

## АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ INDOOR-НАВИГАЦИИ

Н.С. Колышкина, Н.А. Борсук

Калужский филиал Московского Государственного Технического Университета им. Н. Э. Баумана, г. Калуга

Актуальность работы обусловлена тем, что на сегодняшний день образование является одной из наиболее динамически развивающихся направлений многокритерного анализа, рынок образовательных услуг на протяжении многих лет занимает лидирующее положение по темпам роста. Однако недостаточное внимание уделяется организации пространства вузов, в том числе разработке системы навигации в крупных университетах. Наличие такой системы позволит сократить время адаптации первокурсников и абитуриентов в ВУЗе, сделает более понятным передвижение по корпусам различных групп потребителей образовательных услуг: приглашенных лекторов, участников олимпиад, студентов.

*Ключевые слова:* маршрутизация, indoor-навигации, iBeacon, Ionic.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день навигационные сервисы стремительно развиваются и все шире используются в различных отраслях науки, экономики и образования. Они позволяют оптимизировать поисковые запросы, исходя из местоположения пользователя.

Наиболее распространённым методом навигации по зданиям является настенный план, но он теряет актуальность. Причиной этому служит отсутствие наглядности и чрезмерный объём предоставляемой информации. Большую наглядность имеют настенные указатели, но их возможности ограничены. Поэтому возникает необходимость в автоматической системе навигации по зданиям, которая по запросу пользователя предоставит в удобном виде необходимый минимум информации о пункте назначения и оптимальном пути к нему.

Основная проблема заключается в том, что карты многих объектов не являются общедоступными, а использование типичного позиционирования по GPS сигналу не подходит. Во-первых, уровень сигнала достаточно сильно снижают бетонные перекрытия, во-вторых, GPS-позиционирование не позволяет определить этаж, на котором находится пользовательское устройство [4].

Помимо того, решения, применяемые в indoor-навигации, также помогают в ориентировании вне зданий – там, где в условиях плотной застройки использование систем спутниковой навигации затруднено (нет спутников в прямой видимости, присутствует только отражённый / ослабленный / зашумленный сигнал GPS/ГНСС и т. д.). Есть несколько путей решений проблемы indoor-навигации.

1) Навигация по Wi-Fi. Такая навигация является наиболее интересной для рассмотрения. Используется существующая инфраструктура сетей связи – точки беспроводных сетей Wi-Fi, и это наименее затратный вариант. Координаты определяются по следующей методике – устройство пользователя сканирует Wi-Fi

точки доступа, находящиеся в радиусе действия устройства, затем информацию о них отправляет на сервер, где эти данные по базе данных сопоставляются с координатами этих точек доступа, по которым и вычисляются координаты пользователя.

В 2016 году появился стандарт IEEE 802.11-2016, определяющий протокол точного измерения времени (Fine Timing Measurement). FTM позволяет устройству Wi-Fi оценивать расстояние до второго устройства на основе времени распространения сигнала. Время, необходимое сигналу Wi-Fi для прохождения по воздуху от смартфона («станция» - STA) до точки доступа Wi-Fi, пропорционально фактическому расстоянию между ними (около 3,3 наносекунды на метр) [3].

Исследование точности FTM с измерениями снаружи и внутри зданий в диапазоне частот 2,4 ГГц и 5 ГГц показали, что технология может обеспечивать точность до 1 м на открытом пространстве, но при наличии эффектов многолучевого распространения точность в помещении падает до 5 м. Для снижения погрешности измерений необходимо применение сложных фильтров и комбинаций нескольких датчиков.

2) Системы спутниковой навигации в связке с инерциальными навигационными системами (ИНС). Применяются при периодическом появлении сигнала систем спутниковой навигации – например, проезд на автомобиле по тоннелю – перед въездом в тоннель ещё доступны актуальные координаты и направление движения с GPS/ГНСС-спутников, далее при въезде в тоннель сигнал теряется, используется уже ИНС, на базе акселерометра, гироскопа, магнитометра, которая использует в качестве начальных условий последние актуальные данные с GPS/ГНСС до потери связи со спутником и поддерживает их актуальность на основе получаемых с датчиков данных о текущей скорости/ускорении/направлении движения, до возобновления связи со спутниками. Стоит принять во внимание, что в ИНС ошибки постоянно накапливаются, и со временем данные, полученные с

ИНС, становятся все более и более отличными от действительности.

3) Использование Bluetooth-маячков. Vecon – даёт достаточную точность при достаточном уровне финансовых затрат; перспективная технология, которая активно развивается, поэтому именно на iVecon остановимся подробно в следующем разделе и реализуем на практике.

Анализ вышеперечисленных систем показывает, что наиболее приемлемыми являются навигация на основе FTM и iVecon. Однако для получения приемлемой точности при применении Wi-Fi с FTM требуется конфигурация карт, ручная подстройка драйвера, а также выбор фильтра при оценке результата, например метод наименьших квадратов (реализация -алгоритм Левенберга – Марквардта), кроме того, важное значение приобретает пропускная способность канала. Достоинством метода является уже имеющееся в наличии оборудование, однако координаты Wi-Fi точек точно не известны, плюс могут меняться (перенесли Wi-Fi точку в другое место или заменили её на другую – координаты уже оказываются неверными). Кроме того, идентифицировать клиентов по Wi-Fi, привязывая их расположение к карте помещений, проблематично – начиная с iOS 8, mac-адреса Apple-устройств (iPhone, iPad) постоянно меняются, для предотвращения «рекламной» слежки.

Применение iVecon дает более точные результаты позиционирования, но требуется приобретение специального оборудования - маячков. Связь с устройством пользователя возможна даже при отсутствии Internet, т. к. обмен производится посредством стандарта Bluetooth Low Energy, обеспечивающего смартфонам низкое энергопотребление. При работе с iVecon-маяками мобильные устройства пользователей потребляют примерно в 30 раз меньше энергии, чем в случае подключения по Wi-Fi.

Стоимость оборудования в настоящее время значительно снизилась, за счет появления на рынке китайских компаний с хорошей техподдержкой и высоким качеством оборудования. Розничная цена на маяки от Shenzhen Ankhmaway или Shenzhen Minew колеблется от 18 до 25 \$, в зависимости от модели при сроке работы на одном заряде батареи до 5 лет (щелочная батарейка AA, емкость около 2 000 м/Ач). В настоящее время появились модели, которые могут быть включены в розетку или подключены к USB-разъему [5].

На сегодня с технологией iVecon можно "в живую" познакомиться на таких объектах как : Государственный музей А.С. Пушкина, Приморский Океанариум, Технопарк Строгино, Технополис Москва.

Применение iVecon позволяет программировать разные действия в зависимости от полученного

идентификатора и расстояния от смартфона до метки. Приложение на мобильных устройствах отслеживает перемещение людей, строит интерактивные карты, выводит уведомления информационного или рекламного характера. Позволяет анализировать перемещения и понимать основные запросы.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

iVecon — это протокол передачи Bluetooth-сигнала между локационным маячком и любым устройством (смартфоном, планшетом), которое совместимо с BluetoothLowEnergy [1]. Принцип работы iVecon состоит в том, что через равные промежутки времени, примерно раз в 100-1000 мс в зависимости от конфигурации или марки, маячки отправляют Bluetooth-сигнал на устройства, находящиеся в радиусе их действия.

С заданной периодичностью, циклически, маячок выдает один и тот же набор данных (рисунок 1).

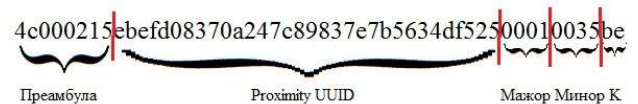


Рис.1. Набор данных Vecon-маячка

Преамбула (4 байта) – префикс пакета, позволяющий установить участие в работе именно Vecon-маячка. Этот префикс всегда равен 4c000215. Преамбула состоит из 4х полей: идентификатор компании (2 байта, в данном примере — 4c00), тип (1 байт, в примере – 0x02) и длина данных (1 байт, значение – 0x15).

Proximity UUID (16 байт) – идентификатор группы Vecon-маячков. Например, есть некоторое количество торговых залов/учебных помещений и т. д., в которых требуется разместить маяки. В таком случае во всех этих залах маяки будут иметь один и тот же UUID, назначенный пользователем, и это позволит отличать данные маяки от посторонних.

Мажор (2 байта) – позволяет различать небольшой набор маяков внутри одной группы. То есть внутри одной большой группы маяков, идентифицируемой UUID, может быть несколько подгрупп, каждая из которых идентифицируется по номеру мажора. Например, каждому залу можно присвоить свой номер мажора. Если маяками требуется охватить несколько этажей здания, следует с каждым этажом ассоциировать свой номер мажора.

Минор (2 байта) – номер, идентифицирующий сам маяк внутри мажора. Связка UUID + мажор + минор позволяет однозначно идентифицировать маяк и определить по таблице соответствия маячков их координатам координату самого маячка [2].

Когда речь идёт о навигации, обычно подразумевают нахождение местоположения по расстоянию до нескольких точек (так работает GPS, триангуляция местоположения по вышкам сотовой связи). Алгоритм работы простой:

– Известное местоположение нескольких опорных маяков. Спутники, вышки или биконы — не важно. Главное, точки должны быть определены достаточно точно.

– Определяемое расстояние как минимум до трёх маяков. В реальном мире трёх недостаточно, стараются использовать больше. От точности этих расстояний также зависит точность вычислений. По этим расстояниям вычисляется местоположение приёмника (пользователя).

Beacon запросы используют метод HTTP POST, и обычно не требуют ответа. Запросы гарантированно будут инициированы до того, как страница будет выгружена, и они выполняются до конца, не требуя блокирующего запроса (например XMLHttpRequest). Пользовательские браузеры обычно игнорируют асинхронные XMLHttpRequests сделанные в обработчике выгрузки. Для решения этой проблемы, аналитический и диагностический код обычно создает синхронный XMLHttpRequest в обработчике unload или beforeunload для отправки данных. Синхронный XMLHttpRequest заставляет браузер отложить выгрузку документа и делает следующую навигацию более медленной.

Интерфейс BeaconAPI's предоставляет метод Navigator.sendBeacon, использующийся для отправки beacon-данных в глобальный браузерный контекст на сервер. Метод на входе получает два аргумента: URL и данные для отправки в запросе. Второй аргумент является необязательным. Его тип может принимать несколько видов: ArrayBufferView, Blob, DOMString или FormData. Если браузер успешно поставил в очередь запрос на доставку, то метод возвращает true, либо возвращает false в противном случае.

Далее подробнее рассмотрим настройку среды для работы с beacon-данными для решения задачи навигации на примере зданий КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана, используя поэтажные планы зданий, переведённые в вектор (рисунок 2).

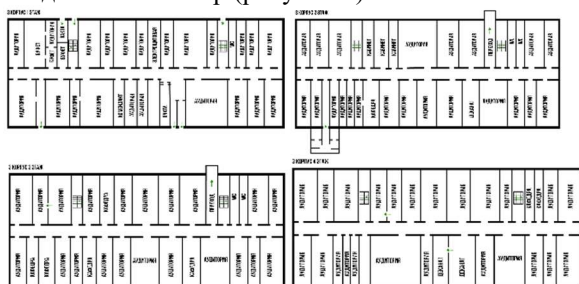


Рис.2. План зданий КФ МГТУ

Предполагая, что на компьютере уже настроен Ionic, из терминала или командной строки необходимо выполнить следующие команды:

```
ionic start IonicBeacon blank
cd IonicBeacon
ionic platform add ios
ionic platform add android
```

С IonicBeacon в качестве рабочего каталога терминала или командной строки, чтобы установить плагин, необходимо запустить следующее:

```
cordova plugin add
https://github.com/petermetz/cordova-plugin-ibeacon.git
```

Плагин iBeacon представляет собой чистый JavaScript код и не очень хорошо работает с Ionic из коробки. Вместо этого удобнее использовать оболочку AngularJS.

Далее следует открыть файл проекта www / index.html и включить файл JavaScript над строкой app.js.

Далее на рисунке 3 приведена функциональная блок-схема логики программы для взаимодействия с маяками.

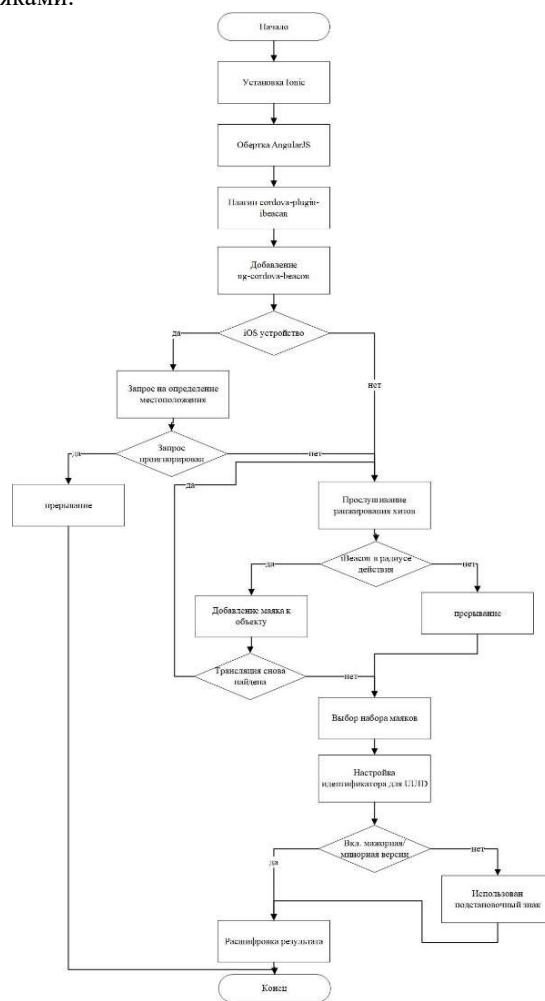


Рис.3. Функциональная блок-схема программы

Подробнее рассмотрим функционал необходимого кода.

Используем angular.module('starter', ['ionic', 'ngCordovaBeacon']) для добавления ng-cordova-beacon в модуль AngularJS.

Плагин использует собственный код устройства, поэтому необходимо обернуть в него все вызовы \$ionicPlatform.ready перед их использованием. Только

для iOS необходимо запрашивать разрешение на использование служб определения местоположения. На Android в этом запросе нет необходимости.

В \$rootScope.\$on звонке происходит проверка, находится ли iBeacon в радиусе действия и как далеко он находится. Если трансляция найдена, можно добавить найденный маяк к объекту, который далее можно использовать во внешнем виде.

Теперь можно производить этот вызов столько раз, сколько необходимо для разных наборов, в примере выбран один набор маяков, следующий:

```
$cordovaBeacon.createBeaconRegion("estimote", "b9407f30-f5f8-466e-aff9-25556b57fe6d")
```

В качестве идентификатора для UUID используется estimote, потому что он более удобный в чтении. Можно включить как мажорную, так и минорную версию, либо использовать подстановочный знак. На один UUID возможно иметь несколько майоров и мажоров, можно получить много полезных результатов, оставив их.

Последнее, что требуется определить, как это приложение будет выглядеть. Возвращаясь к файлу проекта `www / index.html`, добавляем необходимый код между `<ion-content>` тегами.

Используется класс Ionic, который не включает `truncate`, который необходимо добавить. В файле `style.css` проекта необходимо добавить стили:

```
.truncate {
  overflow: hidden;
  text-overflow: ellipsis;
  white-space: nowrap;
}
```

Они используются, чтобы очень длинные значения UUID не выходили за пределы экрана. Вместо этого если они слишком длинные, они будут обрезаны.

На примере ниже (рисунок 4) приведен план одного из этажей учебного корпуса КФ МГТУ и показана прокладка маршрута, проложенного с помощью технологии iBeacon системы маршрутных графов (WaypointGraph) – сети коротких отрезков, соединяющих основные точки здания между собой: помещения, лестницы, повороты, развилки в коридорах.



Рис.4. Построение маршрута

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день навигационные сервисы стремительно развиваются и все шире используются в различных отраслях: экономика, образование. Они позволяют оптимизировать поисковые запросы, исходя из местоположения пользователя. Использование навигации внутри здания облегчает ориентирование впервые оказавшимся в здании. Кроме рассмотренных в начале данной статьи сфер применения, маячки Beacon могут использоваться, благодаря своей миниатюрности и большому сроку работы на одном заряде батареи, на предприятиях и в строительстве, для ориентирования грузов, персонала, техники. Но не стоит переоценивать эту технологию и не стоит забывать про вопросы безопасности её использования.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Gast Building Applications with iBeacon. Matthew S. Ed. y O'Reilly Media, 2015

2. The Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report by Aislelabs. 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/company/navigine/blog/269195/>

3. Verification: Accuracy Evaluation of WiFi Fine Time Measurements on an Open Platform. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>

4. Дубовик Н.Н. Анализ структуры информационной системы для пространственной навигации // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/03/65809>

5. Шлыков А.А., Абрамова О. Ф. Исследование проблемы навигации внутри современных зданий со сложной архитектурой // Современная техника и технологии. 2014. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/02/3085>

*Кольшикина Наталья Сергеевна – студентка, Калужский филиал Московского Государственного Технического Университета им. Н. Э. Баумана, тел: 8-910-593-07-19, email: kolishkinatasha@mail.ru*

*Борсук Наталья Александровна – доцент, Калужский филиал Московского Государственного Технического Университета им. Н. Э. Баумана, тел: 8-910-910-27-99, email: borsuk.65@yandex.ru*

# ANALYSIS OF SOLUTIONS TO INDOOR NAVIGATION ISSUES

**N.S. Kolishkina, N.A. Borsuk**

*Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga*

The relevance of the work is due to the fact that today education is one of the most dynamically developing areas of multi-criteria analysis, the market of educational services for many years occupies a leading position in terms of growth rates. However, insufficient attention is paid to the organization of the space of universities, including the development of a navigation system in large universities. The presence of such a system will reduce the time of adaptation of first-year students and applicants at the university, will make it more understandable to move around the buildings of various groups of consumers of educational services: invited lecturers, participants of Olympiads, students.

*Index terms: keywords: routing, indoor navigation, iBeacon, Ionic.*

## REFERENCES

1. *Gast Building Applications with iBeacon*. Matthew S. Ed. y O'Reilly Media, 2015
2. *the Hitchhikers Guide to iBeacon Hardware: A Comprehensive Report* by Aislelabs. 2015. [Electronic resource]. URL: <https://habrahabr.ru/company/navigine/blog/269195/>
3. *Verification: Accuracy Evaluation of WiFi Fine Time Measurements on an Open Platform*. 2018. [Electronic resource]. URL: <https://www.aislelabs.com/reports/beacon-guide/>
4. Dubovik N. N. *Analysis of the structure of the information system for spatial navigation // Modern scientific research and innovation*. 2016. No. 3 [Electronic resource]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/03/65809>
5. Shlykov A. A., Abramova O. F. *Investigation of the problem of navigation inside modern buildings with complex architecture*. 2014. No. 2 [Electronic resource]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/02/3085>

*Kolishkina Natalia Sergeevna – student Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University: 8-910-593-07-19, e-mail: kolishkinatasha@mail.ru*

*Borsuk Natalia Aleksandrovna – professor, Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University: 8-910-910-27-99, e-mail: borsuk.65@yandex.ru*