

УДК 621.396.41

DOI 10.22213/2413-1172-2018-2-211-215

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ФИКСИРОВАНИЕ ПАДЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ Wi-Fi

**П. В. Ремпель**, студент, Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

**А. П. Борисов**, кандидат технических наук, доцент, Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова, Барнаул, Россия

*Рассмотрен актуальный вопрос использования нерегламентированных возможностей сетей Wi-Fi и создания программно-аппаратного комплекса для развертывания локальной системы позиционирования объектов, основанной на измерении интенсивности принимаемого сигнала (RSSI). Система может внедряться как в уже существующую инфраструктуру Wi-Fi, так и специально спроектированную. Для расчета координат использовался алгоритм *Weighted centroid* (центр масс), который вычисляет координату агента как линейную комбинацию координат точек доступа с учетом мощности сигналов, в качестве характеристики веса. Местоположение объекта, оснащенного специальной меткой, отображается на персональном компьютере пользователя в режиме реального времени. Данные от метки передаются по Wi-Fi. Применение акселерометра в данной системе позволяет решить актуальную для подобного рода систем проблему энергосбережения. Другая задача, которую помогает решить акселерометр, – определение падения объекта, в случае которого на устройство управления отправляется специальный сигнал. Погрешность определения местоположения при трех точках достигает 5 метров. При увеличении количества точек происходит увеличение точности позиционирования. При этом при использовании 6 точек погрешность в определении местоположения уменьшается до 1,5 метров.*

**Ключевые слова:** Wi-Fi, RSSI, позиционирование, местоположение, падение объекта, акселерометр, Wemos D1 mini.

### Введение

Сети Wi-Fi в настоящее время распространены очень широко. Устройства в этой сети не прикреплены к определенному месту и чаще всего постоянно меняют положение в пространстве. Почти в каждой организации имеется как минимум одна сеть Wi-Fi, сигнал от которой обычно доступен и за ее пределами. Wi-Fi-покрытие есть почти у любого корпоративного клиента, поэтому инфраструктура этой беспроводной сети можно использовать для позиционирования. Точность таких локальных систем позиционирования будет зависеть от плотности точек доступа, «привязанных» к конкретным точкам на плане здания, сооружения, территории [1, 2]. Использование нерегламентированных возможностей Wi-Fi-сетей является актуальной задачей, так как инфраструктура этих сетей может быть использована для решения целого ряда задач, например, для создания локальной системы позиционирования [3, 4]. Такие системы могут применяться там, где недоступны такие системы определения местоположения, как GPS или ГЛОНАСС, а их точность будет зависеть от числа точек доступа Wi-Fi.

Локальные системы позиционирования объектов можно применять для решения ряда задач:

- автоматизация размещения объектов и их учет;
- навигация объектов в пределах организации;
- совершенствование систем контроля и управления доступом;
- контроль за перемещением объектов организации;
- получение данных для проведения информационно-аналитических работ [5–7].

В разрабатываемой системе используется достаточно простой, действенный и не требующий больших затрат на реализацию метод триангуляции. Данный метод позволяет определять местоположение имея базу данных координат точек доступа организации.

Целью работы является экспериментальное исследование возможности локального позиционирования в развернутой инфраструктуре Wi-Fi.

Задачи исследования:

- разработка аппаратной части системы позиционирования, основанную на модулях беспроводной сети Wi-Fi;

– разработка программного обеспечения, позволяющего определять местоположение объекта и его падение.

### Принцип работы разрабатываемой системы

В состав системы входит несколько точек доступа, Wi-Fi-метки и устройство для сбора данных с меток и их последующей обработки (рис. 1).

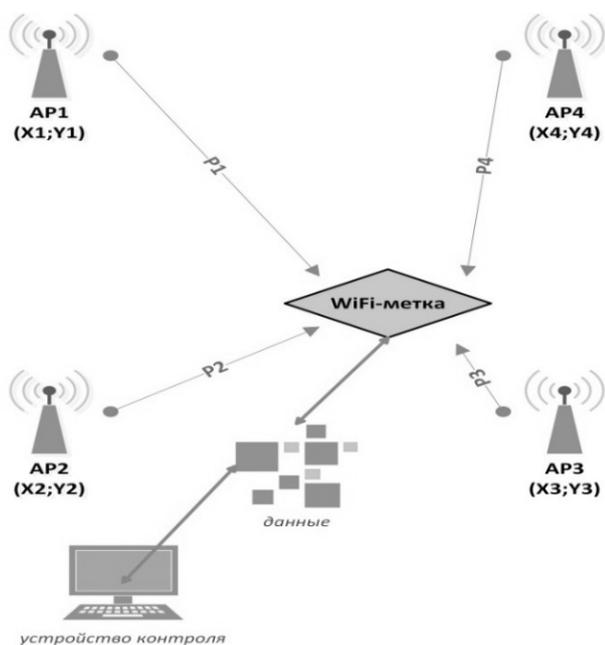


Рис. 1. Принцип работы системы

Разрабатываемое устройство (метка) ищет известные точки доступа и измеряет мощность принимаемого сигнала, после чего отправляет данные на устройство, где происходит вычисление местоположения с некоторой точностью в заданной системе координат [8].

Для расчета координат использовался алгоритм Weighted centroid (центр масс), который вычисляет координату агента как линейную комбинацию координат точек доступа с учетом мощности сигналов, в качестве характеристики веса. Этот алгоритм является достаточно простым с вычислительной точки зрения (сложность  $O(N)$ ). Положение агента определяется по следующим формулам:

$$\begin{cases} X_0 = \sum_{i=1}^N \mu_i X_i, \\ Y_0 = \sum_{i=1}^N \mu_i Y_i, \\ \mu_i = \left( P_i \sum_{j=1}^N \frac{1}{P_j^2} \right)^{-1}, \end{cases}$$

где  $X_0$  и  $Y_0$  – искомые координаты;  $X_i$  и  $Y_i$  – координаты  $i$ -й точки доступа;  $P_i$  – мощность сигнала  $i$ -й точки доступа;  $\mu_i$  – характеристика веса;  $N$  – количество точек.

К преимуществам данного алгоритма можно отнести простоту реализации и необходимость знать только месторасположения точек доступа. К недостаткам можно отнести зависимость точности положения от числа точек доступа одновременно доступных для метки. Алгоритм можно отнести к базовым, не требующим предварительных измерений.

Система работает следующим образом: специальное устройство (Wi-Fi-метка), оборудованное акселерометром, находится в режиме сна до тех пор, пока сигнал с акселерометра не будет характерен какому-либо движению. Вместе с тем, как метка начинает двигаться, она начинает искать доступные точки доступа и измерять мощность принимаемого сигнала (RSSI) [9]. После завершения сканирования данные с метки отправляются на устройство контроля по защищенной шифрованием сети Wi-Fi [10], где происходит вычисление местоположения в заданной системе координат с использованием специального программного (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017662655. Локальная система позиционирования в сети Wi-Fi / П. В. Ремпель, А. П. Борисов. Заявл. 26.09.17, опубл. 13.11.17). Координаты всех точек доступа хранятся на устройстве контроля и определяются перед запуском системы.

Применение акселерометра в данной системе позволяет решить актуальную для подобного рода систем проблему энергосбережения. Другая задача, которую помогает решить акселерометр, – определение падения объекта, в случае которого на устройство управления отправляется специальный сигнал.

В разрабатываемой системе для определения падения объекта измеряется сигнал с акселерометра, соответствующий удару. Чаще всего на метку поступает один из следующих наборов сигналов акселерометра (рис. 2):

- спокойное состояние (область 1);
- состояние невесомости (область 2);
- удар (область 3);
- смена положения датчика (область 4).

Как видно из рисунка, однозначно выявить удар в реальных условиях – несложная задача.

В качестве метки использовался микроконтроллер Wemosd1 mini – программируемая плата на базе микроконтроллера ESP8266EX с поддержкой Wi-Fi и доступом к UART, SPI, I2C,

GPIO. Так как у данного микроконтроллера имеются GPIO интерфейсы, то возможно подключение к ним датчиков (например, акселерометра) и передачи на удаленный компьютер по сети Wi-Fi.

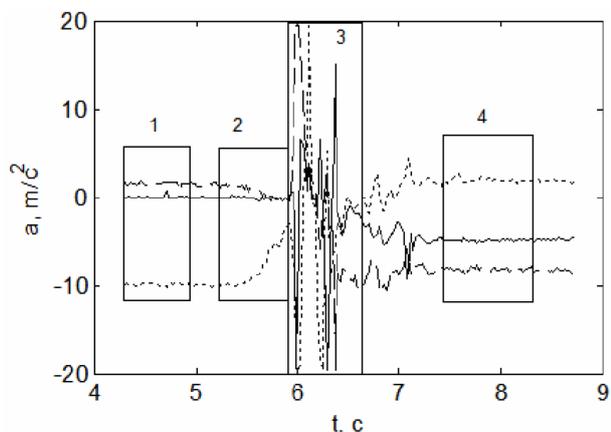


Рис. 2. Данные акселерометра

Метка запрограммирована как сканер Wi-Fi-сети, который собирает информацию о мощностях сигналов видимых точек доступа и передает данные на устройство.

#### Результаты экспериментальных исследований

При тестировании устройства использовались мобильные хот-споты, расположенные по углам помещения размером 11,×5,7 м. Для каждой точки доступа указаны соответствующие координаты, относительно которых вычислялось местоположение метки.

Результат позиционирования в комнате с тремя точками представлен на рис. 3, с четырьмя – на рис. 4. Сплошной темной линией отображается реальный маршрут перемещения метки по помещению, а светлой пунктирной – вычисленный маршрут метки. Погрешность определения местоположения в таких условиях достигает 5 м, поэтому число точек доступа было увеличено (см. рис. 4).

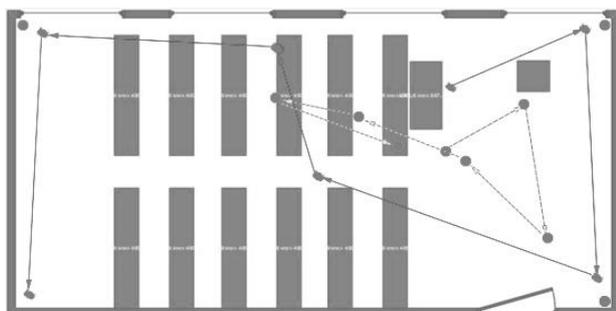


Рис. 3. Помещение с тремя точками доступа

Как можно увидеть на рис. 4, с увеличением количества точек погрешность определения местоположения уменьшилась до 2,5 м.

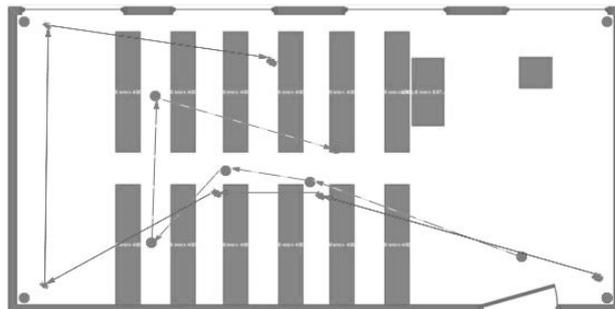


Рис. 4. Помещение с четырьмя точками доступа

На рис. 5 представлен результат работы устройства на открытой площадке размером 10×10 м, по углам которой установлены четыре точки доступа. Видно, что погрешность определения местоположения на открытой площадке немного меньше, чем в помещении. Это объясняется тем, что в помещении сигнал Wi-Fi проходит через различные предметы, которые поглощают часть исходного сигнала.

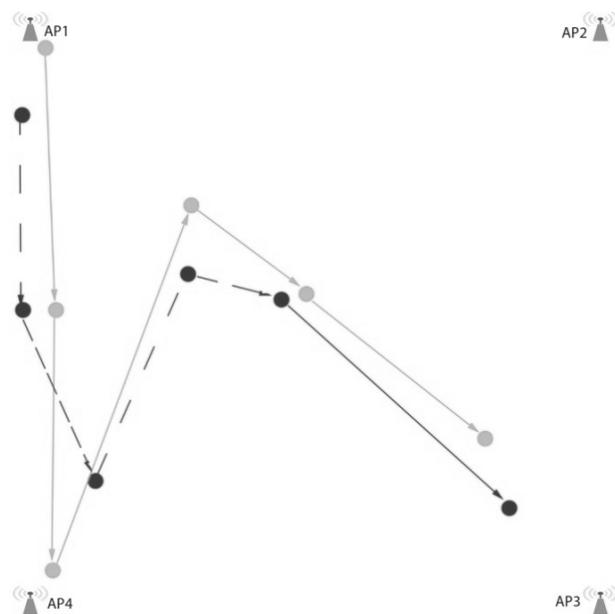


Рис. 5. Результат работы с четырьмя точками доступа на открытом пространстве

В результате тестирования устройства с использованием шести точек доступа погрешность в определении местоположения уменьшилась до 1,5 м. На рис. 6 представлены результат тестирования устройства в помещении размером 17×12 м, которое имеет межкомнатные перегородки.

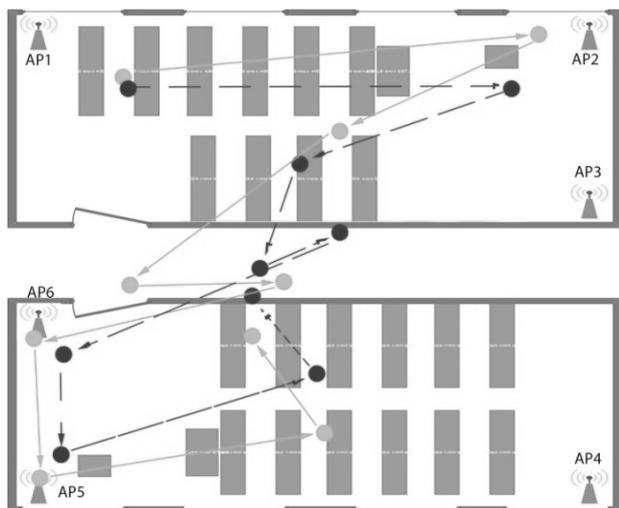


Рис. 6. Результат работы с шестью точками доступа в помещении

### Выводы

В результате тестирования работы системы был сделан вывод, что координаты метки, рассчитанные с использованием алгоритма Weighted Centroid, находятся в пределах границы фигуры, определяемой координатами точек доступа в заданной системе координат. Точность позиционирования объекта зависит от количества точек доступа, одновременно доступных для метки, и от препятствий на пути распространения сигнала Wi-Fi. Использование акселерометра помогает решить задачу энергосбережения и делает возможным определение характера движения объекта.

### Библиографические ссылки

1. Старцев С. С. Модели распространения радиосигнала Wi-Fi. URL: <http://conf.nsc.ru/files/conferences/MIT2013/fulltext/146127/151267/Startsev.pdf> (дата обращения: 05.07.2017).
2. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. М.: Вильямс, 2004.
3. Wi-Fi-позиционирование «дешево и сердито». О частоте замеров, или Возможно ли Wi-Fi-позиционирование в реальном времени? URL: <https://habrahabr.ru/post/309308/> (дата обращения: 05.02.2018).
4. Аверин И. М., Семенов В. Ю. Позиционирование пользователей с использованием инфраструктуры локальных беспроводных сетей // Радиолокация и радиосвязь: IV Всерос. конф. (ИРЭ РАН, 29 ноября – 3 декабря 2010 г.). М., 2010. С. 475–479.
5. Волков А. Н., Сиверс М. А., Сухов В. А. Позиционирование в сетях Wi-Fi // Вестник связи. 2010. № 11. С. 28–33.
6. Бобеску Б., Александру М. Мобильное позиционирование пользователя с использованием лока-

лизации Wi-Fi // Обзоры академии ВВС: Научный информационный обзор. 2015. № 1. С. 119–122.

7. Игнатенко П. А. Разработка системы позиционирования в закрытых помещениях с использованием метода ангуляции источников Wi-Fi-сигнала // Ухтинский гос. техн. ун-т. Ухта, 2016.

8. Воронов А. С., Калигин Н. Н. Интеллектуальный алгоритм определения падения человека // Ползуновский альманах. 2015. № 1. С. 99–103.

9. Ремпель П. В., Борисов А. П. Локальная система позиционирования с использованием сети Wi-Fi // MATEC Web of Conferences (IME&T 2017). 2018. Т. 155, № 01014. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815501014>

10. Ремпель П. В., Борисов А. П. Использование развернутой сети Wi-Fi для позиционирования внутри помещения // Измерение, контроль, информатизация: материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. / под ред. Л. И. Сучковой. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. С. 32–35.

### References

1. Startsev S. S. (2013). *Modeli rasprostraneniia radiosignala Wi-Fi* [Models of Wi-Fi radio signal propagation], available at <http://conf.nsc.ru/files/conferences/MIT2013/fulltext/146127/151267/Startsev.pdf> (accessed July 5, 2017).
2. Roshan P., Lieri D. (2004). *Osnovy postroeniia besprovodnykh lokal'nykh setei standarta 802.11* [Fundamentals of 802.11 standard Wireless LAN architecture]. Moscow: Vil'iams (in Russ.).
3. *Wi-Fi pozitsionirovanie «deshevo i serdito». O chastote zamerov ili vozmozhno li Wi-Fi pozitsionirovanie v real'nom vremeni?* [Wi-Fi positioning is “cheap and nasty”. About sampling frequency or is it possible Wi-Fi positioning in real time], available at <https://habrahabr.ru/post/309308/> (accessed February 5, 2018) (in Russ.).
4. Averin I. M., Semenov V. Ju. (2010). Positioning of users using the infrastructure of local wireless networks. Proceedings of the *Radiolokacija i radiosvjaz'* (ed. A. A. Potapov), pp. 475-479 (in Russ.).
5. Volkov A. N., Sivers M. A., Sukhov V. A. (2010). Positioning in Wi-Fi networks. *Vestnik svyazi* [Communication bulletin], no. 1, pp. 28-33 (in Russ.).
6. Bobescu B., Alexandru M. (2015). Mobile positioning of the user using Wi-Fi localization. *Obzory akademii VVS* [Review of the Air Force Academy], vol. 8, no. 1, pp. 119-122 (in Russ.).
7. Ignatenko P. A. (2016). *Razrabotka sistemy pozitsionirovaniia v zakrytykh pomeshcheniiakh s ispol'zovaniem metoda anguljatsii istochnikov Wi-Fi-signalnaja* [Development of a positioning system in closed rooms using the method of angulation of Wi-Fi signal sources]. Ukhita state. tech. un-t. Ukhita (in Russ.).
8. Voronov A. S., Kaligin N. N. (2015). Intelligent algorithm for determining the fall of a person. *Polzunovskij al'manah* [Polzunovsky almanac], no. 1, pp. 99-103 (in Russ.).

9. Rempel P. V., Borisov A. P. (2018). MATEC Web of Conferences (IME&T 2017), vol. 155, no. 01014, available at <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815501014>

10. Rempel P. V., Borisov A. P. (2017). *Is-pol'zovanie razvernutoj seti Wi-Fi dlja pozicionirovanija vnutri pomeshhenija* [Using a deployed WiFi network for indoor positioning]. Proceedings of the *Izmerenie, kontrol', informatizacija* (ed. L. I. Suchkova), pp. 32-35 (in Russ.).

### Development of Positioning System and Fixing of Object Falling Based on Wi-Fi Wireless Network

*P. V. Rempel*, Student, Altay State Technical University n. a. I. I. Polzunov, Barnaul, Russia

*A. P. Borisov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Altay State Technical University n. a. I. I. Polzunov, Barnaul, Russia

*The paper discusses the current issue of using the unregulated capabilities of Wi-Fi networks and creating a software and hardware complex for deploying a local positioning system based on measuring the received signal strength (RSSI). The system can be implemented both in the already existing Wi-Fi infrastructure, and specially designed. To calculate the coordinates, we used the algorithm Weighted centroid (center of mass), which calculates the coordinate of the agent as a linear combination of the coordinates of access points, taking into account the power of the signals, as a characteristic of the weight. The location of an object equipped with a special label is displayed on the user's personal computer in real time. The data from the tag is transmitted over Wi-Fi. The use of an accelerometer in this system allows for solving the energy saving problem, which is actual for such systems.*

*Another task that helps to solve the accelerometer is to determine the fall of the object, in which case a special signal is sent to the control device. The error in determining the location at three points is 5 meters. As the number of points increases, the positioning accuracy increases. In this case, with the use of 6 points, the error in determining the location decreases to 1.5 meters.*

**Keywords:** Wi-Fi, RSSI, positioning, location, object drop, accelerometer, Wemos D1 mini.

Получено 27.04.2018