

В последнее время всё более актуальной становится проблема навигации внутри помещений. Здания становятся всё более объёмными и нередко имеют довольно сложную структуру, ориентироваться в которой очень сложно.

В случае спутниковой навигации (GPS/Глонасс) существуют сервисы OutDoor, благодаря которым вы узнаете о ближайших кафе/ресторанах и т.д. благодаря тому, что известно ваше текущее местоположение. А благодаря сервисам indoor-навигации вы сможете без проблем и оперативно найти ближайшую стойку регистрации в здании аэропорта, экспонат в музее (+сразу отобразится его описание на экране вашего телефона), отдел и полку с нужным вам товаром в магазине (больше не придется тратить часы на поиск всех нужных товаров в магазине), свободное место на парковке, и многое другое.

Также, благодаря indoor-навигации появляются новые инструменты для маркетинга

Благодаря большим коммерческим перспективам, направление indoor-навигации становится всё более востребованным и уже привлекло внимание таких крупных игроков на рынке, как Google, Apple, Qualcomm, Broadcom, Sony и т.д., и в это, без сомнения, перспективное направление уже инвестируются сотни миллионов долларов.

Средства для навигации:

1) Навигация по Wi-Fi. Используется уже существующая инфраструктура сетей связи – точки беспроводных сетей Wi-Fi, и это наименее затратный вариант. погрешность до 25 метров.

2) *Геоманнитное позиционирование.* Основано на ориентировании по магнитному полю Земли и базируется на геоманнитных аномалиях как критериях для геоманнитного позиционирования (аномалии возникают вследствие неоднородности геоманнитного поля). Заключается в фиксации геоманнитных аномалий и нанесении их на карту территории, на которой предполагается ориентироваться. В дальнейшем навигация производится по составленной карте устройством, в которое встроен магнитометр. Не надёжно из-за меняющихся аномалий внутри помещения.

3) *Системы спутниковой навигации (GPS/Глонасс и т.д.) + инерциальные*

4) *Ориентирование по базовым станциям операторов сотовой связи (GSM).*

В зоне видимости сотового телефона / GSM-модема постоянно находятся как минимум одна базовая станция GSM, а обычно – несколько. Координаты расположения этих базовых станций – известны. остаётся только через базы данных с координатами БС получить их координаты и методом триангуляции определить свое примерное местоположение.

Минусы – невысокая точность (БС может быть удалена на расстоянии в 35км от пользователя + некоторые БС являются мобильными и постоянно меняют свою дислокацию).

5) *Использование Bluetooth-маячков Beacon даёт достаточную точность при приемлемом уровне финансовых затрат; перспективная технология, которая активно развивается, поэтому именно на iBeacon остановимся подробно.*

6) *Навигация, основанная на синергетическом эффекте
Все вместе*

GPS

У GPS есть координатная сетка, 1984 года. Она дает покрытие всего земного шара с точностью до 2 см. Так как мы имеем шар, то нужно построить 6 плоскостей и в каждой плоскости гарантированно окажется 4 спутника, которые летают на высоте 20350м со скоростью 14000 км/ч. Что хотелось бы сказать еще о GPS, спутники - всего лишь источники координат, а все вычисления, которые потом получились по данным, производит приемник. Зайдя чуть дальше могу сказать что при работе с биконами система та же, все вычисления мы производим у себя. Так же, в случае с биконами, нам не нужно получать положения спутников, не нужен вычислительный центр на земле который будет соотносить уравнение орбиты, скорость его движения, его высоту, скорость радиосигнала, вычисляя при этом расстояние до спутника и возвращая при этом его координаты в этой системе, нам все это не нужно - мы знаем где находятся маяки.

iBeacon

Схема организации навигации при помощи биконов проста, мы имеем установленные по всему периметру bluetooth маячки, координаты которых мы знаем. Эти маячки с заданной периодичностью производят широковещательную рассылку, содержащую идентифицирующую их информацию. Пользовательское приложение циклично получает эти данные, по базе данных определяет координаты маячков, и на основе силы сигнала (позволяющей определить удаленность от каждого из них) определяет своё местоположение. В плане физической реализации Beacon-маячки – это обычные Bluetooth 4.0 LE (Low Energy) устройства, таким образом, их роль может с успехом выполнять любое устройство, оснащённое BLE-чипом – например, смартфоны на базе Android, а также iPhone, iPad, обычные ноутбуки, Raspberry Pi с usb bluetooth-донглом и т.д., на которое установлено специальное приложение, реализующее функции Beacon-маячка. Типичный Beacon-маячок, показанный на рисунке, имеет довольно компактные размеры, и способен проработать всего лишь от одной батарейки до двух лет.

Формат данных.

Рассмотрим формат выдаваемых маячком данных. С заданной периодичностью, циклически, маячок выдает один и тот же набор данных:

Преамбула (4 байта) – префикс пакета, позволяющий установить, что мы имеем дело именно с Beacon-маячком. Всегда равен 4с000215

Proximity UUID (16 байт) – Идентификатор группы Beacon-маяков. Например, у нас есть несколько торговых залов, в которых требуется разместить маяки. В таком случае во всех этих залах маяки будут иметь один и тот же UUID, назначенный нами, и это позволит отличать наши маяки от других, посторонних.

Мажор (2 байта) – позволяет различать небольшой набор маяков внутри одной группы. То есть внутри одной большой группы маяков, идентифицируемой UUID, у нас может быть несколько подгрупп, каждая из которых идентифицируется по номеру мажора.

Минор (2 байта) – номер, идентифицирующий сам маяк внутри мажора.

TX Power (параметр K на рисунке выше, 2 байта) – эталонное значение мощности маячка, представляющее собой силу сигнала на расстоянии в 1 метр от маячка. Измеряется и записывается в маячок 1 раз при его производстве.

Решение задачи.

До того как я занялся темой навигации внутри помещений, я называл определения положения по 3 точкам триангуляцией. И в моем случае я был не прав, триангуляция оперирует углами, трилатерация расстояниями.

Маяк сам не знает ничего о своем положении.

Если представить работающий маячок геометрически, то маяк это центр сферы, а его сигнал - сфера, что и используется в GPS, нам нужно 3 сферы, так как их пересечение даст нам наши координаты, но, как известно 3 уравнения сфер дадут нам 2 решения, что легко представить геометрически, так что желательно нам нужна 4 сфера для отсекающей неправильной точки.

Вычисление расстояния производится при помощи эталонного значения и текущего.

То есть для того чтобы получить наши координаты достаточно просканировать окружающее пространство, найти в нем 3-4 маяка, по их id узнать их координаты из БД и решив систему уравнений, получить наши координаты.

Проблемы определения местоположения.

- RSSI “скачет”
- Помещения не идеальны
- Карты разных масштабов

RSSI “скачет”

1. Ориентация и характеристика направленности излучения или приёма антенной маячка/пользовательского устройства
2. Присутствие крупных экранирующих объектов (человек таковым тоже является) по направлению от маячка до устройства
3. Наличие поблизости поверхностей из материалов, хорошо отражающих радиосигнал, а также большое скопление маячков Beacon на одной территории, за счёт многолучевой интерференции с основным лучём

Итак, мы определили своё местоположение по трём маячкам с помощью трилатерации, но... Даже если мы стоим на месте – наше местоположение всё равно «скачет», но тем не менее на практике таким образом удалось получить точность в 3 метра. Таким образом, требуется дальнейшая математическая обработка полученных результатов, и тут на помощь нам приходит фильтр Калмана

Фильтр Калмана.

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 2 повторяющиеся циклически стадии: предсказание и корректировка. На первом этапе – предсказании – мы рассчитываем состояние системы в следующий момент времени, а на втором – корректировке – корректируем наш прогноз, используя результат очередного измерения:

в фильтре имеется возможность учитывать управляющее воздействие. Например, таким управляющим воздействием может быть информация с акселерометра, что значительно улучшает результат. Т.е. схема следующая: считаем средние RSSI -> выбираем 3 маячка с лучшими RSSI -> получаем координату путём трилатерации ->

подаём на вход фильтра Калмана (вместе с показаниями акселерометра в качестве управляющего воздействия).

Есть возможность уменьшения погрешности – применять сразу 2 системы – помимо основного определения положения при помощи Веасоп маячков, использовать для коррекции этого положения инерциальную навигационную систему, состоящую из акселерометра, гироскопа и компаса (магнитометра – его применение не обязательно, но весьма желательно):

- Акселерометр – показывает проекции действующих сил. Когда устройство неподвижно либо движется без ускорения, акселерометр выдает значения проекций ускорения свободного падения (силы тяжести) на его оси.
- Гироскоп — показывает проекции угловых скоростей. Когда устройство неподвижно, то получаем нули. При изменении угла наклона устройства выдаст скорость вращения, разложенную на оси.
- Магнитометр – показывает напряжённость магнитного поля, разложенную на оси.

Данные с этих датчиков не пригодны для применения в «сыром» виде и также, как и в случае с маячками, требуют математической обработки, плюс весьма желательно применение температурного датчика для термокомпенсации, т.к. у MEMS-гироскопов имеется довольно ощутимый температурный дрейф.

Помещения не идеальны.

Находясь близко к стене мы можем пройти через стену из за погрешностей. Структура зданий отлична от прямоугольников. Отрисовка карты и навигация отдельная история, к сожалению это все не попадает в регламент. BLE работает на частоте 2.4Гц на ней работают все, начиная от точек wifi и заканчивая микроволновками, все накладывает отпечаток. В любом помещении много наводок(силовые кабели, точки wifi...). Проникновение через различные материалы тоже разное и 2 маяка на одинаков расстоянии могут нам сообщать колониально отличающиеся данные. Потолки... В основном туда вещают маяки, так как не своруют, на одной высоте, в наибольшее покрытие и на этаж выше мы можем поймет маяки снизу. Положение самого устройства. В зависимости от положения антенны в телефоне зависит многое.

Карты разных масштабов.

При упрощении задачи и сведении в двухмерную плоскость мы переходим к 3 окружностям, пересекающимся в одной точке и чисто математически можно решить систему и получить координаты пользователя, исходя из координат маячков в масштабе карты и соотношений расстояний приемника до этих маячков. Задача решается, на практике в лоб решить не получилось, нужно попробовать применить численные методы для нахождения приближенного решения.