

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО РАДИОПРИЕМНИКА HACK-RF ONE ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Чжо Нанда, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В статье рассматривается применение цифрового радиоприемника Hack-RF One для обнаружения канала управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Исследование направлено на решение актуальной задачи защиты от несанкционированного доступа к каналам управления БПЛА с использованием технологий программно-определяемого радио (SDR). Представлены возможности Hack-RF One в сочетании с программным обеспечением GNU Radio для мониторинга радиочастотного пространства, анализа сигналов и изучения физических эффектов в реальном времени.

Ключевые слова. Hack-RF One, программно-определяемое радио (SDR), GNU Radio, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), канал управления, радиочастотный мониторинг, защита от несанкционированного доступа.

Введение.

Современные тенденции в авиационной и оборонной промышленности все больше фокусируются на разработке и использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного назначения: от военных операций и мониторинга окружающей среды до доставки грузов и пассажиров. По мере увеличения количества БПЛА в коммерческом и военном использовании растет и потенциальная угроза атак БПЛА на системы управления и мониторинга этих аппаратов. Обнаружение и защита от несанкционированного доступа к каналам управления становятся критически важными задачами. Использование современных цифровых радиоприемных устройств открывает новые возможности для обнаружения и мониторинга радиочастотного пространства, что может помочь в обнаружении и предотвращении атак на БПЛА.

Изучение возможностей Hack-RF One.

Программно-определяемая радиоплатформа для широкополосных радиочастотных приложений Hack-RF One [1] – одно из самых популярных устройств SDR на рынке (рисунок 1). Термин SDR означает «Software Defined Radio» и используется для объединения систем радиосвязи, которые реализуют программные, а не аппаратные компоненты, отвечающие за модуляцию и демодуляцию радиосигналов.



Рисунок 1 – Внешний вид Hack-RF One

Среди факторов, делающих Hack-RF One таким популярным, его способность принимать и передавать радиосигналы в диапазоне от 1 МГц до 6 ГГц, его совместимость с программным обеспечением с открытым исходным кодом, и его «низкая» цена (рисунок 2).

Для конфигурирования рабочих параметров программно-определяемой радиосистемы Hack-RF One находит широкое применение платформа GNU Radio [2]. Указанная программная среда с открытым исходным кодом реализует парадигму визуального проектирования радиоэлектронных систем посредством модульной архитектуры, где базовые элементы сигнальной обработки (фильтрация, демодуляция, спектральный анализ) интегрируются через графический интерфейс композиции блок-схем. Данная методология существенно упрощает разработку специализированных RF-приложений без необходимости низкоуровневого программирования.

• 1 MHz to 6 GHz operating frequency	• SMA female antenna connector
• half-duplex transceiver	• SMA female clock input and output for synchronization
• up to 20 million samples per second	• convenient buttons for programming
• 8-bit quadrature samples (8-bit I and 8-bit Q)	• internal pin headers for expansion
• compatible with GNU Radio, SDR, and more	• Hi-Speed USB 2.0
• software-configurable RX and TX gain and baseband filter	• USB-powered
• software-controlled antenna port power (50 mA at 3.3 V)	• open source hardware

Рисунок 2 – Характеристики Hack-RF One

На основании приведенных данных можно констатировать, что синергетическое использование аппаратной платформы Hack-RF One с программной средой GNU Radio позволило реализовать специализированное программное обеспечение, обеспечивающее детектирование беспилотных летательных аппаратов посредством анализа радиочастотных сигнатур.

В рамках исследования было разработано экспериментальное приложение, которое ориентировано на идентификацию БПЛА в частотном диапазоне 2.4 ГГц, используемом для каналов управления (рисунок 3).

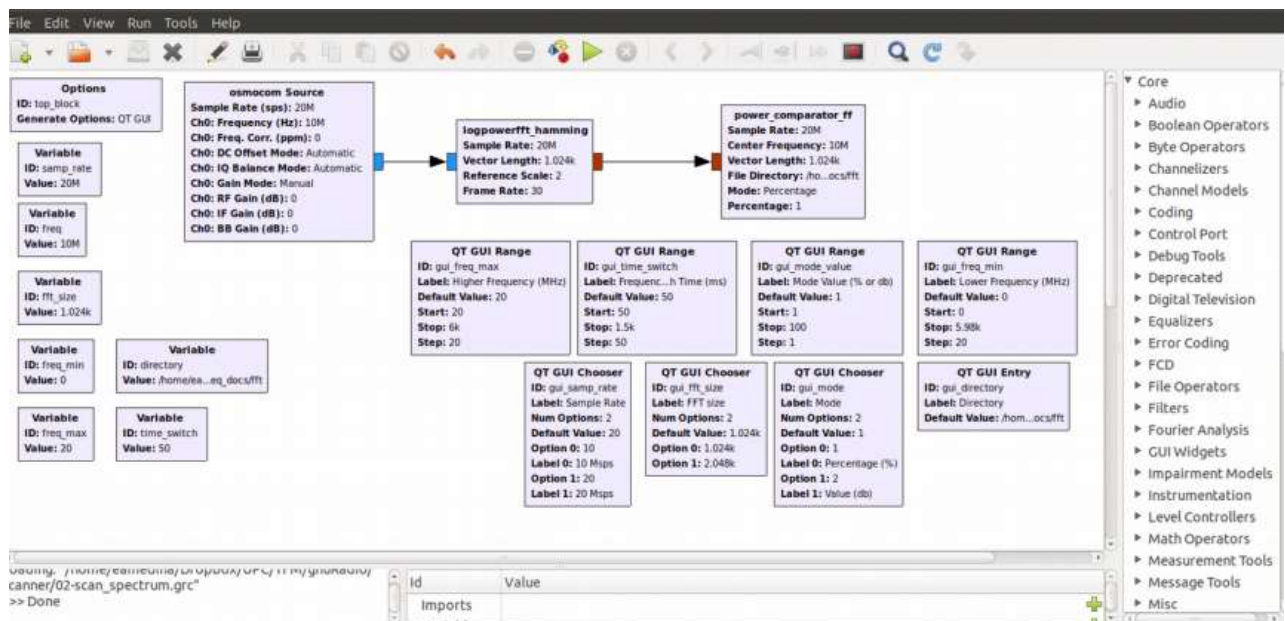


Рисунок 3 – Программа для БПЛА с Hack RF в GNU Radio

Алгоритм работы включает:

- полосовую фильтрацию сигналов с выделением целевого диапазона;
- демодуляцию типовых протоколов (DSSS, FHSS);
- сравнение с эталонными паттернами телеметрических сигналов БПЛА;
- генерацию оповещений при обнаружении корреляций.

Использование разработанного приложения обеспечивает возможность широкополосного захвата радиоспектра, цифровой обработки сигналов (включая адаптивную фильтрацию и выделение информативных признаков), а также интерактивной визуализации динамики спектральных характеристик в режиме реального времени (рисунок 4).

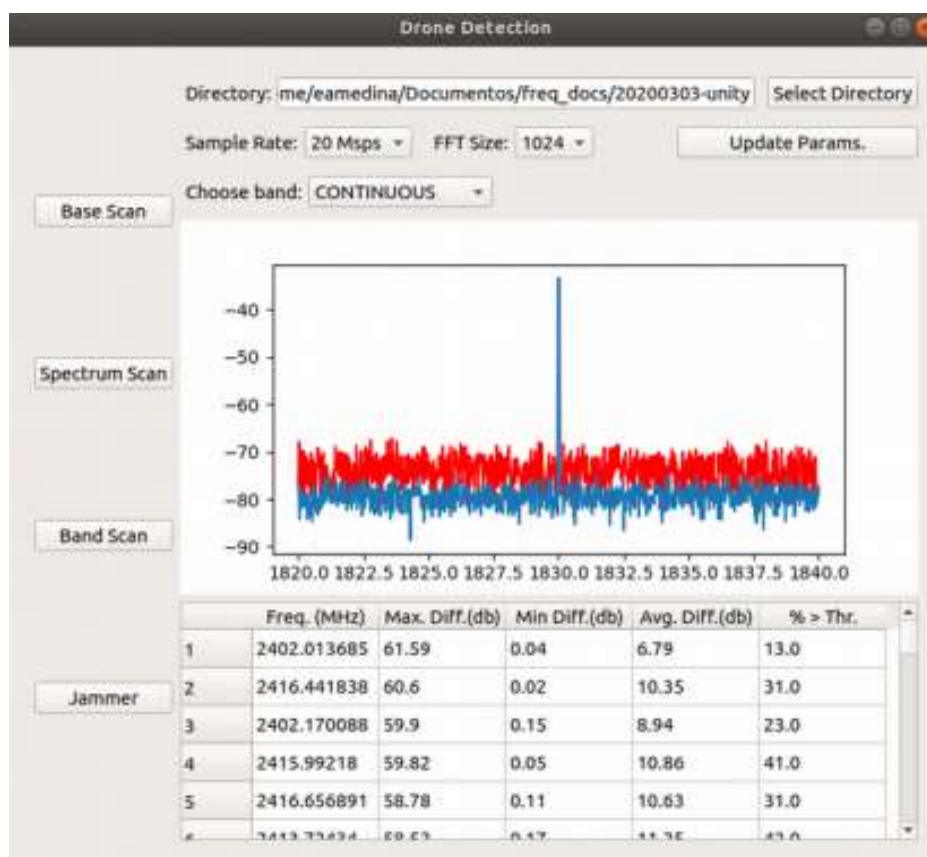


Рисунок 4 - Динамика спектральных характеристик БПЛА в режиме реального времени

Заключение.

Интеграция Hack-RF One и GNU Radio демонстрирует перспективность использования SDR-технологий для задач радиоэлектронного мониторинга. Разработанное приложение для анализа диапазона 2.4 ГГц позволяет оперативно идентифицировать каналы управления БПЛА, что актуально для обеспечения безопасности критической инфраструктуры. Ключевыми преимуществами решения являются гибкость настройки, адаптивность к различным протоколам и низкая стоимость реализации. Дальнейшее развитие проекта предполагает внедрение машинного обучения для классификации сигнатур и расширение частотного охвата до 5.8 ГГц с целью детектирования FPV-систем.

Список использованных источников:

1. Great Scott Gadgets. HackRF One — Technical Specifications [Электронный ресурс]. URL: <https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/> (дата обращения: 13.04.2025).
2. Truong NB и Yu C. Исследование задержки в программном обеспечении радио GNU с платформой USRP embedded series SDR // В: Восьмая международная конференция по широкополосным и беспроводным вычислениям, связи и приложениям 2013 г. (BWCCA), Компьен, Франция, 28–30 октября 2013 г. – С. 9–14.

UDC 621.396

APPLICATION OF HACK-RF ONE DIGITAL RADIO RECEIVER FOR UAV CONTROL CHANNEL DETECTION

Kyaw Nanda, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The paper discusses the application of the Hack-RF One digital radio receiver for detecting the control channel of unmanned aerial vehicles (UAVs). The study is aimed at solving the urgent problem of protecting against unauthorized access to UAV control channels using software-defined radio (SDR) technologies. The capabilities of the Hack-RF One in combination with the GNU Radio software for monitoring the radio frequency space, analyzing signals and studying physical effects in real time are presented.

Keywords. Hack-RF One, программно-определяемое радио (SDR), GNU Radio, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), канал управления, радиочастотный мониторинг, защита от несанкционированного доступа.