

УДК 004.428.2

**ОБЗОР РЕШЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ****Некрасов Артем Александрович**

Аспирант, Инженер, АО НПЦ Элвис  
г. Москва, РФ  
nekrasovudomlya@yandex.ru

**Черкасов Никита Андреевич**

Бакалавр, Инженер, АО НПЦ Элвис  
г. Москва, РФ

**Титов Игорь Вадимович**

Магистр, Инженер, АО НПЦ Элвис  
г. Москва, РФ

**Аннотация**

Статья содержит обзор разработанного программно-аппаратного комплекса для детектирования и анализа транспортных потоков, который выполняет анализ WiFi голографии и применяет алгоритмы машинного зрения для детекции и получения данных о транспортном потоке.

**Ключевые слова:** Дорожное движение, Голография, Искусственный интеллект, Транспортные потоки

**REVIEW OF THE TECHNIQUE AND SOFTWARE APPROACHES FOR  
TRANSPORT DETECTION BASED ON ELECTROMAGNETIC RADIATION****Artem A. Nekrasov**

Postgraduate student, Engineer, JSC SPC Elvis  
Moscow, Russia

**Nikita A. Cherkasov**

Bachelor, Engineer, JSC SPC Elvis  
Moscow, Russia  
cher.feeno@gmail.com

**Igor V. Titov**

Master, Engineer, JSC SPC Elvis  
Moscow, Russia  
garik\_titov@mail.ru

## ABSTRACT

The article contains an overview of the developed software and hardware system for detecting and analyzing traffic streams, which performs WiFi holography analysis and applies machine vision algorithms for detecting and obtaining data about the traffic stream.

**Keywords:** Traffic, Holography, Artificial intelligence, Traffic flow

Сбор данных о транспортном потоке интенсивно используется при создании автоматических систем управления дорожным движением. В настоящее время для этих целей используются видеокamеры, радарные комплексы, индуктивные и оптические детекторы. Эти устройства имеют свои недостатки в виде зависимости от погоды, дополнительных бюджетных расходов на монтаж в дорожное полотно, количество используемых камер и радаров пропорциональное число полос для движения.

Обозреваемое решение создавалось с фокусом на снижение стоимости и дополнительных расходов на установку оборудования, а также оно может функционировать вне зависимости от сезона года и погодных явлений. Наше решение способно детектировать и анализировать картину дорожного движения на основе анализа электромагнитных излучений, которые в наше время присутствуют во многих городах.

Результатом работы нашего решения являются следующая информация о дорожных объектах:

- тип транспортного средства: грузовой, легковой, двухколесный;
- координаты;
- направление движения;
- скорость передвижения;
- средняя скорость потока;
- распознавание общественного транспорта;
- оценка объема пешеходов в зоне действия устройства.

Наиболее широкое распространение среди пользовательских частот получил стандарт беспроводной передачи данных WiFi. Зона покрытия WiFi радиоволнами ежедневно расширяется и распространяется как частном секторе, так и на объекты общего пользования. Дорожно-транспортная инфраструктура не является исключением. Здесь WiFi технология передачи данных применяется в общественном транспорте, на перекрестках и остановках, на многих фонарных столбах. В связи с этим во многих городах WiFi волны пронизывают большую часть перекрестков и мест скопления транспорта. Наряду с этим, такие дорожные объекты требуют новых решений для регулирования дорожным движением и решения проблем заторов и пробок.

Наше решение основывается на анализе излучаемых и отражаемых радиосигналов стандарта передачи данных WiFi. Его источник излучения представляет собой когерентное излучение с заданной амплитудной и фазовой составляющей. Радиоизлучение, подобно световому излучению. Ему свойственно участвовать в таких явлениях, как преломление лучей, дифракция и интерференция. Интерференция – это взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга [1]. Это явление можно наблюдать также для радиоизлучения WiFi. Его радиоволны, распространяясь среди объектов дорожной инфраструктуры, преломляются и отражаются от транспортных объектов. И при условии наложения прямых и отраженных лучей формируют интерференционную картину. Это явление так же

называется WiFi голография [2]. Для детекции этого явления, как и любого радиоизлучения, в нашем решении используется массив антенных решеток, элементы которой были смоделированы и подобраны под диапазон частот WiFi. Массив антенных решеток представляет собой отдельный набор антенн, каждая из которых имеет элементы согласования и усиления электрического сигнала. Сигнал от каждой из антенны проходит через электронные компоненты, выполняющие роль аналого-цифрового преобразователя. Данные о электрическом сигнале в цифровом виде поступают по параллельному, высокоскоростному интерфейсу передачи данных в центральный процессор.

Результатом записи электрических сигналов антенной решетки является массив данных, который представляет собой изображение на рисунке 1.

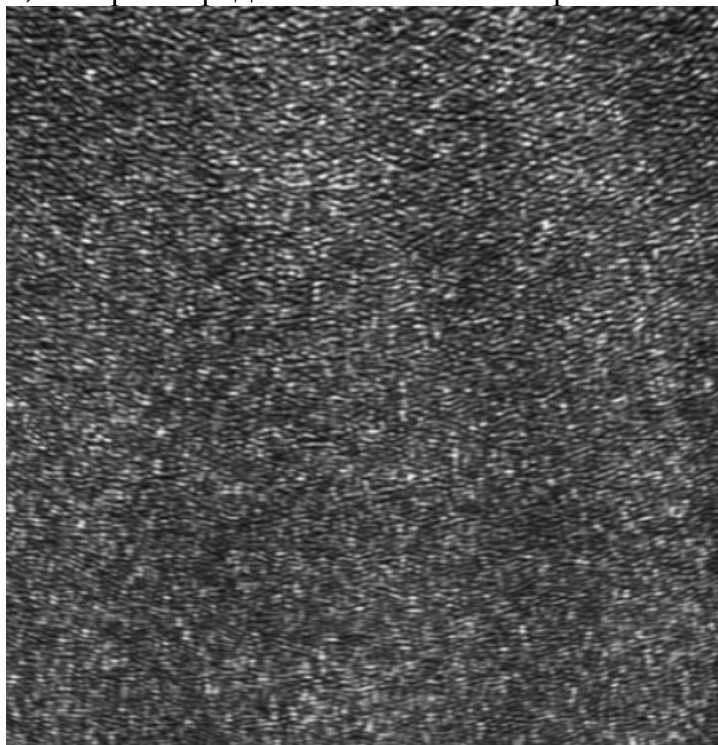


Рисунок 1. Результат регистрирования WiFi голографии

Полученный результат необходимо подвергнуть обработки математическими методами, чтобы получить очертания объектов транспортной инфраструктуры. Для этой цели центральный процессор реализует алгоритмы цифровой реконструкции голографии. Суть этого алгоритма заключается в том, что данные голографии могут быть описаны интегралом Френеля-Кирхгофа. Недостатком этого решения является значимая потребность в вычислительных ресурсах и времени на вычисления. Существует альтернативный вариант реконструкции голографии. Это применение теоремы свертки. Это решение применяется математиками с первых дней открытия голографии. Деметракопулос и Миттра впервые применили теорему свертки для численной реконструкции голографии. Позже этот подход был применен для голографии. Весь процесс математических операций требует всего трех преобразований Фурье, которые эффективно осуществляются с помощью алгоритма - «Быстрое преобразование Фурье». Решение этого алгоритма широко распространено при проектировании электрических устройств. Все эти подходы подробно описаны в исследовании Schnars, U. & Jüptner, W. P. O [3].

Единственным недостатком численной реконструкции голографии методом теоремы свертки является полученный результат с меньшим разрешением изображения. Но для целей распознавания объектов транспорта этот результат вполне приемлем.

Наше решение представляет собой программно-аппаратный комплекс который должен быть интегрирован в дорожную инфраструктуру. Принцип получения изображения WiFi голографии изображен на рисунке 2.

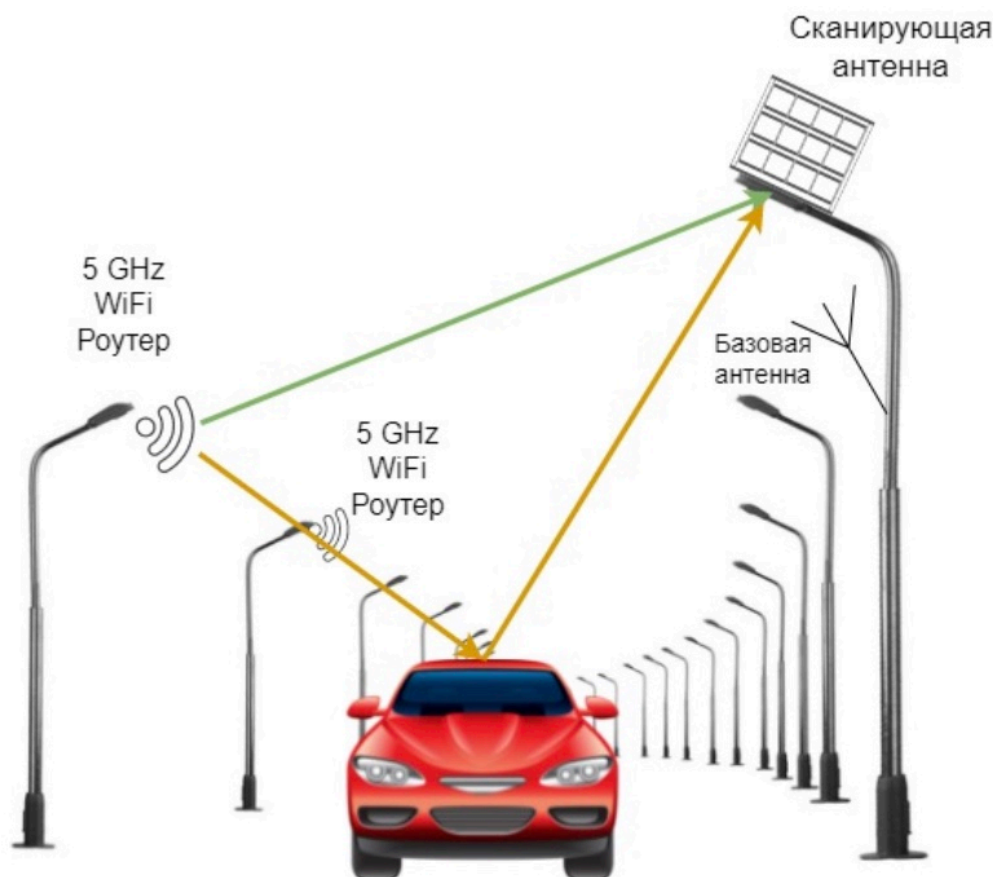


Рисунок 2. Расположение ПАК

Наше решение расположения элементов ПАК обуславливается нахождением приемной антенны в месте формирования интерференционной картины. Интерференционная картина в этом месте создается путем сложения двух радиосигналов: прямое излучение от WiFi роутера и отраженное излучение от транспортных объектов. Так как транспорт преимущественно состоит из металлических конструкций, то отраженное излучение имеет заметную интенсивность. Дорожное полотно, наоборот в большей степени поглощает радиоизлучение, поэтому результат реконструкции голографии будет представлять собой очертания наземных объектов транспорта.

Если среди транспорта будет присутствовать другой WiFi излучатель, то он будет отображаться как светлое пятно, подобно солнцу на обычных фотографиях. Этот источник излучения возможно удалить методом регулировки глубины яркости изображения. Если этот WiFi источник будет иметь известный нам MAC адрес, то мы можем распознать данный объект, например, как общественный транспорт.

Используя подход машинного зрения, становится возможным распознавать и классифицировать наблюдаемые объекты по их площади на изображении. Так же данный подход может детектировать аномалии в траектории движения потока транспорта, что может быть классифицировано как дорожное транспортное происшествие.

По результатам разработки программно-аппаратного устройства был проведен сравнительный анализ имеющихся на рынке решений, которые применяются в построение систем управления дорожным движением. В таблице 1 приведены результаты выполненного исследования.

Таблица 1 - сравнительный анализ решений

Параметры сравнения	Камера	Радар	Индукт. петля	WiFi голография
Дорога, 6 полос	3-6 шт.	3-6 шт.	6 шт.	1 шт.
Коммуникации	ЦОД, кабель питания и интернета	ЦОД, кабель питания и интернета	ЦОД, кабель питания и интернета	Беспроводные сети (4G, 5G, WiFi)
Автономность	отсутствует	отсутствует	отсутствует	Солнечные батареи
Погодные условия	Без осадков	Без осадков	Любое время года	Любое время года
Цена за шт.	от 30 000 р.	от 300 000 р.	от 1 500 000 р.	до 30 000 р.

Проведя сравнения существующих систем и нашего решения, можно сделать вывод, что разработанное устройство имеет значительные достоинства по эксплуатационным и стоимостным параметрам.

Наше решение детектирование и анализа транспортного потока на основе электромагнитного излучения имеет научную новизну в аспектах подхода к детектированию и анализу радиоизлучения WiFi сигнал.

Наша команда разработал программно-аппаратный комплекс для детектирования и анализа транспортных потоков был разработан в рамках проекта УМНИК-21 (Проектная команда. Электроника).

По результату выполненных работ были достигнуты цели детектирования транспорта на основе электромагнитного излучения WiFi является конкурентным и востребованным комплексом мониторинга за транспортом, что подтверждается наличием интереса от организаций занимающихся транспортной инфраструктурой.

#### Список литературы:

1. Н. С. Степанов. Интерференция волн // Физическая энциклопедия : [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия (т. 1–2); Большая Российская энциклопедия (т. 3–5), 1988–1999. – ISBN 5-85270-034-7.
2. Philipp M. Holl. Holography of Wi-Fi radiation. - 2017 - С. 2-3
3. Schnars, U. & Jüptner, W. P. O. Digital recording and numerical reconstruction of holograms. Meas. Sci. Technol. 13, R85 (2002).

**References:**

1. N. S. Stepanov. Interference of waves // Physical Encyclopedia : [in 5 volumes] / Editor – in-chief A.M. Prokhorov. - M.: Soviet Encyclopedia (vol. 1-2); Great Russian Encyclopedia (vol. 3-5), 1988-1999. – According to ISBN 5-85270-034-7.
2. Philip M. Hall. Wireless radiation holography. - 2017 - p . 2-3
3. Schnapps, U. and Juptner, VPO. Digital recording and numerical reconstruction of holograms. Meas. The science. Technol. 13, R85 (2002).