

# СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖЕЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI

Бурачёнок А.Ю.

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

Научный руководитель: Лапцевич А.А – канд. тех. наук

**Аннотация.** Представлена актуальная проблема неинвазивного обнаружения движущихся объектов внутри помещений с использованием существующих беспроводных сетей связи. Исследованы возможности применения стандарта *Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)* в качестве основы для сенсорных систем радиочастотного зондирования (*Wi-Fi Sensing*).

**Ключевые слова:** *Wi-Fi sensing*, радиочастотное зондирование, обнаружение движения, *Wi-Fi 6*, *802.11ax*, *CSI*, *RSSI*, *OFDMA*, неинвазивный мониторинг.

## Введение

Стремительное распространение технологии *Wi-Fi* и потребность в использовании систем безопасности повлияло на новый стандарт *Wi-Fi 6*, теперь он включает возможности неинвазивного мониторинга, путем радиочастотного зондирования при помощи технологии *Wi-Fi sensing*. В связи с этим высокую научную и практическую актуальность приобретает технология использования радиочастотных сигналов существующих *Wi-Fi* сетей для зондирования окружающей среды [1].

### 1 Влияние стандарта *Wi-Fi 6* на возможности радиочастотного зондирования

Долгое время системы *Wi-Fi* обнаружения сталкивались с проблемами недостаточной точности, однако переход к стандарту *Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax)* стал качественным скачком, позволившим использовать беспроводные сети в качестве полноценных радаров [2].

Ключевым нововведением стандарта, сделавшим возможным высокоточное обнаружение, является внедрение технологии множественного доступа с ортогональным частотным разделением каналов (*OFDMA*) и четырехкратное увеличение плотности поднесущих частот по сравнению с предыдущим стандартом *Wi-Fi 5* (интервал между поднесущими уменьшился до 78,125 кГц). Такое частотное уплотнение позволяет получать гораздо более детализированную картину радиоэфира: пространство сканируется радиоволнами с более высокой «разрешающей способностью» [2].

Кроме того, усовершенствованные технологии формирования направленного луча (*Beamforming*) и использование многоантенных систем *MU-MIMO* обеспечивают строгую пространственную фильтрацию сигнала. Высокая плотность поднесущих на физическом уровне (*PHY*) в сетях *802.11ax* позволяет фиксировать мельчайшие изменения в профиле многолучевого распространения радиоволн, что перевело *Wi-Fi* обнаружение из теоретической плоскости в практическую.

### 2 Сравнительный анализ методов *RSSI* и *CSI* для обнаружения объектов

Для локализации и распознавания объектов с помощью *Wi-Fi* традиционно рассматриваются два основных радиочастотных параметра: *RSSI* и *CSI*.

Метод *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* базируется на измерении уровня мощности принимаемого сигнала. Извлечение данного параметра происходит на уровне управления доступом к среде (*MAC*), что делает его легкодоступным на подавляющем большинстве бытовых устройств [4]. Однако *RSSI* имеет критические ограничения: это скалярная величина, представляющая собой усредненную суммарную мощность сигнала по всей полосе пропускания. *RSSI* крайне нестабилен и подвержен сильным флуктуациям из-за эффекта многолучевого замирания, интерференции и аппаратного шума. В закрытых помещениях сигнал *RSSI* может изменяться даже в статической среде, что делает его пригодным лишь для грубой оценки присутствия, но не для точного отслеживания движения.

Метод *CSI (Channel State Information)*, напротив, извлекается непосредственно на физическом уровне (*PHY*) и предоставляет мелкогранулированную информацию о канале связи [1, 3]. *CSI* описывает процесс трансформации радиосигнала при прохождении через пространство от передатчика к приемнику, предоставляя детализированные данные об амплитуде и фазе для каждой отдельной поднесущей частоты *OFDM*.

### 3 Обоснование структурной схемы системы

Для решения ключевой проблемы систем радиочастотного зондирования с использованием *Wi-Fi*: маленькой зоны покрытия. Из доступных диапазонов частот, подходит только диапазон 2400–2483,5 МГц. Так как сигналы диапазонов с несущей на 5 и 6 ГГц плохо проходят сквозь твердые объекты, такие как стены.

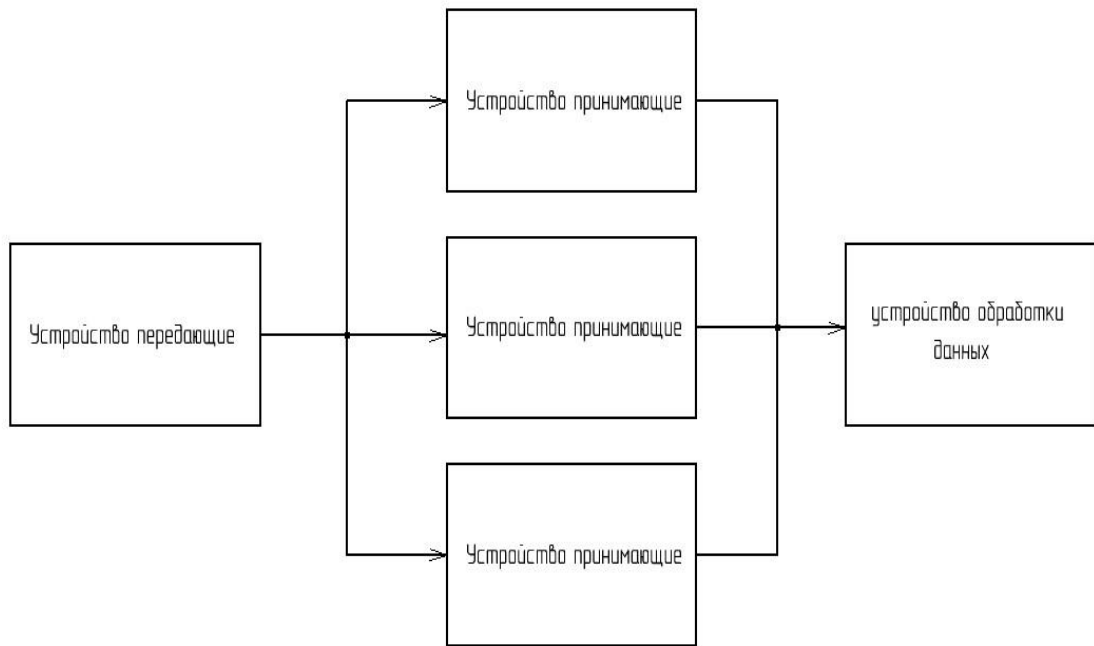


Рисунок 1 – Структурная схема системы обнаружения Движущихся объектов с использованием технологии Wi-Fi

Как видно на рисунке 1 для увеличения радиуса покрытия требуется использовать несколько принимающих устройств, это помогает расширить область действия за счёт приёма сигнала с разных точек помещения. Каждое из принимающих устройств участвует в итоговом формировании решения. Похожий подход применяется в одном из наиболее популярных подходов неинвазивного мониторинга с использованием *Wi-Fi, Original Wireless*[4].

**Список использованных источников:**

1. T. Jiang et al., "CSI-based Wi-Fi Sensing: A Comprehensive Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, с. 22-26, 2020.
2. С. И. Макаренко, «Перспективы и проблемы развития сетей беспроводной связи стандарта IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)», *Системы управления, связи и безопасности*, № 4. С. 132-155, 2020.
3. *IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks–Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Std 802.11-2020.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [.https://standards.ieee.org/](https://standards.ieee.org/) – Дата доступа: 23.03.2026
4. *Origin Wireless AI Technology. Official White Paper.* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.originwirelessai.com/wifi-sensing/> – Дата доступа: 03.03.2026