

© *Д.В. Гмарь, К.И.Кротенок, 2013*

НАВИГАЦИЯ ВНУТРИ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ (НА ПРИМЕРЕ КАМПУСА ВГУЭС)

Гмарь Д.В. – начальник отдела разработки и администрирования корпоративной информационной среды, Dmitry.Gmar@vvsu.ru; *Кротенок К.И.* – ведущий программист отдела разработки и администрирования корпоративной информационной среды, Kseniya.Krotенок@vvsu.ru

В докладе рассмотрена концепция построения системы навигации внутри помещений с использованием данных беспроводной сети Wi-Fi, описаны алгоритмы, механизмы и технологические аспекты реализации системы, продемонстрирована реализация такой системы на базе ВГУЭС.

In this article we consider the concept of building indoor positioning system using data from the wireless network Wi-Fi. We describe algorithms, mechanisms and technological aspects of the system. Also we demonstrate the implementation of this system based on VSUES.

Ключевые слова: indoor-навигация, геопозиционирование, навигация внутри помещений, системы Wi-Fi-навигации.

На сегодняшний день навигационные сервисы стремительно развиваются и все шире используются в различных отраслях науки, экономики, образования. Они позволяют выдавать контекстную рекламу и оптимизировать поисковые запросы, исходя из местоположения пользователя, получать общее представление о посетителях сайта или предоставлять информацию о ближайших ресторанах или гостиницах.

Абсолютное большинство подобных сервисов разработано для т.н. «outdoor navigation», т.е. навигации снаружи зданий. Другая ниша – «indoor navigation», навигация внутри помещений, развита слабо [1]: карты таких объектов не являются общедоступными, а использование традиционного позиционирования по GPS-сигналу не подходит: во-первых, уровень сигнала критично снижают бетонные перекрытия, во-вторых, GPS-позиционирование не позволяет определить этаж, на котором находится пользовательское устройство.

Метод, предлагаемый в этой статье, основывается на широко распространенной среди мобильных устройств коммуникационной технологии Wi-Fi. Для работы такого сервиса требуется развернутая сеть беспроводного доступа Wi-Fi и поддерживающее ее клиентское мобильное

устройство на платформе Android. Точность позиционирования устройства на карте полностью зависит от плотности и расположения Wi-Fi-источников.

Описание работы навигационной системы

Принцип работы данной навигационной системы заключается в следующем. Когда клиентское устройство находится между несколькими Wi-Fi-источниками, по относительному уровню получаемого от них сигнала можно с приемлемой точностью определить его местоположение [2].

При этом сами Wi-Fi-точки могут быть закрыты – все, что системе от них требуется, это знать относительный уровень сигнала, полученного пользователем, и сравнивать его с радиообстановкой в контрольных точках здания. Чем больше плотность покрытия области точками, тем выше точность навигации. В кампусе университета ВГУЭС, где внедрена эта система, работает порядка 370 Wi-Fi-точек. По радиообстановке, получаемой от точек-источников, производится позиционирование клиентского устройства внутри здания. Координаты мобильного устройства отслеживаются непрерывно.

Пользователь может воспользоваться системой навигации с функцией прокладывания маршрута до нужной точки, ведением пользователя по маршруту. Выбор точки осуществляется либо непосредственно на плане, либо через встроенную поисковую систему.

Когда пользователь входит в помещение, в котором работает предлагаемая навигационная система, он запускает приложение и на его устройство выводится карта здания. Далее он включает Wi-Fi, проводится позиционирование, и на карте отображается местонахождение пользователя. Через функцию поиска можно найти нужный объект на карте (аудиторию, спортзал, переходы, офисное помещение и т.п.) или просмотреть список всех объектов подобного типа в здании, а также узнать информацию об интересующем объекте. Приложение позволяет прокладывать оптимальный маршрут до нужного объекта, поддерживает «ведение» пользователя по карте до места интереса.

Представленный сервис навигации использует растровые карты, которые являются самым простым и доступным типом карт. Фактически это изображение местности, к которому привязываются географические координаты. Масштаб растровой карты напрямую зависит от исходного варианта; или это фотография со спутника (если мы говорим о больших объектах вне помещений), или отсканированная бумажная карта.

Пример работы системы представлен ниже на рис. 1

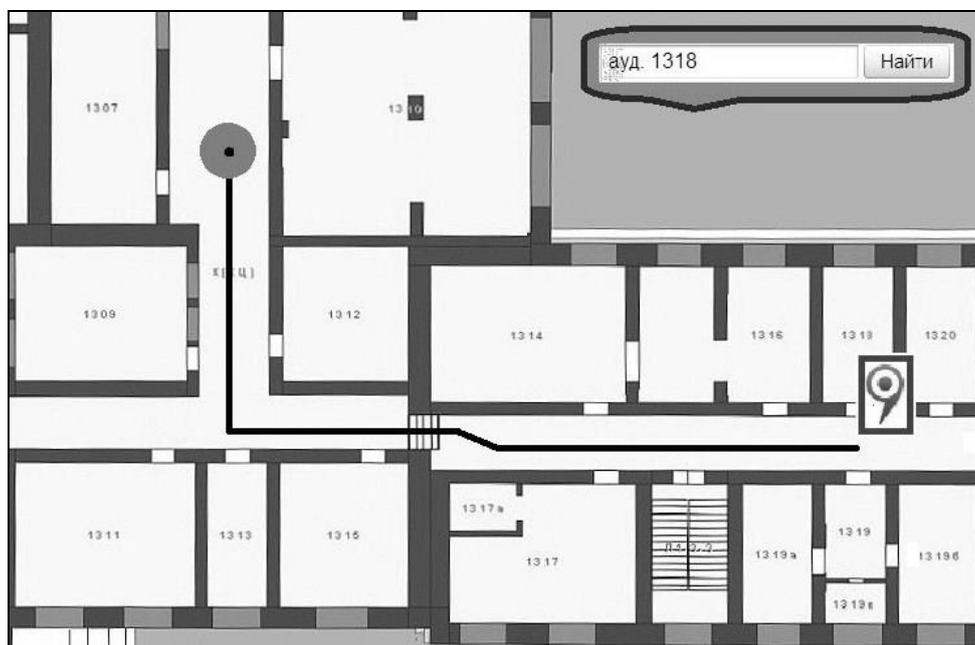


Рис.1. Пример работы навигационного приложения: прокладка маршрута до выбранного объекта. Круг с точкой посередине обозначает текущее местоположение пользователя

Этапы реализации проекта

Проект навигации по кампусу включает в себя три основных направления:

- 1) Разработка программного обеспечения (ПО) для проведения радиообследования эфира помещений внутри здания:
 - а. Клиентское android-приложение. Отображает этажные планы корпусов, проводит сканирование радиоэфира в заданной точке и отправляет данные серверу;
 - б. Серверное приложение. Предоставляет клиенту карты помещения, сохраняет данные радиообстановки, полученные с клиентского устройства, проводит интерполяцию полученных данных на всю сетку покрытия Wi-Fi-сетию.
- 2) Разработка свободно распространяемого ПО для мобильных устройств, реализующее сервис геопозиционирования и навигации:
 - а. Клиентское android-приложение. Отображает этажные планы корпусов, отправляет данные серверу о радиоэфире, окружающем клиента, отображает положение пользователя на карте по полученным от сервера геолокационным данным, позволяет

осуществлять поиск объектов на карте, прокладывать и отображать маршрут между заданными точками, предоставлять информацию по местам интереса;

в. Серверное приложение. Предоставляет клиенту карты помещения, выдает текущие координаты клиентского устройства, сравнивая полученные от него данные о радиозфире с данными интерполяционной сетки, реализует функцию поиска объектов на плане по заданным параметрам, информации о местах интереса, рассчитывает оптимальный маршрут между точками.

3) Внедрение системы во ВГУЭС, анализ возможности распространения системы в других организациях.

Механизмы, используемые для реализации проекта

Механизм интерполяции. После сбора данных от оператора о параметрах радиозфира (BSID видимых Wi-Fi-источников, уровень сигнала от них), привязки этих данных к географическим координатам и точкам на навигационной карте, серверная часть системы производит интерполяцию данных на метровую сетку карты (рассчитывается предполагаемый уровень сигнала в каждой точке помещения, с разрешением в 1 метр). Интерполяция производится на основе построения треугольника вокруг рассматриваемой (интерполируемой) точки, вершинами треугольника являются точки замера радиозфира. Треугольник выбирается таким образом, чтобы сумма квадратов расстояний от интерполируемой точки до его вершин была минимальной (см. пример на рис.2)

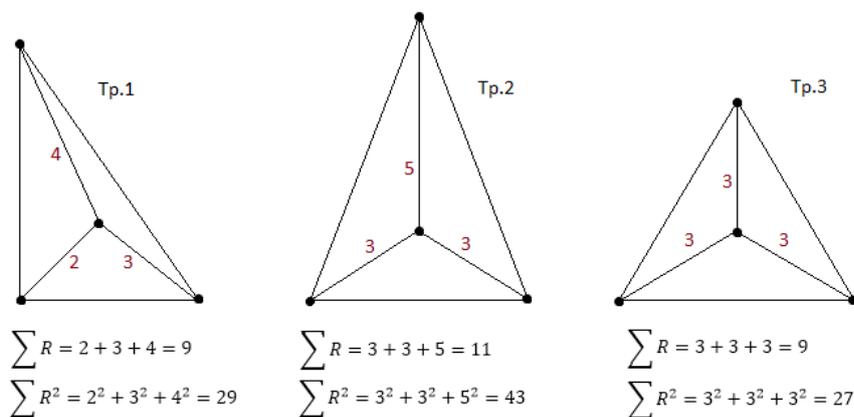


Рис. 2. Выбор треугольника для интерполяции уровня сигнала в точке: минимизируя сумму квадратов расстояний, выбираем треугольник №3.

Сигнал в интерполируемой точке рассчитывается по следующей формуле:

$$level_i = \frac{\left(\frac{level_1}{\rho_{1,i}^2} + \frac{level_2}{\rho_{2,i}^2} + \frac{level_3}{\rho_{3,i}^2} \right)}{\left(\frac{1}{\rho_{1,i}^2} + \frac{1}{\rho_{2,i}^2} + \frac{1}{\rho_{3,i}^2} \right)}$$

где $level_k$ – уровень сигнала в точке k ,
 $\rho_{k,i}$ – расстояние между вершиной k и интерполируемой точкой i

Так как сигнал затухает обратно пропорционально квадрату расстояния между точками, используемый в формуле уровень сигнала $level_k$ делится на квадрат расстояния $\rho_{k,i}^2$ от точки интерполяции до рассматриваемой вершины. Тем самым влияние удаленных вершин учитывается намного слабее, чем влияние ближайших.

По каждому этажу, для каждой точки доступа строится отдельная карта покрытия с метровым шагом и рассчитанным уровнем сигнала. Для координат, которые не попадают в область, охваченную треугольниками, интерполяция не проводится.

Механизм геопозиционирования. Ввиду того что, во-первых, чувствительность приемников абонентских устройств отличается от одного устройства к другому, а во-вторых, состояние радиозфира нестабильно и затухание Wi-Fi-сигнала внутри здания неравномерно, определение координат пользовательского устройства происходит с некоторой погрешностью. Поэтому алгоритм определения местоположения пользователя основывается не на абсолютных, а на относительных значениях уровня сигнала (сравнительно друг с другом).

Алгоритм определения координат устройства:

- 1) В запросе, который приходит от клиентского устройства, с массивом точек доступа (ТД) и обозреваемым уровнем сигнала, находится ТД с максимальным уровнем сигнала.
- 2) В интерполяционной сетке находим координаты, для которых данная точка доступа также излучает максимальный уровень сигнала, либо разница уровня сигнала с максимальной ТД в этой координате составляет не более 6db. Назовем это точку «ТД_{МАКС}».
- 3) На основе полученной связки ”географические координаты” – “абсолютный уровень сигнала” для ТД_{МАКС} сопоставляются остальные точки доступа, пришедшие в запросе, с точкой доступа в

таблице интерполяции. Уровень сигнала рассматривается относительно уровня сигнала $T_{D_{\text{МАКС}}}$ с погрешностью 3Db.

- 4) Из полученного множества координат выбираются те, для которых удалость сопоставить максимальное количество ТД, после чего они сортируются по сумме ошибок сигнала (по степени расхождения данных запроса с таблицей интерполяции).
- 5) Географическая точка с минимальной суммой ошибок является искомой.

Механизм навигации. Для осуществления механизма навигации на этапе подготовки системы на картах отрисовываются маршруты с привязкой к географическим координатам, отмечаются маркерами объекты карт, в базу данных заносится описание по всем объектам. Далее по полному набору маршрутов и объектов карты строится граф, в котором висячие вершины - это места интереса, остальные вершины – точки пересечения маршрутов, ребра – сами маршруты, а в качестве длины ребра используется длина соответствующего маршрута.

Так как вес каждого из ребер неотрицателен, а пропускная способность ребра не важна - для прокладки маршрута, то есть поиска кратчайшего пути в графе, используется алгоритм Дейкстры.

Обзор мирового рынка

Говоря о коммерческом потенциале представленного сервиса навигации, рынок по этому направлению на Дальнем Востоке и России в целом очень обширен. Все больше торговых центров, гостиниц, учреждений предлагают посетителям Wi-Fi на своей территории.

На мировом рынке существует не менее 20 подобных проектов навигации внутри зданий (например, «Google Maps Floor Plan Market» от Google [3], «WifiSLAM» от Apple [4], и т.д.), но эти проекты еще в процессе развития, а использование этих сервисов для российского рынка в ближайшей перспективе не представляется возможным.

Потенциальный рынок для данного продукта – это предприятия, которые предлагают посетителям сеть Wi-Fi на своей территории и для которых может представлять интерес навигация внутри помещений:

- университеты,
- торговые центры,
- крупные офисные здания,
- аэропорты,
- медицинские учреждения,
- гостиничные комплексы,
- любые крупные здания с высокой проходимостью.

Библиографические ссылки

1. IndoorLBS, Indoor GPS Location, Maps, Navigation - IndoorLBS Market Report // <http://www.indoorlbs.com/p/market-report.html>
2. *Ботыгин И.А., Вишневецкий А.С.* Разработка высокоточной системы геопозиционирования для небольших населенных пунктов // <http://www.problem-info.ru/2012-5/31.pdf>
3. Google Maps Floor Plan Marker // <http://maps.google.com/help/maps/floorplans/>
4. WiFiSLAM, Indoor GPS // <https://angel.co/wifislam>