

ПРИМЕНЕНИЕ MEL-КЕПСТРАЛЬНОГО МЕТОДА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БПЛА

Калиновский Р.В.

Научный руководитель – к.т.н., проф. Олейников В.Н.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки, 14,
каф. Медиаинженерии и информационных радиоэлектронных систем,
тел. (057) 702-15-87) e-mail: d_res@nure.ua

This report describes the work of calculating the Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). Measurements of characteristics were performed on a real model. An algorithm for calculating the MFCC coefficients is described.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются многофункциональными устройствами, они нашли свое применение в гражданской авиации выполняя различные задачи такие как перевозка малогабаритного груза, геодезия и картографирование местности, в том числе аэрофото-съемка и видео съемка.

Для обеспечения безопасности воздушного пространства применяют различные системы обнаружения и идентификации БПЛА. Использование акустического метода позволяет анализировать сигнал для идентификации БПЛА по ряду характерных признаков содержащихся в спектре акустического сигнала.

Наиболее распространенными методами идентификации : метод кепстральных коэффициентов на шкале мел (MFCC), метод кепстральных коэффициентов линейного предсказания (LPCC), метод коэффициентов перцептивного линейного предсказания (PLP). Используемый в работе метод кепстральных коэффициентов на шкале мел, не уступает методу PLP и LPCC по качеству распознавания сигналов, но при этом является более простым в реализации.

Алгоритм вычисления MFCC коэффициентов включает в себя несколько основных шагов:

- Разбиение исходного сигнала на короткие промежутки – окна или фреймы (frames);
- Переход к представлению сигнала в частотной области посредством ДПФ, вычисление спектра сигнала;
- Получение мел-частотных спектральных коэффициентов – спектральной плотности, посредством наложения банка мел-фильтров;
- Логарифмирование полученных коэффициентов;
- Применение дискретно косинусного преобразования (ДКП).

Перед разбиением сигнала на фреймы целесообразно выполнить нормализацию сигнала по амплитуде. [1] Нормализация выполняется с целью устранения разброса громкости сигнала. Получение нормализованного сигнала выполняется с применением фильтров с конечной импульсной

характеристикой:

$$\hat{s}(n) = s(n) - 0.95s(n - 1) \quad (1.1)$$

На рисунке представлен спектр исследуемого сигнала, и спектр полученный с использованием алгоритма MFCC

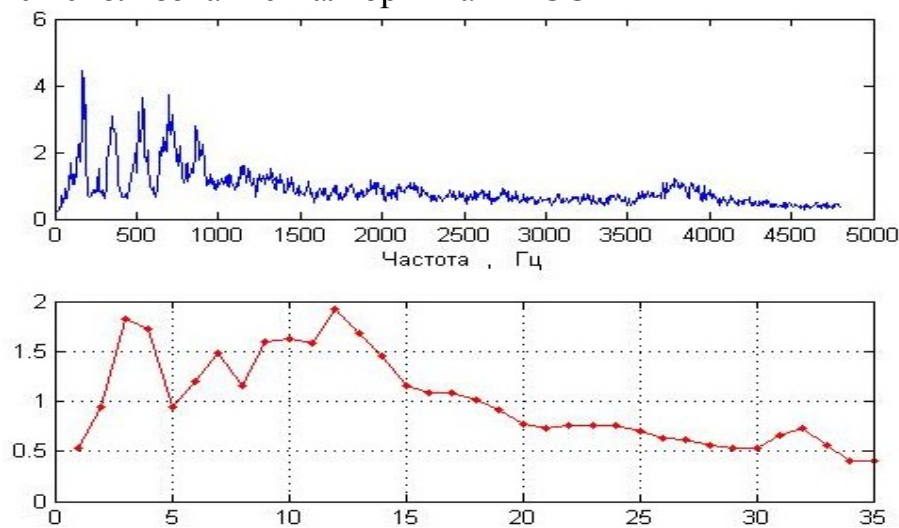


Рисунок 1 – Исследуемый спектр БПЛА

В процессе обработки акустический сигнал разбивается на отдельные фрагменты. При разбиении используется оконная функция с целью минимизации эффекта Гиббса. В качестве оконной функции используется функция Хэмминга:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad n = 0, 1, 2, \dots, K-1 \quad (1.2)$$

где N – количество отсчётов.

Таким образом отсчеты (или сэмплы) окна вычисляются как:

$$x(k) = s(k + tK)w(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, K-1 \quad (1.3)$$

где K – количество отсчетов.

Полученный сегмент длины K называется фреймом или окном. После чего для каждого окна выполняем дискретное преобразование Фурье в результате получаем вектор комплексных чисел. Модуль ДПФ представляет собой амплитудный спектр, а аргумент фазовый спектр последовательности, далее выполняем наложение банка треугольных перекрывающихся мел-фильтров (оконная функция Бартлетта). Результат суммирования является мел-частотным спектральным коэффициентом.

Последним шагом выполняется дискретное косинусное преобразование. Вычисляется обратное дискретное косинусное преобразование, которое является действительным и симметричным, обратное дискретное преобразование Фурье эквивалентно ДКП.

Список источников:

1. Цифровая обработка сигналов и MATLAB / А. И. Солонина, Д. М. Клионский, Т. В. Меркучева, С. Н. Петров. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 512с.