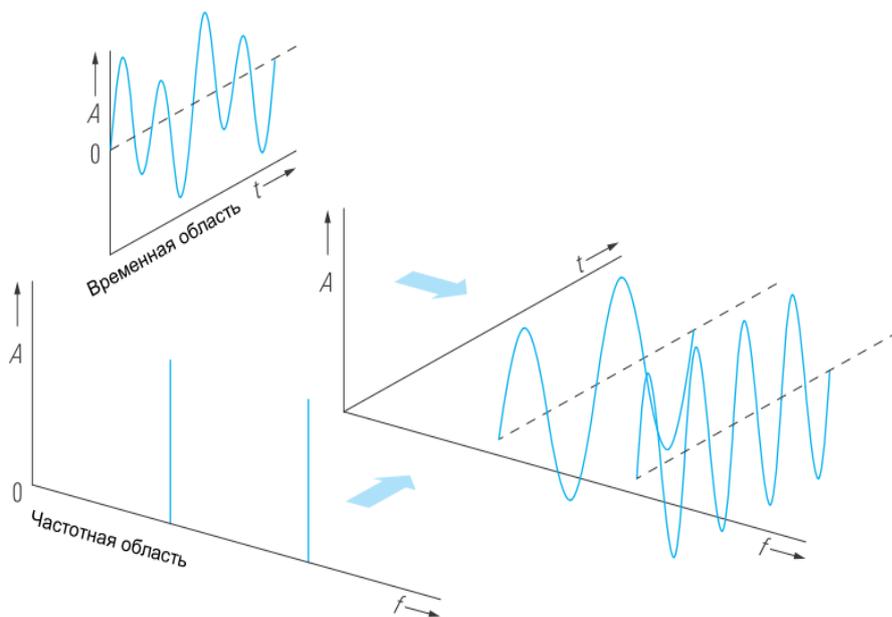


Рисунок 1 – Сигналы, исследуемые во временной и частотной областях

Эти два представления связаны друг с другом операцией преобразования Фурье, поэтому каждый сигнал во временной области имеет характерный частотный спектр и между этими областями имеется четкая связь [3].

Сигнал во временной области показывает изменение состояния системы во времени, в то время как частотная характеристика позволяет понять, на какие частоты или диапазоны частот приходятся отдельные составляющие сигнала. В таком виде сигнал гораздо меньше зависит от характеристик записывающего устройства, а для анализа достаточно сравнительно небольшой

последовательности значений, поэтому наиболее целесообразно исследовать сигнал именно в частотной области.

После выбора области представления обрабатываемого сигнала определяется его формат для последующего применения преобразования Фурье (в данном случае, быстрого преобразования Фурье – БПФ) и перевода исходного сигнала в частотную область [4]. При этом необходимо придерживаться необходимых условий для применения БПФ (ограничение по длине последовательности и свойство периодичности). Непериодические сигналы, как правило, тем или иным способом приводятся к периодическим. Для выполнения этих ограничений предлагается группировка значений сигнала по $2^{12} = 4096$ значений. Выбор этого количества значений удовлетворяет требованию к ширине окна БПФ, а последовательность соответствующей длины является достаточно короткой, чтобы её можно было считать условно периодической. После группировки, выполняется последовательный перевод каждой части исследуемого сигнала в частотную область. После этого преобразования происходит переход к анализу исследуемого сигнала.

При решении задачи распознавания сигнала ключевой задачей является уменьшение времени выполнения алгоритма, потому что при решении задачи напрямую необходима обработка больших массивов данных. Сложность заключается в поиске отрезков, максимально схожих с отрезками сигнала, переданного для распознавания.

В качестве решения данной задачи предлагается разработать алгоритм уникальной идентификации каждого окна. При этом данные, необходимые для поиска максимально схожего сигнала из ранее записанных, представляются структурой, изображенной на рисунке 2.

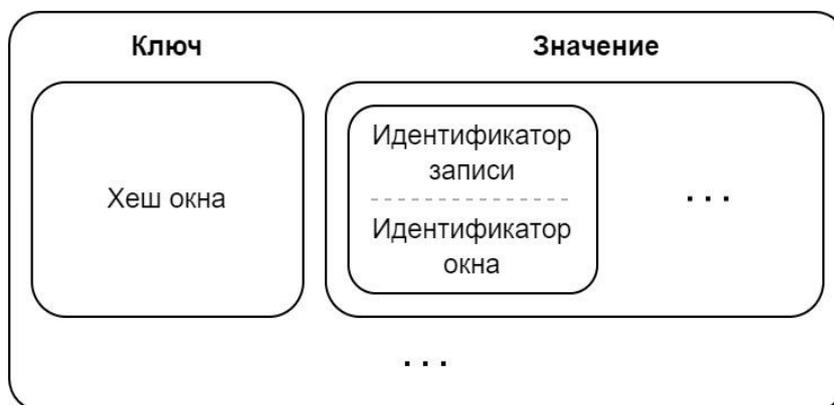


Рисунок 2 – Общий вид структуры хранения данных о сигналах

Данная структура представляет собой набор пар ключ-значение. Ключом является хеш [5] отдельного окна, вычисление которого описывается следующей последовательностью действий:

1. В спектре окна выбирается промежуток частот (обычно от 0 до 100 Гц). Он может изменяться в зависимости от решаемой задачи.

2. Промежутки частот получают условные целочисленные индексы, начиная с нуля и шагом ν единицу. Например, при выборе шага частот в 20 Гц, получим диапазон частот 0-19 Гц с индексом 0, 20-39 Гц с индексом 1 и т.д.

3. Далее производится анализ выбранного отрезка. Последовательно выполняется обход всех его значений для поиска максимальных значений амплитуд с соответствующими частотами, которые приходятся на промежутки с каждым индексом. Эта пара сохраняется в промежуточной структуре.

4. Полученные частоты максимальных амплитуд по каждому из промежутков переводятся в строковое представление в виде десятичных чисел с последующей конкатенацией [6]. Результирующая строка образует хеш анализируемого окна.

Поле «значение» структуры на рисунке 2 состоит из списка записей, в каждой из которых идентификатор записи – это идентификатор исходного сигнала, которому соответствует номер входной последовательности. Идентификатор окна – его порядковый номер в исходном сигнале.

После формирования описанной структуры выполняется идентификация сигнала. Она состоит из следующих этапов:

1. По значению хеша сигнала, подлежащего распознаванию, извлекается список «Значение» из структуры, представленной на рисунке 2.

2. Для каждого значения идентификатора формируется дополнительная структура «идентификатор окна» – «количество попаданий».

3. Далее идентификатор акустического сигнала, которому соответствует максимальное число суммарных попаданий, принимается как наиболее точно соответствующий распознаваемому сигналу.

Описанный подход позволяет идентифицировать акустические сигналы и использовать его для косвенного определения характеристик порождающих их источников.

Список использованных источников:

1. Классификация математических моделей сигналов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://bourabai.ru/signals/ts0108.htm>

2. Связь между временной и частотной областями представления сигналов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://radioprogram.ru/post/1002>

3. Овсянников, В.А. Методы формирования и цифровой обработки сигналов: учебно - метод. пособие: в 2 ч. Ч. 2: Дискретное преобразование Фурье, фильтрация и модуляция / В. А. Овсянников. – Минск: БГУИР, 2010. – 136 с.

4. Быстрое преобразование Фурье [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.ets.ifmo.ru/denisov/dsp/lec12.htm>

5. Хеширование – что это и зачем [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/blog/the-wonders-of-hashing/3633/>

6. Конкатенация – толковый словарь [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/fin_enc/24101