

Научная статья
УДК 621.396

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SDR-ПРИЕМНИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОСИГНАЛОВ НА ОБЪЕКТАХ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Анастасия Игоревна Морозова¹, Александр Витальевич Лубенцов²

^{1, 2} Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний
России, Воронеж, Россия

^{1, 2} lubensov@mail.ru

Аннотация. На основе анализа способов и методов обнаружения сигналов выявлены преимущества и недостатки каждого. Рассмотрены виды SDR – приемников, с помощью которых возможно распознавание радиосигналов заданной частоты, которая устанавливается на специализированном программном обеспечении.

Ключевые слова: методы распознавания, мониторинг, радиосистемы, SDR – приемники

Для цитирования: Морозова А. И., Лубенцов А. В. Анализ методов использования SDR-приемников для обнаружения радиосигналов на объектах лесного хозяйства // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 679–683.

Original article

ANALYSIS OF METHODS FOR USING SDR RECEIVERS TO DETECT RADIO SIGNALS AT FORESTRY FACILITIES

Anastasia I. Morozova¹, Alexander V. Lubentsov²

^{1, 2} Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Voronezh, Russia

^{1, 2} lubensov@mail.ru

Abstract. Based on the analysis of methods and techniques of signal detection, the advantages and disadvantages of each have been identified. The types of SDR receivers are considered, with the help of which it is possible to recognize radio signals of a given frequency, which is installed on specialized software.

Keywords: radio signal detection, recognition methods, monitoring, radio systems, digital signal processing, SDR receivers

For citation: Morozova A. I., Lubentsov A. V. (2026) Analiz metodov ispol'zovaniya SDR – priemnikov dlya obnaruzheniya radiosignalov na ob`ektax lesnogo khozyajstva [Analysis of methods of using SDR receivers to detect radio signals at forestry facilities]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 679–683. (In Russ).

Когда речь заходит о безопасности лесных территорий, мы обычно представляем себе пожарные вышки, лесников с рациями и, может быть, камеры наблюдения. Но мир технологий шагнул далеко вперед, и сегодня над лесными массивами все чаще можно встретить беспилотники, а на земле – людей с системами передачи данных.

Браконьеры, черные лесорубы, поджигатели – все они полагаются на мобильную связь и дроны для координации своих действий.

В этой статье мы рассмотрим, насколько эффективно можно использовать технологию программно-определяемого радио для защиты лесного хозяйства и какие методы обнаружения радиосигналов действительно работают на практике.

Модели обнаружения каналов связи мобильных устройств и БПЛА

Рассмотрим модели обнаружения, которые применяются для выявления радиосигналов браконьера с телефоном или дрона над лесом.

Начнем с мобильных телефонов. Каждый раз, когда ваш смартфон находится в зоне действия сети, он постоянно обменивается служебной информацией с базовыми станциями [1, 2].

Модель обнаружения мобильных устройств основана на анализе этих служебных сигналов. SDR-приемник настраивается на частоты сотовых операторов (обычно это диапазоны 900 МГц, 1800 МГц, 2100 МГц и 2600 МГц для LTE) и начинает мониторить эфир. Когда в зоне действия появляется активное устройство, приемник фиксирует характерные всплески активности.

Есть возможность не только обнаружить наличие устройства, но и примерно определить его местоположение. Используя несколько приемников, расположенных в разных точках, система вычисляет позицию источника сигнала методом триангуляции.

С дронами ситуация немного сложнее. Большинство современных БПЛА используют для управления частоты 2,4 ГГц или 5,8 ГГц – те же диапазоны, что и обычный Wi-Fi.

Модель обнаружения беспилотников строится на нескольких принципах. Во-первых, анализируется спектр радиочастот на предмет характерных сигналов управления. Канал «пилот-дрон» имеет специфический паттерн: регулярные короткие пакеты данных, идущие в обе стороны. SDR-приемник

«видит» эту картину и может отличить дрон от обычного Wi-Fi роутера или точки доступа.

Во-вторых, многие дроны используют GPS для навигации и передают телеметрию обратно оператору. Эти данные также можно перехватить и проанализировать. Более того, некоторые модели беспилотников транслируют видеопоток в реальном времени, а это уже совсем заметный след в эфире.

Есть и третий момент: дроны часто работают в паре – сам летательный аппарат и пульт управления. Обнаружив сигнал управления, можно попытаться определить и местонахождение оператора, что особенно ценно для службы охраны.

На практике наиболее эффективной оказывается модель, объединяющая несколько методов обнаружения одновременно. SDR-приемник сканирует весь интересующий диапазон частот, одновременно ища признаки мобильной связи, управления дронами и других подозрительных передач. Система анализирует не только факт наличия сигнала, но и его характеристики: мощность, модуляцию, периодичность.

Когда такая система работает в лесу, она создает своеобразную невидимую сеть контроля. На современном этапе алгоритмы машинного обучения показывают отличные результаты: после некоторого времени работы система начинает «понимать», какие сигналы являются разрешенными для данной территории.

Работа SDR-приемников в условиях леса сталкивается с серьезными препятствиями [3, 4].

Первое (и главное) – это рельеф местности и растительность. Деревья, особенно хвойные с их влажной древесиной, прекрасно глушат радиосигналы. Холмы и овраги создают мертвые зоны, где прием становится практически невозможным.

Второй момент – это помехи от легальных источников.

Есть и технические нюансы: дальность обнаружения сильно зависит от мощности передатчика.

И третий момент – погодные условия. Туман, дождь, снег – все это влияет на распространение радиоволн, особенно в высокочастотных диапазонах.

Несмотря на все сложности, правильно настроенная система обнаружения дает реальное преимущество в защите лесных территорий.

SDR расшифровывается как Software Defined Radio – программно-определяемое радио. Звучит сложно, но на деле концепция довольно простая.

Принцип работы SDR можно сравнить с тем, как работает звуковая карта в компьютере, только вместо звука обрабатываются радиоволны. Ан-

тенна ловит сигнал, минимальная аналоговая часть усиливает его и преобразует в цифровой вид, а дальше всю обработку выполняет процессор под управлением специального софта [5].

Основные характеристики устройства можно найти в таблице.

На рис. 1–4 продемонстрированы плата Hack RF и антенны, рассчитанные на работу в разных частотных (все фото автора).

Характеристики устройства Hack RF

Частотный диапазон	1 МГц...6 ГГц
Полоса контроля (пропускания)	20 МГц
Наличие TX кабеля	Присутствует
Разъем подключения антенны	SMA female
Дискретизация	8...20 мс/с
Изменение характеристик фильтра	Программным способом
Характеристики порта антенны, определяемые программным способом	50 мА на 3,3 В
Операционные среды, в которых осуществляется работа	Linux, Windows, Mac



Рис. 1. Устройство Hack RF в прозрачном корпусе



Рис. 2. Антенна 2,4/5/5,8 ГГц



Рис. 3. Антенна 40 МГц...6 ГГц



Рис. 4. Антенна 70 МГц...2700 МГц

Главное преимущество – универсальность. Один и тот же SDR-приемник сегодня может слушать FM-радио, завтра – отслеживать сигналы мобильных сетей, а послезавтра – искать дроны. Нужно загрузить другую программу или сменить параметры в настройках.

Есть и свои нюансы. SDR-приемники требуют определенной вычислительной мощности для обработки сигналов в реальном времени. Нужен либо мощный компьютер рядом, либо одноплатник типа Raspberry Pi с достаточным запасом производительности. Требуется питание, защита от погодных условий при установке в лесу, настройка антенн под нужные диапазоны.

Подводя итог всему сказанному, стоит сказать, что технология SDR-приемников – это вполне реальный инструмент для защиты лесных территорий. У нее есть свои ограничения, связанные с рельефом, погодой и необходимостью грамотной настройки. Но возможность обнаруживать несанкционированное присутствие людей и дронов на расстоянии, до физического контакта – это огромное преимущество.

В ближайшие годы мы увидим все более широкое внедрение таких систем в лесном хозяйстве. Технологии становятся доступнее, алгоритмы – умнее, а необходимость защиты наших лесов – все острее.

Список источников

1. Власова А. И., Лубенцов А. В. Системный анализ применения технологий средств подавления сигналов сотовой связи в системе УИС // Актуальные проблемы деятельности подразделений уголовно-исполнительной системы : сборник трудов научно-практической конференции. Воронеж : Научная книга, 2023. С. 262–265.
2. Лубенцов А. В., Власова А. И. Системный анализ синтеза модели мониторинга и подавления сигнала сотовой связи // Карбышевские чтения : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 229.
3. Морозова А. И., Лубенцов А. В. Прием сигналов с использованием SDR-приемников // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 588–593.
4. Лубенцов А. В., Власова А. И. Интеллектуальные модели управления системами связи // Радиолокация, навигация, связь : сборник трудов XXX Международной научно-технической конференции. Воронеж, 2024. С. 168.
5. Силин А. Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ // Беспроводные технологии. 2007. № 2. С. 22.