

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КОЛМОГОРОВА-ВИНЕРА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРИСУТСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ WiFi-СКАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ RSSI

Шибает Павел Павлович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: pshibaev@lvk.cs.msu.ru

Научный руководитель — Чупахин Андрей Андреевич

В данной работе рассматривается задача определения присутствия человека в комнате при помощи WiFi-устройства (задача WiFi-сканирования). Существуют различные технические подходы к решению задач WiFi-сканирования: с использованием данных показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI — Received Signal Strength Information), данных о состоянии канала (CSI - Channel State Information) [1], а также доплеровского эффекта [2].

Формально решается задача обучения с учителем. Имеется вектор значений RSSI, полученных через равные промежутки времени $r_{train} = [r_1, r_2, r_3, \dots, r_n](1)$, и вектор меток $y_{train} = [y_1, y_2, \dots, y_n](2)$. Значение метки 1 соответствует присутствию человека, 0 — отсутствию. Требуется найти алгоритм $A(r)$, который следует обучить на данных (1) и (2). Алгоритм, получая новые неразмеченные данные $r_{input} = [r_1, r_2, \dots, r_m](3)$, пытается определить присутствие человека. В качестве результата получается вектор $y_{out} = [y_1, y_2, \dots, y_m](4)$.

Алгоритмы WiFi-сканирования, работающие с данными RSSI, зачастую являются фильтрами, которые очищают шум (является результатом внешних условий: колебаний температуры, влажности, передвижения предметов; вызывает колебания RSSI, которые препятствуют корректному решению поставленной задачи), делая возможным верное обнаружение аномалий, что соответствует факту присутствия человека в комнате. Например, исследовались возможности применения фильтра Калмана [3] и комбинации фильтров скользящих средних. Предшественником фильтра Калмана был фильтр Колмогорова-Винера, используемый в работе.

В данной работе было проведено экспериментальное исследование. Его целью было определение перемещения человека в помещении (жилое помещение — площадь 10 м², малое количество приборов и препятствий; офисное помещение — площадь 20 м², наличие

препятствий в виде мебели и перегородок, больше оборудования). Был подготовлен экспериментальный стенд из WiFi-устройства под управлением операционной системы OpenWRT и мобильного устройства (смартфона), подключенного к нему. В первой части эксперимента происходил замер RSSI. В результате применения фильтра Колмогорова–Винера определялось базовое значение RSSI в покое, а также уровень шума. Во второй части эксперимента человек сначала ходил по помещению (первые 50 с), а в конце удалялся из помещения (последние 150 с). Человек пересекал линию между WiFi-устройством и смартфоном, отходил вбок, опять пересекал линию. Фильтр получал на вход данные RSSI в период отсутствия человека и определял уровень шума. На Рис. 1 и Рис. 2 приведены данные второй части эксперимента в обоих частях помещения (данные RSSI до и после обработки фильтром Колмогорова–Винера).

Для определения аномалий используется фильтр Хампеля [5] с последующим сглаживанием медианным фильтром. На обработанных данных RSSI алгоритм детектирования аномалий определяет, что человек находится в жилой комнате до 49 с, а в офисном помещении — до 44 с. Определим точность (ассурагу) присутствия человека как отношение количества правильных прогнозов к общему их числу. В первом случае это $\frac{199}{200} = 0,995$, во втором $\frac{196}{200} = 0,9875$, среднее значение точности есть 0.985.

Таким образом, при условии отсутствия внешних возмущений метод определения присутствия человека по показаниям RSSI с последующей обработкой с помощью фильтра Колмогорова–Винера обладает приемлемой точностью и может применяться для решения практических задач. Результаты экспериментального исследования и исходные коды работы выложены в открытый доступ [6].

Иллюстрации

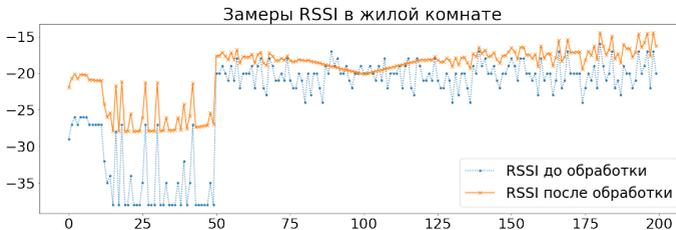


Рис. 1 Данные RSSI в жилой комнате

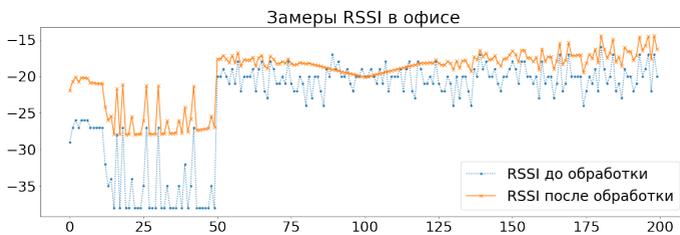


Рис. 2 Данные RSSI в офисе

Литература

1. Jiang H. , Cai C., Ma X. , Yang Y., Liu J. Smart Home Based on WiFi Sensing: A Survey // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 13317-13325. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2812887.
2. Li W. , Piechocki R.J. , Woodbridge K., Tang C., Chetty K. Passive WiFi Radar for Human Sensing Using a Stand-Alone Access Point // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2021. Vol. 59(3), P. 1986-1998. doi: 10.1109/TGRS.2020.3006387.
3. Wang H., Zhang F., Zhang W. Human Detection through RSSI Processing with Packet Dropout in Wireless Sensor Network // Journal of Sensors. 2020. Vol. 1(9). doi: 10.1155/2020/4758103
4. Santiprapan P., Sengchuai K., Jindapetch N., Saito H., Booranawong A. Development of an adaptive device-free human detection system for residential lighting load control // Computers & Electrical Engineering. 2021. Vol. 93. ISSN 0045-7906
5. Hampel F.R. The influence curve and its role in robust estimation // J. Am. Stat. Assoc. 1974. Vol. 69(346). P. 383-393.
6. Репозиторий с исходными кодами эксперимента: <https://github.com/shibaeff/RSSISensing>