



БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Алгоритм определения геопозиции на основе видимых Wi-Fi сетей и сотовых вышек

Дипломная работа

Мехович Константин Игоревич

Белорусский государственный университет
ФПМИ, КТС, 4 курс

руководитель: Доцент кафедры КТС
Козловская Инесса Станиславовна

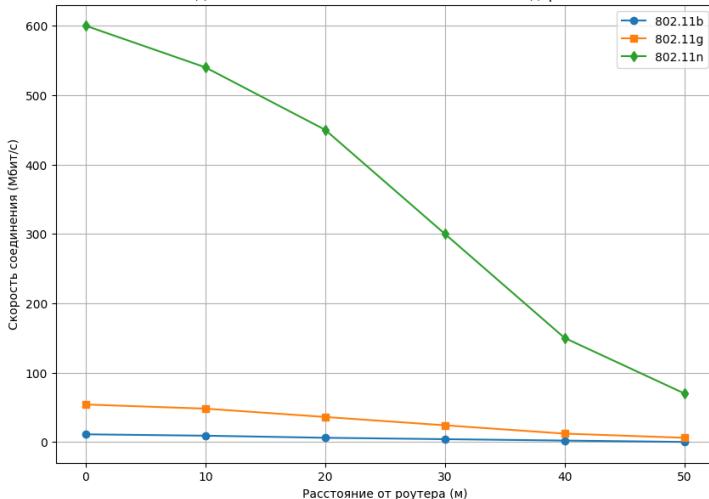
Минск, 2024

- Изучить литературу по теме систем глобального позиционирования, Wi-Fi-сетей, сотовых вышек
- Разработать алгоритмы для определения геопозиции устройства на основе информации от домашних и общедоступных Wi-Fi сетей, видимых сотовых вышек
- Реализовать инфраструктуру в виде клиент-серверного приложения, где клиентом выступает приложение для Android
- Реализовать фронтенд приложения для удобного отслеживания статистики и поведения алгоритмов
- Протестировать работу алгоритма в условиях городской среды, а также вне ее

В виду некоторых условий использование GPS-трекинга может не предоставлять требуемой точности или не работать вовсе. Однако, существуют другие данные из окружающей среды устройства, такие как сотовые вышки и Wi-Fi. Их использование может в некоторых случаях заменить GPS.

Существуют разные по характеристикам стандарты:

Дальность связи Wi-Fi в зависимости от стандарта



- GPS
- Wi-Fi
- Cell-ID
- Гибридные



$$d = R \cdot \arccos(\sin(\phi_1) \cdot \sin(\phi_2) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \cos(\Delta\lambda))$$

где:

- d - расстояние между точками в метрах,
- R - радиус Земли (примерно 6371 километр),
- (ϕ_1, ϕ_2) - широта первой и второй точки соответственно (в радианах),
- $(\Delta\lambda)$ - разница долгот между точками (в радианах).

Для определения расстояния до роутера в зависимости от уровня сигнала (level) и частоты (frequency), можно использовать модель FSPL (Free Space Path Loss).

$$FSPL = 20 \cdot \log_{10}(d) + 20 \cdot \log_{10}(f) + K$$

где:

- $FSPL$ - потеря сигнала в децибелах,
- d - расстояние до роутера в метрах,
- f - частота сигнала в герцах,
- K - это константа, зависящая от единиц измерения и констант, связанных с электромагнитными волнами, обычно принимаемая как $20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} \right)$, где c - скорость света.

Если предположить, что нет потерь на свободном пути, тогда уровень сигнала *level* передатчика и приемника будет идентичным. В реальных условиях это встречается редко, но для теоретического расчета мы можем использовать уровень сигнала, как отправную точку для расчета *FSPL*.

$$\text{FSPL (dB)} = \text{Transmit Power (dBm)} - \text{Receive Level (dBm)}$$

или просто

$$\text{FSPL (dB)} = \text{Level}$$

если у нас есть только значение уровня сигнала на приемнике.

Из формул выше мы можем выразить расстояние d :

$$d = 10^{\frac{-\text{Level (dBm)} - 20 \log_{10}(f) - 20 \log_{10}(\frac{4\pi}{c})}{20}}$$

Скорость света c в вакууме равна 3×10^8 метров в секунду.
Подставляем значение c в формулу:

$$d = 10^{\frac{27.55 - \text{level} - 20 \log_{10}(f)}{20}}$$

- Имеем: текущую геопозицию согласно GPS, точность GPS и список видимых Wi-Fi с их уровнем сигнала
- В случае достаточной точности отправляем все данные на сервер
- Сервер записывает каждый новый Wi-Fi в базу данных, обновляет уже имеющиеся в случае улучшенного сигнала

- Имеем: список видимых Wi-Fi с их уровнем сигнала, список видимых сотовых вышек
- Отправляем все данные на сервер
- Сервер достает имеющиеся Wi-Fi из базы данных, определяет расстояние до роутеров по формуле FSPL, фильтрует, определяет наибольшее скопление точек благодаря попарным расстояниям. Делает запрос в базу с сотовыми вышками мира, получает геолокацию вышки. Исполняет на этих данных лучший алгоритм, получает результат и отправляет его клиенту

- Сервер отправляет все записи из базы данных клиенту
- Клиент отрисовывает их на карте

- Разработан алгоритм для определения геопозиции устройства на основе информации от домашних и общедоступных Wi-Fi сетей
- Реализовано Android-приложение, которое сканирует видимые Wi-Fi сети и может работать как в режиме отправки данных, так и в режиме детекции текущего местоположения по видимым Wi-Fi сетям и сотовым вышкам
- Реализована серверная часть приложения на языке Python с использованием базы данных MySQL

- Реализованы страницы для отображения каждого запроса на карте, статистики по алгоритмам
- Собрана информация от более чем 50'000 точек доступа Wi-Fi в сочетании с GPS данными
- Протестировано определение геопозиции по собранным данным, в результате чего получилось в 90% случаев определить геопозицию с отклонением не более 70 метров

Работа была представлена на научно-исследовательской конференции студентов и аспирантов кафедры компьютерных технологий и систем. По результатам этой конференции работа была рекомендована на печать.

- Горбачёв А. Ю. Математическая модель погрешностей GPS // Авиакосмическое приборостроение. — М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ, 2018. — 41 с.
- Анучин О.Н., Емельянцева Г.И. Интегрированные системы ориентации для морских подвижных объектов / Под ред. В. Г. Пешехонова. — 2-е изд. — СПб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2019. — 390 с.
- Samama N. Global Positioning: Technologies and Performance. — John Wiley & Sons, 2018. — 440 с.
- Козловский Е. Искусство позиционирования // Вокруг света. — М., 2018. — 280 с.
- Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования: учебное пособие / Серапинас Б.Б. М.: ИКФ «Каталог», 2002. — 106 с.

- Яценков В.С. Основы спутниковой навигации / Яценков В.С. М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 271 с.
- Липкин И. А. Спутниковые навигационные системы / Липкин. И. А. - 2-е изд. - М.: Вузовская книга, 2006. — 288 с.
- Одуан К., Гино Б., Измерение времени. Основы GPS / Одуан К. М.: Техносфера, 2002. — 399 с.
- Гончаров И. А. Основы любительской GPS-навигации / Гончаров И. А. М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 127 с.
- Шибшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцев Н. В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / под ред. В. С. Шибшаевича. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2020. — 408 с.