

РАЗРАБОТКА ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО КОРРЕЛЯТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКОВ УТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДАХ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮЕТРА RASPBERRY PI

*А.В. Цавнин, ассистент,
М.П. Швецов, студент гр.8Т7Б
Томский политехнический университет
E-mail: avc14@tpu.ru, mps5@tpu.ru*

Введение

В последние десятилетия наблюдается и сохраняется тенденция на расширение сферы применения средств вычислительной техники. Это обусловлено растущей вычислительной мощностью устройств, а также их дешевизной и всеобщей доступностью. Появление в прошлом десятилетии одноплатных компьютеров и их дальнейшее развитие сделало возможным перенос программных средств обработки сигналов, традиционно реализуемых на персональных компьютерах, на более мобильные платформы [1].

Целью работы является реализация частотно-временного коррелятора на одноплатном компьютере Raspberry Pi 3B+ и 4B и исследование скорости исполнения алгоритма на CPU И GPU.

Разработка алгоритма

Корреляционная обработка сигналов является одним из наиболее эффективных инструментов решения практически важной задачи оценки времени запаздывания [2]. Оценка времени запаздывания в свою очередь необходима для решения широкого круга задач, связанных с определением местоположения объекта - источника сигнала. Функциональная схема простейшего устройства, осуществляющего корреляционную обработку сигналов представлена на рис. 1. [3]

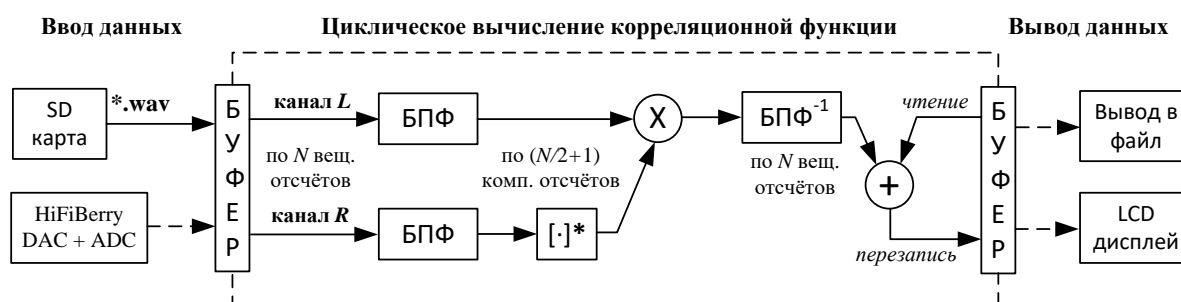


Рис.1. Схема коррелятора. Используются следующие обозначения и сокращения: БПФ – прямое быстрое преобразование Фурье; БПФ-1 – обратное быстрое преобразование Фурье; $[\cdot]^*$ - оператор комплексного сопряжения; X – оператор поэлементного перемножения массивов; + - оператор поэлементного сложения массивов.

Отличие частотно-временного коррелятора от просто временного заключается в использовании полосовых фильтров перед проведением обратного преобразования Фурье [4]. В результате можно определить ту полосу частот, в которой находится источник шума. Пример результата работы частотно-временного коррелятора можно увидеть на рисунке 2.

Для проведения прямого и обратное преобразования были использованы библиотеки FFTW и GPU_FFT, первая производит расчет на CPU, вторая, соответственно, использует GPU. Для обработки сигналов в реальном времени использовалась библиотека RtAudio, которая предоставляет интерфейс для обработки прерывания по заполнению буфера аудио карты.

Тестирование алгоритма коррелятора

Для оценки достоверности алгоритма поиска утечек использовались различные звуковые файлы с записями реальных звуковых дорожек утечек с заранее известными условиями эксперимента [5]. Параметры указаны в таблице 1. Результаты указаны в таблице 2.

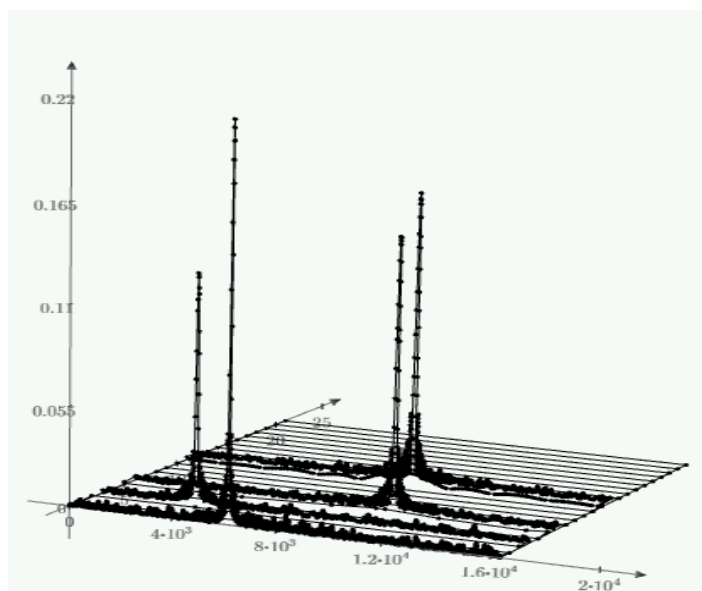


Рис. 2. Пример результата частотно-временного коррелятора

Таблица 1. Условия эксперимента. Материал, из которого сделаны трубы – сталь.

Координата утечки, м	Расстояние между датчиками	Диаметр трубы, мм	Толщина стенок трубы, мм
44-47	139	500	8
51	75	100	4
32-35	126	300	9

Таблица 2. Результаты обработки сигнала.

Оценка координаты утечки, м	Оценка частоты сигнала утечки, кГц	Оценка скорости распространения сигнала, м/сек
46.8	4.5 - 7	1110
51.5	0.5 - 2.5	1270
30	0.5 - 2	1180

Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что алгоритм поиска утечки является работоспособным и определяет расположение утечки с достаточной точностью. Расхождения с реальным значением не большое, возможная причина – не точное измерение расстояния между датчиками, а также влияние посторонних шумов при проведении работ.

Список использованных источников

1. Зубарев Ю.Б., Витязев В.В., Дворкович В.П. Цифровая обработка сигналов – информатика реального времени // Цифровая обработка сигналов. 1999. № 1. С. 5-17.
2. Juang В.Н., Chen T. Highlights of statistical signal and array processing // IEEE Signal Processing Magazine. 1998. Vol. 15. No. 3. P. 21-64.
3. Faerman V. A., Shvetsov M. P., Tsavnin A. V. Computations of cross-correlation functions on a single board Raspberry Pi computer // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1615. № 1. Article number 012004. P. 1-13. doi: 10.1088/1742-6596/1615/1/012004
4. Фаерман В. А. , Швецов М. П. Корреляционная обработка сигналов на одноплатных компьютерах Raspberry Pi // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. 2020. Т. 4. № 1. С. 41-45.
5. Faerman V. A., Tsavnin A. V. Concept and implementation of the laboratory test bench for simulating the case of leak detection with the use of leak-noise correlator // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2195(1). Article number 020006. doi: 10.1063/1.5140106.