

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BEACONS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ЗДАНИЙ



Л. А. Лось
Магистрантка БГУИР



Н.А. Волорова
Заведующая кафедрой информатики БГУИР,
кандидат технических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
СООО «Интетикс Бел», Республика Беларусь
E-mail: lyubov.los@gmail.com, volorova@bsuir.by

Abstract. The aim of the work was to review the possible approaches for the implementation of navigation and positioning systems in buildings and through this, establish the most optimal solution in all respects. As a result, a beacon-based implementation was chosen. The general scheme of work was considered and the main technologies for implementing the system were selected. The difficulties of development and methods for their solution were determined.

С развитием архитектуры новые строения становятся более обширными и нередко имеют сложную структуру. Ориентирование в таких сооружениях для человека, впервые попавшего в них, нелегкая задача. Системы навигации внутри зданий стремятся облегчить ориентирование на новом пространстве, дать дополнительную информацию, построить маршрут и точки следования. Для производителей и продавцов товаров такие системы становятся новыми горизонтами для рекламы их товаров. Данные собранные такими системами могут использоваться в маркетинге для анализа посещений магазинов, наплывов покупателей, пользующиеся успехом товары. Системы позиционирования используются в таких местах, как музеи, крупные торговые и развлекательные центры, выставки, туристические объекты и т.д.

Таким образом, существует множество причин для использования систем внутреннего позиционирования, но при этом существуют проблемы поиска решений вместо систем спутникового позиционирования, балансировки стоимости, сложности реализации и других факторов.

Задачей исследования стало рассмотрение и анализ возможных подходов к решению и реализации системы навигации в здании.

Так, для реализации таких систем могут использоваться различные варианты. Для определения местоположения повсеместно используются спутниковые системы навигации, однако они имеют критические недостатки, не позволяющие при определенных условиях доходить сигналу до приемника, поэтому они непригодны для определения положения внутри зданий.

Инерциальные системы основаны на модели движения человека. Если мы знаем откуда начинается движение, куда и как быстро движется объект, то можно рассчитать, где он окажется через некоторое время. Системы основываются на данных, полученных с помощью гироскопов и акселерометров смартфона. Однако для таких систем необходимо знать начальную точку, и со временем накапливающуюся погрешность приходится сверять с другими источниками.

Системы, основанные на измерении магнитного поля с помощью компаса смартфона, требуют предварительной калибровки в помещении и могут подвергаться влиянию металлов и магнитов.

Использование Wi-Fi точек не дает достаточной точности, погрешность может составлять до 25 метров. Конфигурирование же такой сети, которая позволит достичь хорошего уровня точности, потребует значительных материальных затрат.

Системы, основанные на использовании Веасон-маячков, предоставляют достаточную точность при приемлемом уровне затрат. Типичный Веасон-маячок имеет достаточно компактные размеры и способен проработать от одной батарейки в течение нескольких лет. Дальность действия зависит от конкретной модели и настроек и в среднем составляет от 10 до 40 метров. Цена одного такого устройства обычно не превышает 30\$.

Система навигации на основе Веасон обычно строится по следующей схеме. По всей территории помещения устанавливаются Bluetooth-маяки, по заранее известным координатам в пространстве. Пользовательское приложение получает информационные сообщения от этих маяков через установленный промежуток времени. Исходя из полученных данных и мощности полученного сигнала, циклично определяется текущее положение принимающего устройства.

Периодичность вещания данных от маяков может быть настраиваемым параметром, обычно используются значения от 100 мс и реже. Периодичность выдачи данных влияет на продолжительность работы устройства, и, конечно же, на точность определения местоположения. Чем чаще клиентское приложение получает данные, тем точнее строится маршрут его следования. С другой стороны, увеличение частоты вещания Веасон (100мс – выдача данных 10 раз в секунду), значительно увеличивает поток данных, которые нужно обрабатывать в режиме реального времени. Таким образом, одно клиентское приложение принимает ежесекундно данные некоторого количества маяков, в радиус действия которых попадает, передает эти данные на сервер, где они должны быть сохранены для дальнейшей обработки, проанализированы в данный момент времени, рассчитаны координаты и отданы обратно на клиентское приложение. Количество хранимых данных на сервере постоянно увеличивается, их хранение позволяет проводить аналитические исследования за определенные периоды времени, позволяя получать данные по наиболее популярным маршрутам (в торговом центре, например), общему количеству посетителей в конкретном месте в конкретное время и т.д.

Поскольку нигде точно не определено, какое точное количество данных уже подпадает под понятие «Big Data», под этим термином понимается не только большие объемы данных, но и набор технологий для их сбора, обработки и хранения. Есть мнение, что такие технологии должны решать следующие проблемы:

- Уметь обрабатывать больше данных, по сравнению со стандартными сценариями (данные, генерируемые физическими датчиками);
- Уметь работать с быстро поступающими данными в больших объемах (постоянно увеличивающимися в количестве);
- Уметь работать с плохо структурированными данными (подразумевается, что алгоритмы могут получать на вход не всегда структурированную информацию – для определения координат сигналы с разного количества маяков).

Исходя из таких положений, можно сказать что построение систем навигации относится к категории задач в понятиях «Big Data».

Рассмотрим общую схему работы системы, изображенную на рисунке 1.

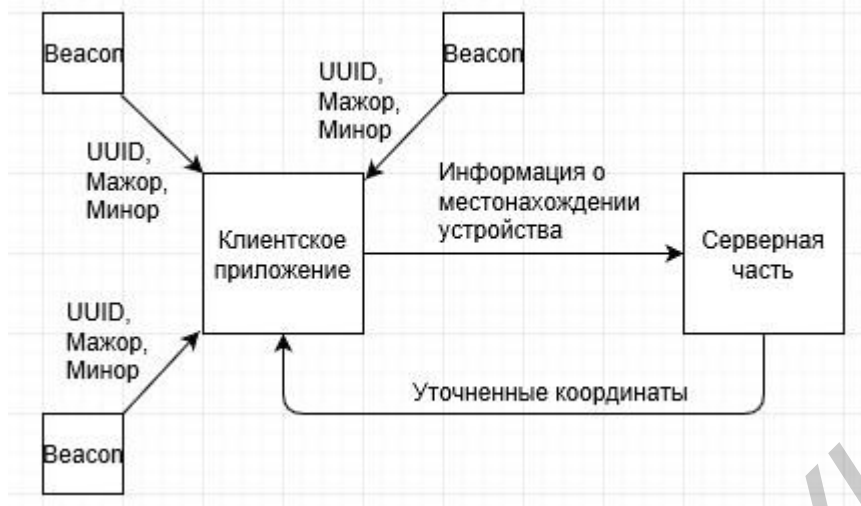


Рис. 1. Общая схема системы

Для реализации системы необходимы непосредственно маяки (или устройства, имитирующие их работу). Под Bluetooth Low Energy Beacon будем понимать миниатюрные батарейные устройства, работающие на основе BLE, для передачи небольшого объема статической или динамической информации. Такие устройства часто предназначены для непрерывной работы в течение нескольких лет, которая обеспечивается технологией BLE, подразумевающей низкое энергопотребление, достигаемое сокращением времени передачи данных и погружением устройства в режим сна между передачей пакетов [3].

Рассматривая доступные варианты работы устройств BLE, можно выделить режимы, основанные на соединении с другими устройствами (connection-based) и режимы с однонаправленной передачей или приемом, не требующие соединения [1]. Для реализации маячка видятся два режима:

–Периферийное устройство (Peripheral (slave)) – устройство, периодически отправляющее информационное сообщение и принимающее входящие соединения. После активации соединения «следует» за центральным устройством и регулярно обменивается с ним данными.

–Широковещательный передатчик (Broadcaster) – устройство, не подключаясь, периодически отправляет пакеты любому желающему их получить.

В обоих случаях пакет вводимых данных содержит одинаковую информацию, за исключением одного флага, показывающего устройство соединяемое или нет. В поставленной задаче было бы логичней использовать не соединяемые маячки, которые просто передают информацию. Такой вариант позволяет использовать устройство в режиме минимального потребления энергии, при этом главная функция маяка для нашей системы будет выполняться – трансляция пакета данных с некоторой частотой. Данные рассылки не будут изменяться после начальной установки, что позволяет однозначно идентифицировать каждый маяк.

Передаваемые данные имеют формат, определенный спецификацией Bluetooth. В Таблице 1 показана значимая для нас часть данных пакета, транслируемого Beacon.

Такой набор данных, состоящих из идентификатора группы маяков, мажора и минора, позволяет точно определить конкретный Beacon и, с помощью мощности маяка, расстояние до него.

Поскольку Beacon – это BLE устройство, его может заменить на любое другое устройство с установленным BLE-чипом и программным обеспечением, реализующим функции маяка. Таким образом, приложение на смартфоне, поддерживающем стандарт Bluetooth 4.0 LE

(Low Energy) [2], является альтернативной заменой маяка. Чем мы и воспользуемся. Для программной реализации Beacon-маяка будем использовать Xamarin для одновременного создания эмулятора Beacon на несколько платформ.

Таблица 1. Данные, транслируемые маяком.

Данные	Размер	Значение
Преамбула	4 байта	Префикс пакета, сообщающий, что это именно Beacon
Идентификатор группы маяков (UUID)	16 байт	Идентификатор, позволяющий отличать, например, маяки одного магазина от второго. Т.е. все маяки, расположенные в торговом зале одного магазина, будут иметь одинаковый идентификатор
Мажор	2 байта	Уникальный идентификатор подгруппы маяков в рамках UUID, позволяет выделять в группу маяки, находящиеся в одном зале большого магазина
Минор	2 байта	Идентификатор, позволяющий определить конкретный маяк
Эталонное значение мощности маяка (TX Power)	2 байта	Сила сигнала на расстоянии в 1 метр от маячка, используется для определения расстояния до пользователя

В качестве клиентского приложения чаще всего выступает мобильное приложение, имеющее определенный функционал. Во-первых, возможность сканирования входящих информационных пакетов от маячков. Это подразумевает, что мобильное устройство поддерживает Bluetooth 4.0, а само приложение реализует функцию наблюдателя (Observer) – сканирует эфир в поисках объявлений от вещателей, но не инициализирует соединение при этом.

Во-вторых, передача полученных от маяков данных на сервер, для вычисления по этим данным текущих координат. И, наконец, прием рассчитанных координат и отображение текущего местоположения.

Для разработки клиентского приложения будем использовать платформу Xamarin, позволяющую вести разработку сразу для нескольких платформ. Приложение будет содержать несколько проектов. Один из них «core», в котором будет содержаться основная логика приложения (общение с сервером, модели, протоколы и т.д.), и отдельные UI проекты для каждой платформы. Клиентское приложение будет отправлять данные от маяков на сервер, где будут вычисляться текущие координаты. Для серверной части выберем решения и сервисы, предоставляемые бесплатной облачной платформой IBM Bluemix.

При вычислении координат могут возникать трудности и при использовании системы на основе Beacon. Системы, основанные на BLE, полагаются на электромагнитные волны, что может приводить к получению неверных данных с дальних маяков. Для улучшения позиционирования прибегают к некоторым уловкам. Например, использование одновременно нескольких подходов для уменьшения количества ошибок. Таким образом, вместе с Beacon можно снимать данные с других датчиков мобильного устройства такими, как акселерометр, магнитометр.

Также используется специальная расстановка маяков, когда в каждый момент времени клиентское устройство расположено в зоне видимости определенного количества маяков. Для определения координат используются алгоритмы определения местоположения – подходы к решению задач определения местоположения на основе мощностей сигналов, посылаемых Beacon-маячками [4]. Алгоритмы, которые могут быть использованы:

– «Ближайшая точка доступа», когда клиенту просто присваиваются координаты точки, излучающей наиболее мощный сигнал.

– «Центроид». Представляет собой вычисление геометрического центра плоской фигуры,

образованной несколькими маяками.

Координаты клиента определяются следующим образом:

$$\begin{cases} X_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \\ Y_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i \end{cases}, \quad (1)$$

где N – количество маяков,

X_i, Y_i – координаты маяков

–Латерация». Геометрический подход, основан на вычислении расстояний между искомой точкой и, как минимум, еще тремя точками (рисунок 2), с решением системы нелинейных уравнений. Для вычисления координат пользовательского устройства, необходимо решить систему уравнений:

$$r_i = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \quad (2)$$

где r_i – расстояние от клиентского устройства до маяков.

Для нахождения расстояний используется модель распространения радиоволн, требующая калибровки параметров, зависящих от особенностей среды:

$$PL(d) = P_t - P(d) = PL(d_0) + n10lg \frac{d}{d_0}, \quad (3)$$

где d – расстояние до клиентского устройства,

$PL(d)$ – потеря мощности сигнала на расстоянии d .

P_t – мощность передатчика,

$P(d)$ – мощность сигнала на приемнике на расстоянии d ,

d_0 – расстояние 1 метр,

n – коэффициент распространения сигнала в среде.

Первые два алгоритма отличаются простотой реализации и требуют только знания местоположения маяков. Однако их недостатком является низкая точность, так как не учитывается мощность сигналов. Преимуществом алгоритма «Латерации» является достаточно высокая точность, при соответствующих параметрах среды. Недостатком же является необходимость построения более тщательной модели.

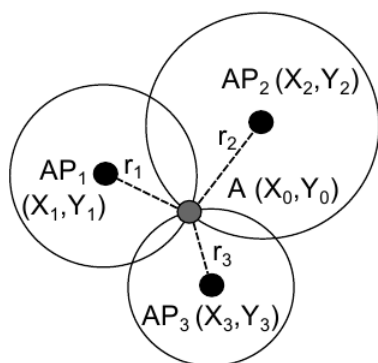


Рис. 2. Круговая латерация

В результате исследования были рассмотрены актуальность и необходимость построения систем навигации и позиционирования в помещениях, наиболее популярные подходы, позволяющие ее реализовать.

Системы, реализованные с использованием Beacon, являются конкурентоспособной альтернативой другим способам реализации систем навигации внутри помещений, но имеют свои плюсы и минусы.

В данной работе были рассмотрены различные технологии, с помощью которых достигается реализация системы

Литература

[1]. Kevin Townsend, Carles Cufi, Akiba, Robert Davidson, Getting Started with Bluetooth Low Energy, O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.

[2]. Bluetooth Low Energy adopted specification [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL <https://www.bluetooth.org/en-us/specification/adopted-specifications> (дата обращения 12.04.2017).

[3]. Маячки Bluetooth Low Energy [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL <http://www.compe1.ru/lib/ne/2015/11/3-mayachki-bluetooth-low-energy>.

[4]. Р.М. Минахметов, А.А. Рогов, М.Л. Цымблер. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. Выпуск № 2 / том 2 / 2013