

КОНЦЕПЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СПЕКТРА В УСЛОВИЯХ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Гурьев В.А.¹, студент гр.250701

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹
г. Минск, Республика Беларусь

Шемаров А.И. – доцент, канд. тех. наук

В настоящей работе представлена концепция математического обеспечения устройства для анализа электромагнитного спектра в условиях портовой инфраструктуры. Описаны методы спектрального анализа, включая дискретное преобразование Фурье с оконными функциями и оценку спектральной плотности мощности методом Велча. Рассмотрено статистическое описание помех на основе распределения Накагами-Райса и влияние физических препятствий. Также предложена архитектура распределённого IoT-устройства для сбора и передачи спектральных данных. Модель требует дальнейшей экспериментальной верификации.

Введение

В условиях современной портовой инфраструктуры наблюдаются трудности при обеспечении надёжной радиосвязи из-за высокой плотности источников излучения. Основная задача — объективная оценка спектральных характеристик сигналов под воздействием полезного излучения и помех. В работе предлагается концептуальная модель математического аппарата и архитектура IoT-устройства для мониторинга электромагнитной обстановки.

Постановка задач

Цель — оценка возможности применения существующего математического аппарата основы для анализа спектра в сложной среде. Задачи:

- 1) Модель PSD с учётом полезного сигнала, шума и интерференции;
- 2) Применение DFT с оконными функциями для минимизации утечек спектра;
- 3) Обоснование метода Велча для устойчивой оценки PSD;
- 4) Концептуальное описание статистического моделирования помех с использованием распределения Накагами-Райса.
- 5) Учёт потерь сигнала при затухании, дифракции и отражениях;
- 6) Архитектура IoT-устройства для сбора, обработки и передачи данных.
- 7) Оценка влияния физических препятствий (инфраструктурных объектов) на характеристики распространения сигнала.

Подходы к проведению исследования

Предлагаемые подходы основываются на классических методах спектрального анализа и статистического моделирования. Предлагается начинать с преобразования временного сигнала с применением оконных функций с дальнейшим преобразованием в частотную область посредством DFT, что способствует снижению влияния боковых лепестков. Для оценки спектральной плотности мощности используется метод Велча, предполагающий разбиение сигнала на сегменты с последующим усреднением периодограмм. Статистическая характеристика огибающей случайных сигналов описывается распределением Накагами-Райса, что позволяет учитывать вариации мощности как от полезного сигнала, так и от интерференционных помех. Дополнительно моделируются потери, вызванные затуханием, дифракцией и отражениями, возникающими при прохождении сигнала через физические препятствия.

Ожидаемые результаты и перспективы применения

Применяемые подходы позволяют объединить классические методы спектрального анализа и распределённую архитектуру сенсорной сети:

- 1) Сенсоры анализируют сигнал и передают его в микроконтроллер.
- 2) Микроконтроллер накладывает временное окно на сигнал, выполняет DFT, оценивает PSD методом Велча.
- 3) Осуществляется статистическое моделирование огибающей через распределение Накагами-Райса.
- 4) Посредством коммуникационного модуля передаётся результат на облачную платформу.
- 5) Посредством пользовательского интерфейса визуализируются данные в реальном времени.



Рисунок 1 – Структура IoT-устройства для мониторинга электромагнитного спектра.

Ожидаемые результаты

Ожидается, что в случае успешной реализации, система обеспечит:

- 1) объективную картину распределения энергии сигнала;
- 2) адаптивную фильтрацию для подавления интерференции;
- 3) платформу для интеграции в информационные системы портовой инфраструктуры.

Пример MATLAB исследования

В MATLAB реализована модель. В модели используется сгенерированный зашумлённый сигнал с фактором затухания. Сгенерированный сигнал используется для выполнения спектрального анализа методом Велча. Полученные результаты моделирования позволяют сделать вывод о возможности применения предложенного подхода.

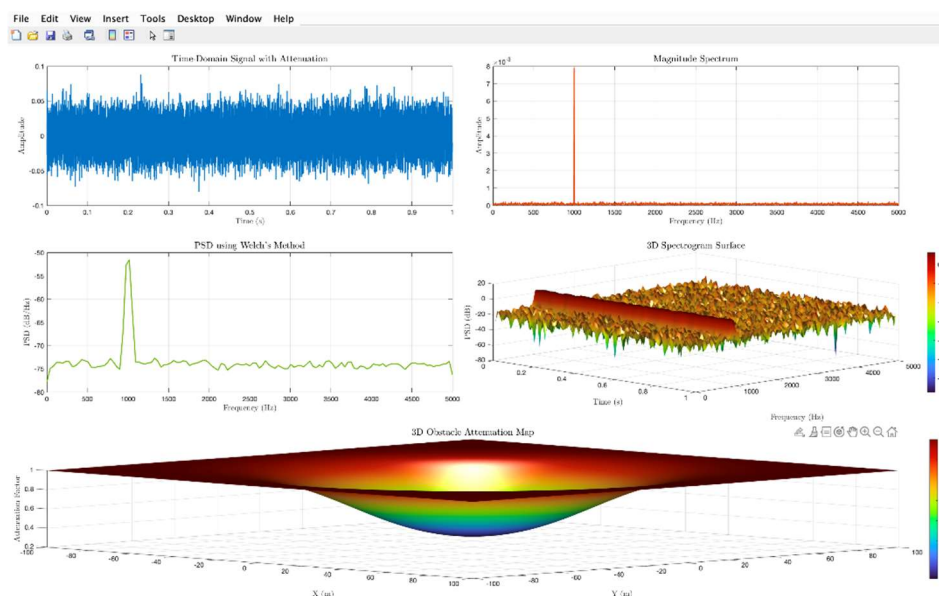


Рисунок 2 – Пример спектрального анализа в MATLAB: график PSD методом Велча.

Заключение

Представленная концепция распределённой IoT-архитектуры и концепция математического обеспечения, базирующаяся на методах цифровой обработки сигналов. Что позволит обеспечить непрерывный мониторинг и анализ спектра в портах для практических целей обеспечения целостности грузоперевозок. В дальнейшем предполагается выполнить экспериментальную валидацию и оптимизацию аппаратного решения концепции.

Список использованных источников:

1. Цифровая обработка сигналов: Принципы, алгоритмы и приложения. 5-е изд. – Pearson, 2021.
2. Цифровая обработка сигналов. – М.: Бином, 2015.
3. Современные методы адаптивной фильтрации. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2017