

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО РАСПОЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ

О.А. Петрова¹, Г. В. Табунщик¹, Дирк Ван Мероде²

¹ Запорожский национальный технический университет

² Research Engineer EmSys Thomas More Mechelen-Antwerpen

Аннотация. В статье рассмотрены современные сетевые технологии беспроводной передачи данных, в частности возможности предоставляемые стандартами WiFi, ZigBee, BLE 4.0, RFI и LTE. Для определения текущего положения внутри помещения авторами рассмотрены методы на основе сигналов iBeacon и показаний акселерометра. Авторами предложен интегрированный метод определения текущего расположения и рассмотрен пример программной реализации отображения текущей позиции пользователя внутри здания и поиск кратчайшего пути к заданному маячку.

Ключевые слова: BLE, RSSI, Beacon, ZigBee, indoor-навигация, определение текущего положения.

Введение

В настоящее время системы глобального позиционирования GPS получили очень широкое распространение и имеются практически во всех мобильных устройствах. Однако такие системы работоспособны только на открытом пространстве при наличии прямой видимости спутников. В тоже время существует достаточно много задач, требующих навигации в условиях отсутствия сигналов спутников: навигация внутри складских помещений; отслеживание перемещения сотрудников в офисе; отслеживание перемещения багажа в аэропорту; навигация в супермаркетах, аэровокзалах [1]. Для решения данной проблемы используют самоходные системы или системы indoor-навигации. Разработкой таких приложений занимаются такие компании: Google, Nokia, Qubulus, Skyhook Wireless, MapQuest, Walkbase, Wifarer, IWAY, Deck [2]. Был разработан ряд проектов: Target, Tech Crunch, DeskWay, Smartmuseum, Indoor Navigator, Plase lab, Horus, Radar.

Однако при использовании систем indoor-навигации остаются проблемы точности определения координат, скорости обработки данных и определения корректного маршрута.

1. Беспроводные технологии

Разнообразие областей и направлений использования систем indoor-навигации способствовало созданию развитию большому разнообразию технологий. Наиболее популярные беспроводные технологии [3]:

– Wi-Fi: это технология локальной вычислительной сети (ЛВС), которая обеспечивает связь между электронными устройствами по беспроводному сигнал. Стандарт IEEE 802.11 определяет технологию Wi-Fi.

– Bluetooth Low Energy: беспроводная персональная сеть (PAN), определенные в новой спецификации технологии Bluetooth. Это недорогое с низким энергопотреблением решение Bluetooth.

– ZigBee: является спецификацией коммуникационных протоколов высокого уровня на основе стандарта IEEE 802.15, используется для создания сети личной области (PAN), построенные из небольших, маломощных цифровых радиостанций. Топология сети позволяет передавать данные через узлы сети, достигая на большие расстояния, но с небольшой скоростью передачи данных. ZigBee является LowCost технологией.

– Bluetooth: это стандарт беспроводной технологии, которая обеспечивает беспроводную связь малого радиуса действия между фиксированными и мобильными устройствами и строит беспроводные персональные зоны (PAN).

– RFID (Radio Frequency Identification): это способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящихся на RFID-метках [4].

– LTE (Long-Term Evolution, 4G) - мобильная технология связи четвертого поколения. Была разработана для того, чтобы предоставить пользователям доступ к всевозможным сервисам, а также к сети Интернет посредством протокола IP. Сеть LTE состоит из множества узлов. Все узлы сети принято делить на две категории. Уз-

лы, относящиеся к сети радиодоступа (radio access), и узлы - опорной сети (core network) [5].

Каждая из технологий имеет большой диапазон коммерческих приложений [6]. Также существует множество работ, посвященных сравнению этих [7] технологий, и все они признают, что наилучший компромисс в цене, расстоянии и скорости обеспечивается BLE.

2. Постановка задачи

Для корректного отображения расположения внутри помещения необходимо определить текущие координаты, сопоставить положение с картографическим представлением, обновлять расположение в реальном масштабе времени, проверять соответствие текущего положения относительно планируемого маршрута.

2.1 Исследование методов определения текущего положения для BLE 4.0

Маячки iBeacon реализованы с использованием протокола BLE 4.0. Эти маячки с заданной периодичностью производят рассылку сигнала благодаря которой можно идентифицировать маячок.

Для расчетов расстояния от маячка берут среднее значение RSSI с каждого iBeacon. Для этого их необходимо настроить на выдачу информации с максимальной частотой, затем с определенной периодичностью накапливаем ее в буфере [10], и на основе накопленных данных определяем среднее значение. Формула определения положения по RSSI:

$$P_{dBm} = 10 \lg \left(\frac{P_{mW}}{P_0} \right) \quad (1)$$

Однако, на практике параметр уровня принимаемого сигнала (RSSI) не стабилен, что затрудняет корректное определение положения. Это обусловлено [9]:

- ориентацией и характеристикой направленности излучения или приёма антенной маячка/пользовательского устройства;
- присутствием крупных экранирующих объектов (человек таковым тоже является) по направлению от маячка до устройства
- наличием поблизости поверхностей из материалов, хорошо отражающих радиосигнал, а также большим скоплением маячков Beacon на одной территории, за счёт многолучевой интерференции с основным лучом.

При известных параметрах RSSI более эффективно построение проекции на оси XY. Для это необходимо выбрать три маячка с наилучшим показателем среднего значения RSSI и

определить координаты пользователя с помощью трилатерации [11]. В трилатерации для вычисления местоположения объектов используется известное местоположение двух и более опорных объектов и измеренное расстояние между каждым из опорных объектов (Beacon маячков) и устройством, для которого определяется местоположение. Для точного и однозначного определения относительно местоположения точки или объекта на двумерной плоскости только с использованием трилатерации требуется, как правило, по меньшей мере, три опорные точки.

Расчеты производятся в двумерном пространстве, а расстояние до маячков у — в трёхмерном, соответственно, если разница по оси Z между наблюдателем и маячками ощутима, нужно строить проекции на оси X, Y (рис.1).

$$C = \sqrt{A^2 - B^2} \quad (2)$$

Где A— это полученное расстояние через RSSI, B – высота расположения маячка от двумерной плоскости, C – расстояние до маячка в этой плоскости, которое и требуется найти. Т.к. образуемый треугольник – прямоугольный, то по теореме Пифагора можно найти искомое расстояние, и использовать его в своих расчетах. Однако такой расчет дает точность в 3 метра.

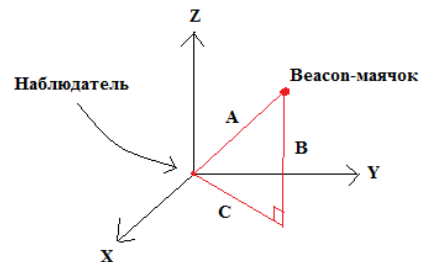


Рис.1. Построение проекции на оси X,Y

Для обновления координат в реальном времени можно использовать фильтр Калмана, Калмана — Бьюси, гибридный фильтр Калмана. Рассмотрим преимущества использования фильтра Калмана [7]. Фильтр убирает шумы измерения (случайные всплески) и выдаёт результат как с учетом результатов текущих измерений, так и с учётом предсказанных результатов на основе прошлых измерений. Фильтр использует динамическую модель системы (закон движения) и две повторяющиеся циклически стадии: предсказание и корректировка. На первом этапе – предсказании –рассчитывается состояние системы в следующий момент времени, а на втором – корректировке – корректируется прогноз, используя результат очередного измерения:

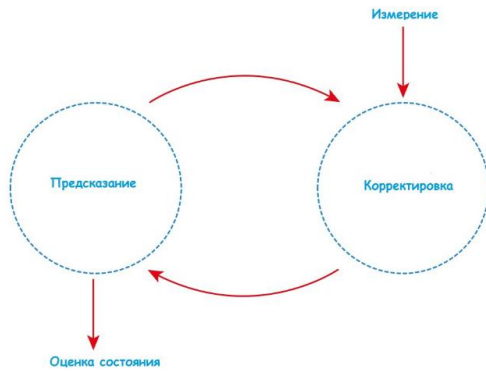


Рис.2. Процесс фильтрации системы

При начальных значениях x_{k-1} P_k , сначала рассчитывается предсказание состояния системы

$$c_k = Fc_{k-1} + Bu_{k-1} \quad (3),$$

Где c_k - это предсказание состояние системы в текущий момент времени, F - матрица перехода между состояниями (динамическая модель системы), c_{k-1} - состояние системы в прошлый момент времени, B - матрица применения управляющего воздействия, u_{k-1} - управляющие воздействие в прошлый момент времени [13].

Расчет предсказания ошибки вычисляется:

$$P_k = FP_{k-1}F^T + Q \quad (4),$$

где P_k - предсказание ошибки, P_{k-1} - ошибка в прошлый момент времени, Q - ковариация шума процесса.

На этапе корректировки вычисляют сначала усиление Калмана:

$$K_k = P_k H^T (HP_k H^T + R)^{-1} \quad (5),$$

где K_k - усиление Калмана, H - матрица измерений отображающая отношение измерений и состояний, R - ковариация шума измерения.

После чего производится обновление оценки с учетом измерения в текущий момент времени a_k :

$$c_k = c_k + K_k (a_k - Hc_k) \quad (6),$$

После чего определяется обновление ошибки ковариации:

$$P_k = (L - K_k H)P_k \quad (7),$$

где L - матрица идентичности.

Также можно уменьшить погрешность прогноза - с помощью применения сразу двух систем - помимо основного определения положения при помощи Веасоп маячков, использовать для коррекции этого положения инерциальную навигационную систему, состоящую из акселе-

рометра, гироскопа и компаса (магнитометра)[14]:

- Акселерометр - показывает проекции действующих сил. Когда устройство неподвижно либо движется без ускорения, акселерометр выдает значения проекций ускорения свободного падения (силы тяжести) на его оси.

$$\begin{aligned} n_x &= V_{xg} \cos v + (g + V_{yg}) \sin v \\ n_y &= -V_{xg} \sin v + (g + V_{yg}) \cos v \end{aligned} \quad (8)$$

где V_{xg} , V_{yg} - северная и вертикальная составляющая объекта в системе координат, xg yg - сила тяжести, v - угол тангажа.

- Гироскоп - показывает проекции угловых скоростей. Когда устройство неподвижно, то получаем нули. При изменении угла наклона устройства выдаст скорость вращения, разложенную на оси.

$$\omega_z = -\varphi + v \quad (9)$$

- Магнитометр - показывает напряженность магнитного поля, разложенную на оси.

2.2 Построение картографического представления

Для отображения положения на карте необходимо иметь картографическое представление помещения с отмеченным положением каждого iBeacon-маячка и иметь возможность проложить маршрут. Для этого воспользуемся алгоритмом для поиска кратчайшего пути через две точки. В данной работе использовался алгоритм поиска кратчайшего пути под названием Jump Point Search (JPS)[15].

Пусть карта представлена в виде матрицы $[M, N]$, где M - количество точек по оси X, N - количество точек по оси Y.

Алгоритм работает на неориентированном графе единого веса. Каждое поле карты имеет ≤ 8 соседей, которые могут быть проходными или нет. Каждый шаг в направлении (по вертикали или по горизонтали) имеет стоимость 1; шаг по диагонали имеет стоимость $\sqrt{2}$. Движения через препятствия запрещены. Обозначение относится к одному из восьми направлений движения (вверх, вниз, влево и т.д.) [14].

Запись $m = h + jd$ означает, что точка m может быть достигнута через j шагов из h в направлении d . Когда d - движение по диагонали, перемещение делится на два перемещения по прямой d_1 и d_2 .

Путь $r = (i_0, i_1, \dots, i_n)$ - упорядоченное перемещение по точкам без циклов с точки i_0 до точки i_n .

Обозначение $g \setminus h$ означает, что точка h не встречается на пути g .

Обозначение $len(g)$ означает длину или стоимость пути g .

Обозначение $dist(h, z)$ означает длину или стоимость пути между точками h и z .

Jump points, или «Прыжковые точки» позволяют ускорить алгоритм поиска пути, рассматривая только «необходимые» точки. Такие точки могут быть описаны двумя простыми правилами выбора соседей при рекурсивному поиску: одно правило для прямолинейного движения и прочее - для диагонального. В обоих случаях необходимо доказать, что исключая из набора ближайших соседей вокруг точки, найдется оптимальный путь с предка текущей точки до каждого из соседей, и этот путь не будет содержать в себе посещенную точку.

Точка u является точкой скачка точки x , в направлении d , если u минимизирует значение k так, что $m = h + jd$, и выполняется одно из следующих условий:

- точка g - точка назначения;
- в точке g есть хотя бы один сосед, который является вынужденным по определению 1;
- d - движение по диагонали и существует точка $z = g + jd$, которая лежит в j шагах в направлении $d_i \in \{d_1, d_2\}$, таких что z - точка прыжка с g при условии 1 или 2.

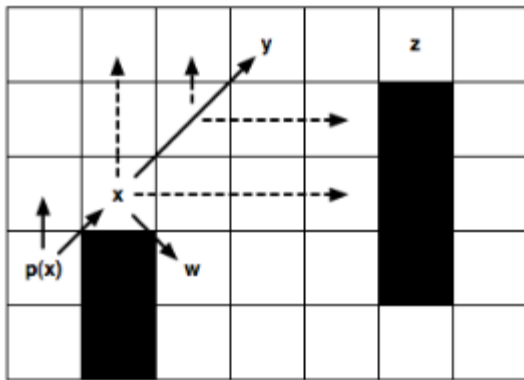


Рис. 3. Пример точки прыжка

Рисунок 3 показывает пример точки прыжка, которая определена условием 3. Здесь мы начинаем в точке x и заканчиваем движение по диагонали, пока не наткнемся на точку. С u в точку g можно попасть за j шагов по горизонтали. Таким образом, z является приемником точки для прыжка h (по условию 2), а это в свою очередь определяет u как приемник для прыжка точки h .

Использованный алгоритм является улучшенным алгоритмом поиска пути A^* . JPS ускоряет поиск пути, "перепрыгивая" многие места, которые должны быть пересмотрены. В отличие от подобных алгоритмов JPS не требует предва-

рительной обработки и дополнительных затрат памяти.

3. Интегрированный метод определения текущего расположения

Для определения позиции в системах геолокации с использованием технологии BLE, необходимо расположить в помещении Beacons-маячки, так чтоб они покрывали всю площадь и привязать их к координатной сетке на карте [8]. Далее благодаря пользовательскому приложению, которое циклично получает данные и сравнивает с базой данных и определяет координаты. Для корректного определения позиции в системах геолокации рассмотрим интегрированный метод определения текущей позиции на карте и отображение текущего положения.

Шаг 1. Определение системы координат.

Высота маяка – координата z всегда больше чем высота любого объекта на поле, в том числе пользователя. Кроме того разность высот между излучателем и приемником примем много меньше, чем расстояние между маяками, это позволяет совместить систему отсчета в плоскость электронной платы маяка и приравнять ее к 0. Таким образом, $z_i=0 \ i=1,2,3$. Далее рассматриваем место положения в двух плоскостях X и Y . Точки будут обозначаться x_i, y_i , где $i=0,1 \dots n$.

Шаг 2. Определяем текущее положение двумя способами:

1) По RSSI, в соответствии с выражением (1)

При различных значениях RSSI мы получим соответственно различные координаты x_1, y_1

2) По трем точкам, по формуле (2).

По теореме Пифагора определяем координаты x_2, y_2

Шаг 3. Загружаем карту помещения и определяем теоретический маршрут, который представлен в виде массива $[x_6, y_6]$, где $x_6 = \{x_1, x_2 \dots x_i\}$, $y_6 = \{y_1, y_2 \dots y_i\}$, $i=1, 2 \dots n$.

Шаг 4. определяем текущее положение с помощью акселерометра и гироскопа: по формуле (8), (9). Получаем x_3, y_3

Шаг 5. Расчет погрешности для акселерометра и гироскопа:

$$\Delta a_x = \frac{n_x}{(1 + \Delta k_0)} - V_{xg} \cos v + (g + V_{yg}) \sin v$$

$$\Delta a_y = \frac{n_y}{(1 + \Delta k_0)} + V_{xg} \sin v - (g + V_{yg}) \cos v \quad (10)$$

$$\Delta \omega = \frac{\omega_z}{(1 + \Delta k_0)} + \varphi - v$$

Расчет погрешности для маячков:

$$\Delta = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (11)$$

Где p - количество успешных испытаний, n - общее количество испытаний.

Шаг 6. Аппроксимация маршрута с использованием фильтра Калмана. Используя выражения (3) –(7). Получаем координаты x_4, y_4

Шаг 7. Сравнение расчетов, теоретического и аппроксимированного маршрута.

Шаг 8. Отображение положения на карте:

1) Расчитываем среднее значение координат:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (12)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (13)$$

2) Сравняем полученные результаты с x_6, y_6 .

3) Определяем ближайшие к базовым точки и наносим на карту.

На основе проведенных исследований был получен интегрированный метод определения текущего расположения. Использование этого метода позволяет повысить точность в системах геолокации и снизить погрешность на 3%.

4 Пример реализации приложения

В рамках приложения SMART-CAMPUS была реализована возможность отображения текущей позиции пользователя внутри здания и поиск кратчайшего пути к заданному маячку. Приложение состоит из CMS и мобильного приложения Android. В CMS реализована возможность создания схемы помещения, которая будет использоваться в дальнейшем для навигации [3,4].

На рисунке 4 представлены модули системы вывода рекламных сообщений в общем виде.

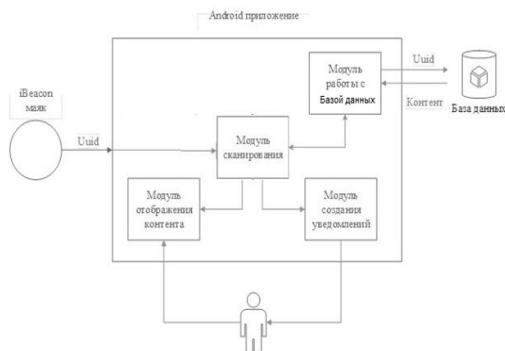


Рис. 4. Модули системы

На рисунке отражены основные модули программы:

- модуль сканирования;
- модуль работы с БД
- модуль создания сообщений;
- модуль отображения контента.

Модуль сканирования отвечает за поиск маяков вблизи и получения идентификатора этих маяков.

Модуль работы с базой данных отвечает за отправку запроса контента по uuid в базу данных.

Модуль создания сообщений отвечает за формирование и показ рекламного сообщения пользователю, что привязано к маячка поблизости.

Модуль отображения контента формирует страницу отображение контента в случае если пользователь захочет просмотреть сообщение. Для реализации протокола сканирования маяков была выбрана библиотека AltBeacon [15]. Эта библиотека является самой распространенной и развитой, которая в свою очередь предоставляет разработчикам хороший набор методов для работы с маячками и имеет полноценную документацию[16]. На данный момент это единственная открытая библиотека, которая продолжает развиваться. Библиотека AltBeacon позволяет работать с маячками большинства производителей при минимальных дополнительных настройках.

Карты, принадлежащие диапазону маяков, сохраняются и как изображение, и как массив [100,100], который используется для мобильного приложения. В приложении они используются для задачи обнаружения путей [17].

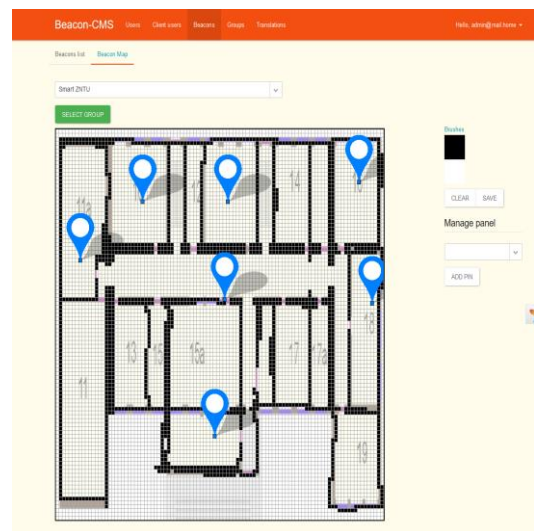


Рис. 5. Интерфейс работы с картой маячков

На рисунке изображен интерфейс работы с картой маячков.

В левой части расположено инструмент для создания схем помещений с возможностью добавления маячков.

В правой части есть панель управления, которая состоит из элемента «dropdown» и кнопки.

Пользователь выбирает маячок из списка и нажимает кнопку «Add pin». На карте появляется отметка которую можно свободно перемещать мышью, вся информация сохраняется автоматически. Если нажать левой кнопкой мыши на отметку.

При двойном нажатии на тег, пользователь переходит к странице соответствующего маячка (рис. 5).

Появляется новая форма, где можно пересмотреть данные об этой отметке и кнопка удаления ее с карты.

В мобильном приложении для того чтобы увидеть местоположение маяка на карте и проложить маршрут до следующей позиции необходимо перейти к его контенту. Перед пользователем появится карта с отображением всех маячков на данном уровне (рис.6).

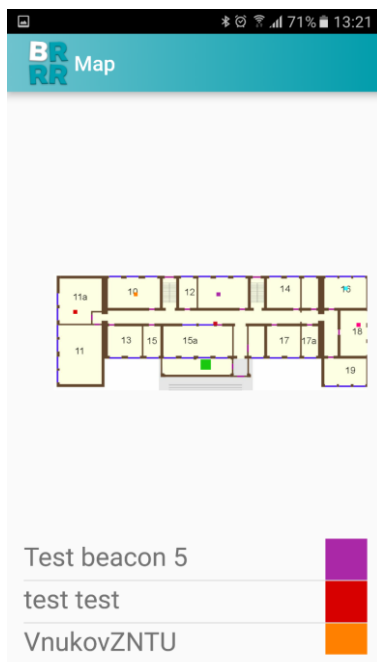


Рис. 6. Местоположение маяка на карте

Выбираем следующую точку из списка под картой, к которой необходимо проложить маршрут. И программа прокладывает маршрут используя указанные маяки.

Выводы

Для систем геолокации внутри помещения оптимальным решением по цене, расстоянию и скорости являются технологии на основе BLE 4.0.

В работе получен модифицированный интегрированный метод определения текущего положения на карте помещения основанный на анализе сигнала от iBeacon и акселерометра, модифицированный методом Калмана, что позволяет оперативно корректировать значение текущего положения, и позволяет уменьшить погрешность на 3%.

Для построения маршрута на карте был использован алгоритм поиска кратчайшего пути под названием Jump Point Search.

Практическая ценность работы заключается в применении указанного метода с картографическим представлением помещения в рамках системы навигации интерактивного университета.

Данная работа выполнена на кафедре программных средств Запорожского национального технического университета по приоритетному направлению «Перспективные средства переработки информации и кибернетические системы», в рамках темы № 0117U000615 «Інформаційна система діагностування розподілених міні-комп'ютерних систем в багатокомпонентному зовнішньому середовищі».

В работе использованы результаты, полученные при выполнении проекта Tempus 544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR [DesIRE] «Разработка курсов по встроенным системам с использованием инновационных виртуальных подходов для интеграции науки, образования и промышленности в Украине, Грузии и Армении».

Список использованной литературы

1. Петрова, О. А., Информационная система для исследования надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения [Текст] / О. А. Петрова, Г. В. Табунщик – Наукові праці ДонНТУ Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка” № 2 (23), 2016, с.123.
2. Щекотов, М. С. Сравнительный анализ систем позиционирования смартфонов в помещениях [Текст] / М. С. Щекотов, А. М. Кашевник – Труды СПИИРАН. 2012. Вып. 4 (23), с. 460.
3. Tabunshchuk, G. Smart-campus infrastructure development based on BLE 4.0 [Text] / G. Tabunshchuk, D. Van Merode, Y. Goncharov, K. Patrakhalko – Published in the Journal Electrotechnic and Computer Systems No. 18 (94), 2015.
4. RFID – технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rst-invent.ru/about/technology/>

5. Анисимов, А. Основные характеристики LTE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://anisimoff.org/lte/lte_performance.html

6. Ndie, Th. D. Mobile Application Provision Using Bluetooth Wireless Technology [Text] / Th. D. Ndie, Cl. Tangha, T. Sangbong, A. F Kufor – Journal of Software Engineering and Applications, 2011, 4, pp. 95–105.

7. Anikin, A. Overview of modern technologies of wireless data in frequency range ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) и 434/868 МГц [Text] – Besprovodnie technologii, №4 2011, – p.6–12.(in Russian).

8. Навигация в помещениях с iBeacon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/245325/>

9. Поникар, А. В. Исследование возможности локального позиционирования в беспроводных сетях IEEE 802.15.4 [Текст] / А. В. Поникар, О. В. Евсеев, В. Е. Анциперов, Г. К. Мансуров – IV Всероссийская конференция «Радиолокация и радиосвязь» – ИРЭ РАН, 2010 г. с.914–918.

10. Hong, J., & Baker, M. Smartphones [Text] / Teddy Bears, and Toys. IEEE Pervasive Computing, 13 (3), 2014, 5–7.

11. Kjaergaard, M. et al. Mobile sensing of pedestrian flocks in indoor environments using WiFi signals. In Pervasive Computing and Communications (PerCom) [Text], 2012 IEEE International Conference on, pp. 95–102.

12. Grewal, M. Kalman filtering: Theory and practice. [Text] / Grewal M. S., Andrews A – Wiley-Interscience, 2001.

13. Фильтр Калмана [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/140274/>

14. Использование инерциальной навигационной системы (ИНС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/255736/>

15. Merode, D. Van Interactive university platform [Text] / Merode D. Van, Tabunshchik G., Goncharov Y., Patrakhalko K., Staroverov V. – Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій : тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. – С. 276–277.

16. Tabunshchik, G. Flexible Technologies for Smart Campus [Text] / D. Van Merode, G. Tabunshchik, K. Patrakhalko, Y. Goncharov – Proceedings of XIII International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016) (24-26 February, 2016, Madrid, Spain) UNED: pp. 58–62.

17. Tabunshchik, G. Intellectual Flexible Platform for Smart Beacons [Text] / G. Tabunshchik, D.

Van Merode – Conference: REV2017, At New Yourk, 2017.

References

1. Petrova, O., Tabunshchik, G. (2016), “Information system for the study of the reliability of positioning and indoor navigation systems” [Informatsionnaya sistema dlya issledovaniya nadezhnosti sistem pozitsionirovaniya i navigatsii vnutri pomeshcheniya], Proceedings of DonNTU series "Informatics, Cybernetics and Computer Science" № 2 (23), Pokrovsk, c.123.

2. Schekotov, M. S., Kashevnyk, A. M (2012), “Comparative analysis of positioning smartphones in Pomeys-schenyyah” [Svavitel'nyy analiz sistem pozitsionirovaniya smartfonov v pomeshcheniyakh], Proceedings SPIRAS №. 4 (23), Sankt Peterburg c. 460.

3. Tabunshchik, G., Merode, D. Van, Patrakhalko, K., Goncharov, Y (2015), Smart-campus infrastructure development based on BLE 4.0, Published in the Journal Electrotechnic and Computer Systems No. 18 (94), Kyiv.

4. RFID technology [RFID –tehnologiya], available at: <http://www.rst-invent.ru/about/technology/>

5. Anisimov, A. “main characteristics of LTE” [Osnovnyye kharakteristiki LTE], available at: http://anisimoff.org/lte/lte_performance.html

6. Ndie, Th. D., Tangha, Cl., Sangbong, T., Kufor, A. F (2015), Mobile Application Provision Using Bluetooth Wireless Technology, Journal of Software Engineering and Applications, 4, pp. 95–105.

7. Anikin, A. (2011), Overview of modern technologies of wireless data in frequency range ISM (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi) and 434/868 МГц, Besprovodnie technologii, №4, Russa p.6–12.

8. ‘Navigating the premises with iBeacon’ [Navigatsiya v pomeshcheniyakh s iBeacon], available at: <https://habrahabr.ru/post/245325/>

9. Ponikar, A., Evseev, O., Antsiperov, V., Mansurov, G. (2010), “Investigation of the possibility of local positioning in wireless networks IEEE 802.15.4” [Issledovaniye vozmozhnosti lokal'nogo pozitsionirovaniya v besprovodnykh setyakh IEEE 802.15.4], IV All-Russian Conference "Radiolocation and Radio Communication" – IRE RAS, c.914–918.

10. Hong, J., & Baker, M. (2014), Smartphones, Teddy Bears, and Toys. IEEE Pervasive Computing, 13 (3), 5–7.

11. Kjaergaard, M. (2012), Mobile sensing of pedestrian flocks in indoor environments using WiFi signals. In Pervasive Computing and Communica-

tions (PerCom), IEEE International Conference on, pp. 95–102.

12. Grewal, M., Andrews, A (2015), Kalman filtering: Theory and practice, Wiley-Interscience

13. “Kalman filter” [Fil'tr Kalmana], available at: <https://habrahabr.ru/post/140274/>

14. “Use of the inertial navigation system (INS)” [Ispol'zovaniye inertsiyal'noy navigatsionnoy sistemy], available at: <https://geektimes.ru/post/255736/>

15. Merode, D. Van, Tabunshchik, G., Goncharov, Y., Patrakhalko, K., Staroverov, V. (2016), Interactive university platform, Current problems and

achievements in the field of radio, telecommunications and information technology: Abstracts VIII International Scientific Conference - Zaporozhye: ZNTU, – С. 276–277.

16. Tabunshchik, G., Merode, D. Van, Patrakhalko, K., Goncharov, Y (2016), Flexible Technologies for Smart Campus, Proceedings of XIII International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Madrid, Spain UNED: pp. 58–62.

17. Tabunshchik, G., Merode, D. Van (2017), Intellectual Flexible Platform for Smart Beacons, Conference: REV2017, At New York.

METHOD FOR LOCATION DETECTION IN INDOOR NAVIGATION SYSTEMS

O. Petrova¹, G. Tabunshchik¹, D. Van Merode²

¹ Zaporizhzhya National Technical University

² Research Engineer EmSys Thomas More Mechelen- Antwerpen

Abstract. The article author consider wireless network technologies, in particular, the possibilities provided by the standards of WiFi, ZigBee, BLE 4.0, RFI and LTE. However, when using indoor-navigation systems, there remain problems with the accuracy of determining the coordinates, the speed of processing data, and determining the correct route. To correctly display an object in-door location, it is impotent to determine the current coordinates, compare the position with the cartographic representation, and update the location in real time and check the correspondence of the current position with the theoretical route. The authors analysis method of object positioning on the basis of iBeacon signal, accelerometer values & Kalman filter. In the article it is suggested an integrated method for determining the current location. The object position were obtained in several ways and after the correction the route was constructed. To display the position on the map, you must have a map view of the room with the marked position of each iBeacon-beacon and be able to navigate the route. For this purpose, an algorithm was used to find the shortest path through two points and searching for the shortest path to the specified beacon are presented. The application consists of a CMS (content management system) and an Android mobile application.

Key words: Bluetooth Low Energy, RSSI, Beacon, ZigBee, indoor-navigation, determination of the current location

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОЧНОГО МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ПОЗЦІОНУВАННЯ ТА НАВІГАЦІЇ В СЕРЕДИНІ ПРИМІЩЕННЯ

О.А. Петрова¹, Г. В. Табунщик¹, Дірк Ван Мероде²

¹ Запорізький національний технічний університет

² Research Engineer EmSys Thomas More Mechelen-Antwerpen

Анотація: У статті розглянуті сучасні мережеві технології бездротової передачі даних, зокрема можливості, які надаються стандартами WiFi, ZigBee, BLE 4.0, RFI і LTE. Для визначення поточного положення усередині приміщення авторами розглянуті методи на основі сигналів iBeacon і показань акселерометра. Авторами запропонований інтегрований метод визначення поточного розташування та розглянуто приклад програмної реалізації відображення поточної позиції користувача всередині будівлі і пошук найкоротшого шляху до заданого маячка.

Ключові слова: BLE, RSSI, Beacon, ZigBee, indoor-навігація, визначення поточного стану

Получено 14.04.2017



Петрова Ольга Анатольевна, аспирант кафедри програмних средств Запорозького національного технічного університета, ул.Жуковского, 64, , г.Запорожье, 69063, Украина, E-mail: savenkoolja@mail.ru, тел. +38-061-769-85-73

Olga Petrova, PhD student of Software Tools Department of Zaporizhzhya National Technical University, Zhukovsky str., 64, Zaporizhzhya, 69063, Ukraine
ORSID ID: 0000-0002-6499-6017



Табунщик Галина Владимировна – к.т.н., доцент, професор Запорозького національного технічного університета, ул.Жуковского, 64, , г.Запорожье, 69063, Украина, E-mail: galina.tabunshchik@gmail.com, тел. +38-061-769-82-67

Galyna Tabunshchik– PhD, Prof of Software Tool Department of Zaporizhzhya National Technical University, Zhukovsky str., 64, Zaporizhzhya, 69063, Ukraine
ORSID ID: 000-0003-1429-5180



Дирк Ван Мероде – научный сотрудник Эмсис Томас Мор Мехелен-Антверпен, Ян де Нейерлаан 5, 2860 Синт-Кателин-Вавер, Бельгия, E-mail: dirk.vanmerode@thomasmore.be

Dirk Van Merode - Msc, Research Engineer EmSys Thomas More Mechelen-Antwerpen, Jan De Nayerlaan 5, 2860 Sint-Katelijne-Waver, Belgium,
ORSID ID: 0000-0002-6885-7436