

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА WI-FI ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Храбров Д.Е., Мурашко И.А.

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

Распространение беспроводных технологий передачи данных позволяет значительно расширить круг решаемых задач. Одной из таких задач является позиционирование объекта внутри помещения. Глобальная система позиционирования (GPS) не эффективна внутри помещения вследствие низкой разрешающей способности, а также наличия проблемы этажей, которая была поставлена ещё в 1993 в [1].

Большой интерес представляют сети Wi-Fi в качестве технологии позиционирования. Это объясняется тем, что любое административное или торговое здание как правило уже содержит Wi-Fi сеть. Кроме того, именно Wi-Fi доминирует среди средств беспроводной передачи информации внутри помещений.

Рассмотрим примеры задач, которые можно решить с помощью позиционирования внутри здания. Одной из возможных задач является поиск помещения в незнакомом здании. Подобная задача часто ярко выражена в больших торговых центрах и аэропортах. Если посетителю необходимо быстро найти конкретное помещение в здании, то чаще всего ему приходится ориентироваться по настенным картам. Если же карт нет - то помочь может только проводник. Электронная программа-проводник может помочь решить эту задачу, с отображением текущего местоположения и визуального отображения кратчайшего пути.

Подобное устройство может так же оказывать помощь администрации. Например, если выдать его каждому сотруднику и обязать носить с собой, то администратор в любой момент сможет узнать местоположение того или иного сотрудника.

В [2] рассмотрены различные технологии для indoor позиционирования: RFID, BlueTooth, Wi-Fi, ZigBee, GSM, 3G, AGPS. Как вывод в статье приведена мысль, что наилучший результат даст использование сразу нескольких технологий и гибридных алгоритмов. Однако это значительно усложняет систему.

Позиционированием внутри помещений интересуются не только научные университеты, но и крупные коммерческие компании. Например, компания Google внедрила подобные механизмы в свою операционную систему Android [3]. Кроме Google серьёзные разработки в области внутреннего позиционирования ведёт компания Hewlett-Packard [4].

В данной работе рассматривается методика позиционирования объекта внутри помещения на основе стандарта Wi-Fi. Основным достоинством предлагаемой методики является работа на основе уже существующей Wi-Fi сети.

Методика позиционирования включает в себя две основных стадии: стадия обучения и рабочая стадия. Стадия обучения заключается в создании базы данных эталонных образцов видимых точек для каждого помещения. Результатом

обучения является вектор точек доступа, видимых из данного помещения, и хранящийся в базе данных.

Рассмотрим процесс локализации пользователя внутри университета. Пусть мобильное устройство пользователя получило результаты измерения видимых точек доступа (таблица 1). Результат включает в себя имя точки доступа и уровень сигнала.

Таблица 1 - Пример видимости Wi-Fi точек доступа

Название:	IT0	IT1	MaxX	IT3	PE2	Den	ZavKaf	IT8	PE6	PE4
Уровень (дБм)	-82	-37	-24	-54	-76	-54	-78	-92	-97	-79

Укрупнено клиентская часть алгоритма работы системы представлена на рисунке 1.

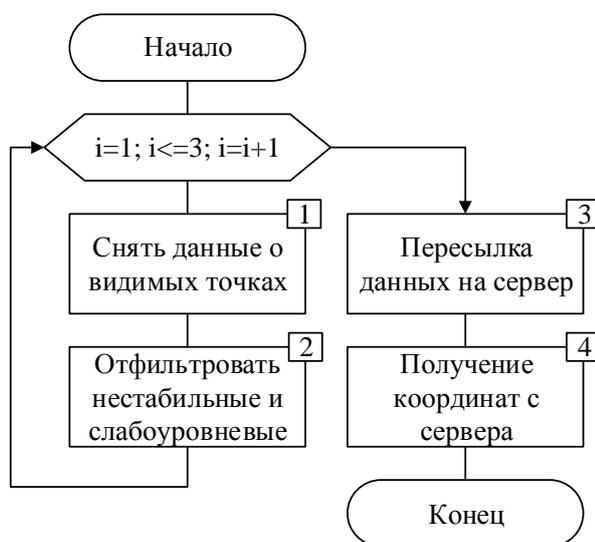


Рис. 1 – Алгоритм работы клиента

Сначала нужно выполнить фильтрацию точек. Она происходит следующим образом: точки с уровнем менее -80 децибел на милливатт отбрасываются (в таблице 1 выделены серым). Далее вектор отфильтрованных значений передается на сервер для последующей обработки.

Получив информацию от очередного абонента, сервер выполняет дополнительную фильтрацию снятых данных, исключает нестационарные точки доступа. Далее среди оставшихся выбираются 4 точки с максимальным уровнем сигнала, таблица 2.

Таблица 2 - Отфильтрованные точки доступа

Название:	IT1	MaxX	IT3	PE2	Den	ZavKaf	PE4
Уровень сигнала:	-37	-24	-54	-76	-54	-78	-79

В таблице 2 серым цветом показаны точки, отфильтрованные на сервере. Точки MaxX и Den были отфильтрованы, так как не входят в список стационар-

ных университетских точек доступа. Точка PE4 отфильтрована потому, что имеет минимальный уровень среди пяти оставшихся точек.

Далее необходимо сравнить полученную выборку точек доступа с эталонными следами из базы данных. Для определения степени похожести образцов авторами предлагается использовать методы кластерного анализа. Для вычисления расстояния между двумя образцами использовано Евклидово расстояние [5], которое вычисляется по следующей формуле:

$$ES_j = \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_{resLis[Name_i]} - P_{DB[Name_i]})^2}, \quad (1)$$

где $P_{resLis[Name_i]}$ – измеренный уровень сигнала точки доступа с именем $Name_i$; $P_{DB[Name_i]}$ – эталонный уровень точки доступа с именем $Name_i$, хранящийся в базе данных; N – число видимых точек с достаточным уровнем сигнала.

Наилучшим вектором координат является тот, Евклидово расстояние до которого минимально. Поскольку в поставленной задаче изначально заложена точность до помещения, то нет необходимости находить конкретные координаты. За текущие координаты принимается помещение, которому соответствует лучший след.

Методика обучения системы

Рассмотрим более подробно стадию обучения. Исследования показали, что многократные измерения даже в одной точке дают достаточно большой разброс значений. Усреднение данных не решает проблему. В данной работе предлагается учитывать то, что расстояние от точки доступа до мобильного устройства обратно пропорционально корню отношения мощностей сигналов. Это следует из формулы Фрииса:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2, \quad (2)$$

где d – расстояние в метрах между передающей и принимающей антенной; P_T – мощность передающей антенны (Вт); P_R – мощность, принимаемая антенной (Вт); G_T – коэффициент усиления передающей антенны; G_R – коэффициент усиления принимающей антенны; λ – длина волны в метрах, соответствующая частоте передачи.

Для СНГ *Wi-Fi* частоты находятся в следующем диапазоне: 2400–2483,5 МГц. Реально используются различные частоты, так что для каждого передатчика данный параметр необходимо динамически получать.

Например, для частоты передачи 2412 МГц:

$$\lambda = \frac{299792458}{2412000000} = 0,1243.$$

Из формулы 2 выводится расстояние в метрах между передающей и принимающей антенной:

$$d = \frac{\lambda \sqrt{G_T G_R}}{4\pi} \sqrt{\frac{P_T}{P_R}}. \quad (3)$$

Кроме того, следует отметить, что стандартная *Wi-Fi* аппаратура выдаёт уровень сигнала не в ваттах, а в децибелах на милливатт

$$A_{dB} = 10 \lg \frac{A}{A_0}, \quad (3.1)$$

где A_{dB} – величина в децибелах, A – измеренная физическая величина, A_0 – величина, принятая за базис.

Обратное преобразование значения к ваттам

$$\frac{P_1}{P_0} = 10^{0.1 \cdot x}, \quad (3.2)$$

где x – величина, измеряемая в дБм; P_1/P_0 – отношение значений двух мощностей: измеряемой P_1 к так называемой опорной P_0 , то есть базовой, взятой за нулевой уровень.

Соответственно, если подставить преобразованное значение в формулу 3, получим

$$d = \frac{\lambda \sqrt{G_T G_R}}{4\pi \sqrt{10^{0.1 \cdot X_R}}}, \quad (4)$$

где X_R — получаемая с *Wi-Fi* оборудования величина, дБм.

Значения G_T и G_R зависят от оборудования, но часто равны единице.

Рассмотрим помещение, и находящуюся в ней точку доступа (рисунок 2). Обозначим углы как A, B, C, D . Точка доступа – E . Центр помещения – G .

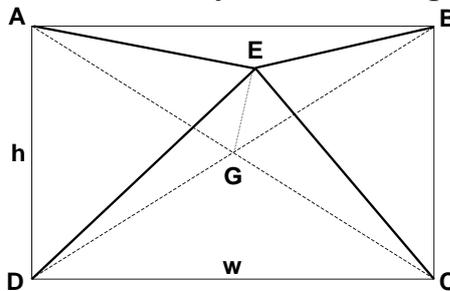


Рис. 2 – Помещение с точкой доступа

Рассмотрим треугольник AEC . Точка G лежит на прямой AC , причём $AG=GC$. Тогда из теоремы Стюарта получаем

$$EG_{ABC} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2AE^2 + 2EC^2 - AC^2}. \quad (5)$$

Аналогично можно получить EG из треугольника BED :

$$EG_{BED} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2BE^2 + 2ED^2 - DB^2}. \quad (6)$$

Расстояние AE – это расстояние от угла A до точки доступа E . Может быть вычислено из измеренного уровня сигнала в точке A . То есть $AE = d_A$. Анало-

гично $BE = d_B$, $CE = d_C$, $DE = d_D$. Кроме того, $AC = DB$ – это диагонали помещения, могут быть вычислены из длины и ширины, либо измерены напрямую.

Ввиду наличия в помещении помех EG_{AEC} не всегда будет равняться EG_{BED} , если вычислять расстояния через мощность сигнала. Однако поскольку EG_{AEC} и EG_{BED} по сути есть одно и то же расстояние, то его среднее арифметическое:

$$d_G = \frac{EG_{AEC} + EG_{BED}}{2}. \quad (7)$$

Из полученного расстояния от центра помещения до точки доступа по формуле Фрииса можно получить уровень сигнала в центре помещения:

$$X_G = 10 \cdot \lg \left(G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d_G} \right)^2 \right). \quad (8)$$

Данный метод желательно использовать для помещений с соотношением сторон не более 2:1. Если же соотношение более 2:1, то помещение разбивается на несколько подпомещений, вводятся дополнительные центры. Таким образом, длинное помещение представлено в базе данных двумя или более векторами координат.

Рассматриваемая методика позиционирования основана на применении алгоритма сопоставления с образцом и оригинальной методики обучения системы, которое позволяет значительно повысить точность позиционирования без введения дополнительного оборудования.

Список использованных источников

1. Шебшаевич, В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцев; Под ред. В. С. Шебшаевича. – М.: Радио и связь, 1993. – С. 408.
2. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems / Hui Liu, H. Darabi, P. Banerjee, Jing Liu // Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions. – 2007. – Vol. 37. – P. 1067–1080.
3. Shala, U. Indoor positioning using sensor-fusion in android devices / U. Shala, A. Rodriguez. – School of Health and Society, Department Computer Science, Embedded Systems, 2011. – P. 58.
4. Avoiding multipath to revive inbuilding WiFi localization / Souvik Sen, Jeongkeun Lee, Kyu-Han Kim, Paul Congdon // Proceeding of the 11th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services. – MobiSys '13. – New York, NY, USA: ACM, 2013. – P. 249–262.
5. A survey of mathematical methods for indoor localization / F. Seco, A.R. Jimenez, C. Prieto et al. // Intelligent Signal Processing, 2009. WISP 2009. IEEE International Symposium on. – 2009. – P. 9–14.