Методы определения геолокации мобильных устройств

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Компьютерных Наук
Департамент анализа данных и искусственного интеллекта

Аспирант 2-го года обучения
Шестаков Андрей
Научный руководитель: Кертес-Фаркаш Аттила, PhD

Введение

Источники сигналов

- GPS
- WiFi
- Мобильные сети (GSM, 3G, LTE, . . .)

Применение геолокации мобильных устройств

- Навигация
- Мониторинг
  - Построение карт заселенности
  - Оптимизация городской инфроструктуры
  - Поиск людей в случае ЧС (E911)
- Location Based Services

Global Positioning System

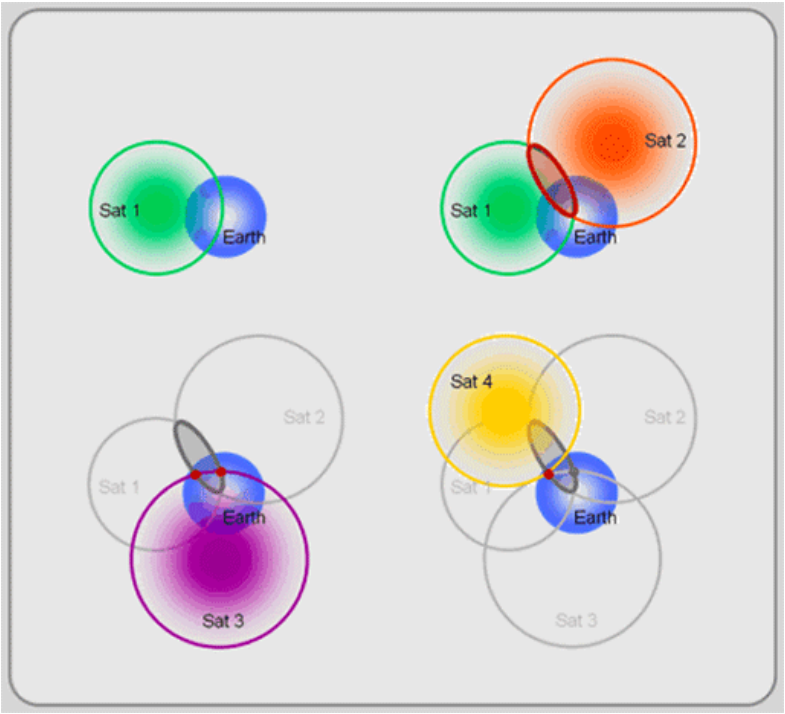


Рис. 1: *GPS localization principle*

- Trilateration: оценка времени, за которое сигнал достигает приёмника $\rightarrow$ расстояние до приёмника
- Высокая точность на открытой местности: $6 - 8$ метров
- Высокое потребление энергии приёмника
- Долгий поиск спутников (A-GPS)

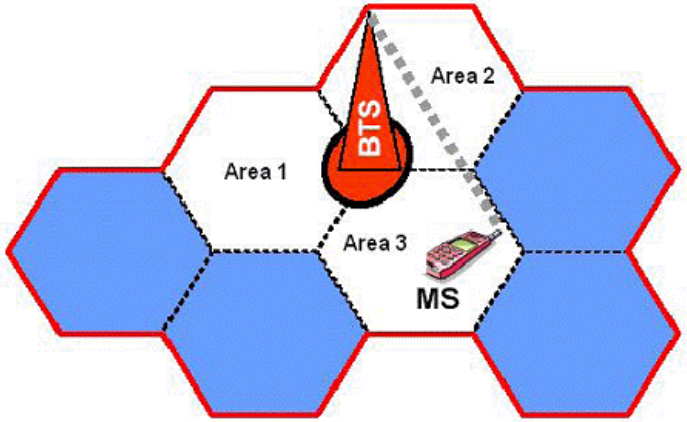


Рис. 2: *CellID localization principle*

- Оценка местоположения по локации антенны

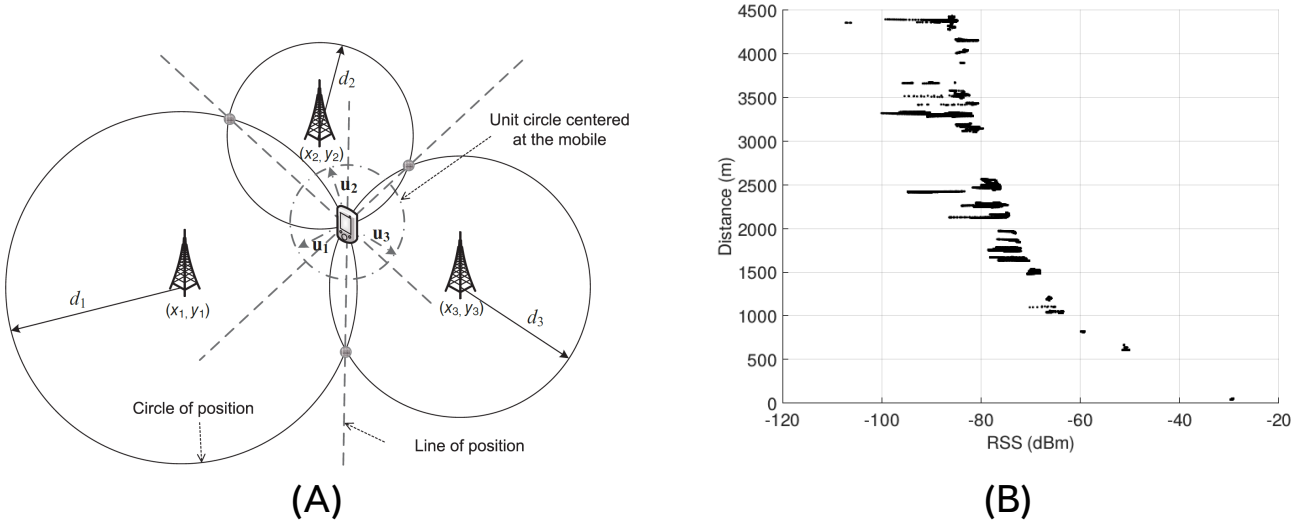


Рис. 3: *(A) Lateration principle, (B) Relationship between signal strength and distance*

$$\begin{cases} d_1 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \\ d_2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \\ d_3 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \end{cases} \quad (1)$$

- Необходима синхронизация между базовыми станциями
- Помехи для распространения сигнала (Non-Line of sight error)
- Multipath problem

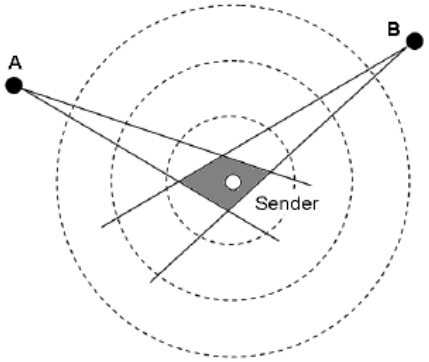


Рис. 4: *Triangulation principle*

$$\begin{cases} \phi_1 = \tan^{-1} \dfrac{(y - y_1)}{(x - x_1)} \\ \phi_2 = \tan^{-1} \dfrac{(y - y_2)}{(x - x_2)}, \end{cases} \tag{2}$$

- Необходимо специальное оборудование
- Помехи для распространения сигнала (Non-Line of sight error)
- Multipath problem

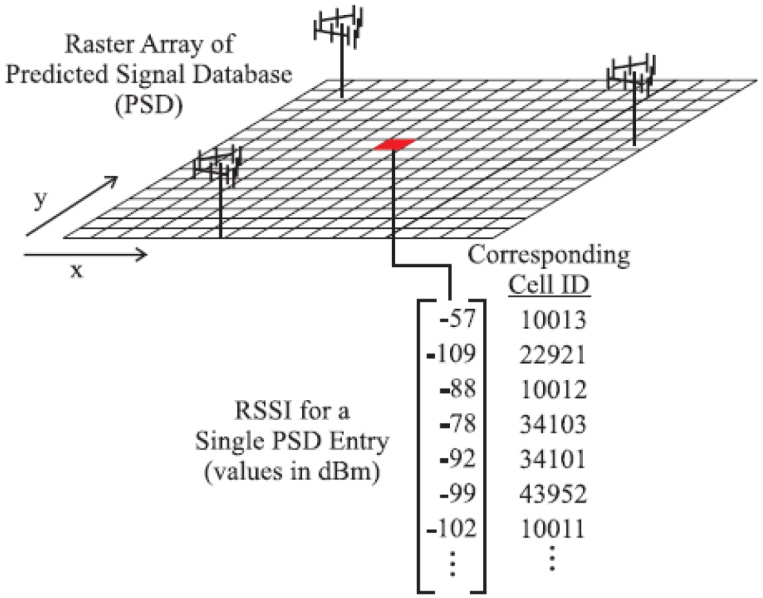


Рис. 5: *FingerPrinting principle*

- Необходимо хранить со значениями RSS для каждой координаты сетки
- Базу данных приходится формировать для каждой территориальной единицы отдельно и со временем переформировывать

Hanover Scenario

Описание базы данных

- Сектор 20×24 км с 195 вышками связи
- Заселенная городская территория $\rightarrow$ неизбежные препятствия для распространения сигналов
- 85 млн. наблюдений с GPS координатами и top-20 вышек с наибольшей силой сигнала

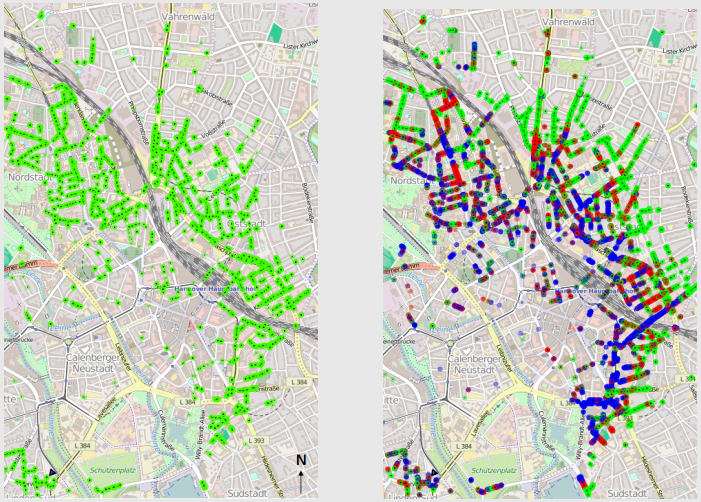


Рис. 6: *(A) Mobile phones receiving -79 dBm, (B) Mobile phones receiving -78 dBm (blue), -79 dBm (red) -80 dBm (green) RSSs*

Предложенный FingerPrinting алгоритм

- Алгоритм состоит из 2 фаз: составление таблиц поиска (Algorithm 1) и локализация с их помощью (Algorithm 2)

Algorithm 1: Construction of lookup tables. *The input is a list of localized RSS measurement* $M = \{(x_i, y_i, r_{a_i})\}_{i=1}^{N}$. *Triplet* (x_i, y_i, r_{a_i}) *denotes location* x_i, y_i *where RSS* r_{a_i} *measured from tower* a_i. D *is the maximal allowed diameter of a cluster.*

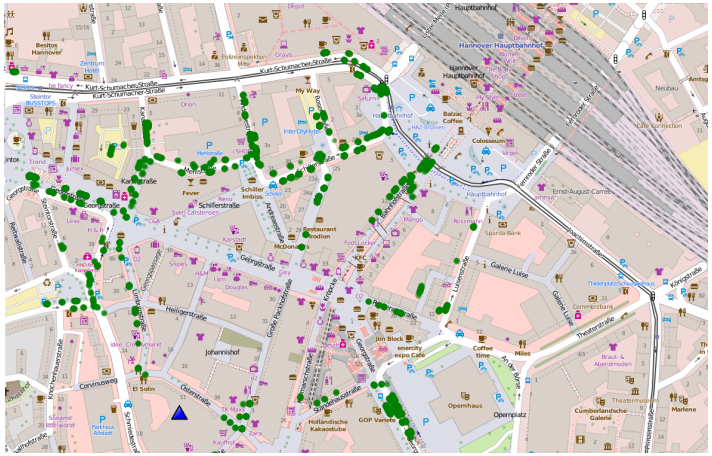
1: **procedure** CONSTRUCTLOOKUPTABLES(M,D)
2: **end procedure**

Algorithm 2: Lateration using lookup tables. *The input* $M = \{r_{a_1}, r_{a_2}, \ldots, r_{a_n}\}$ *is a list of RSS measurments in decreasing order, lookup-tables* τ *and threshold value* T

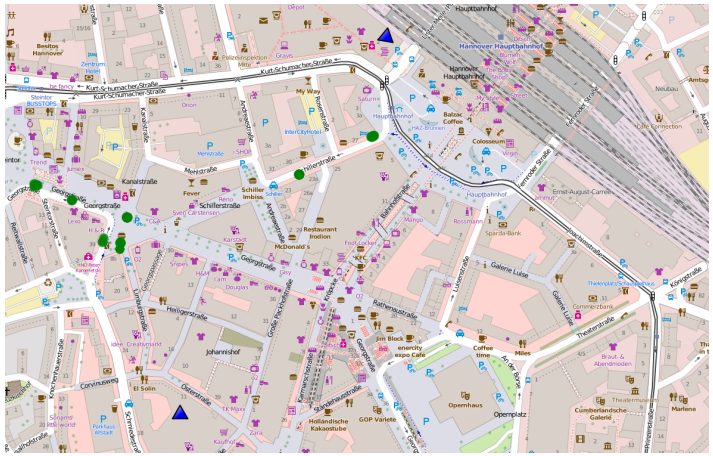
1: **procedure** LOCALIZATION(M, τ, T)
2: **end procedure**

Предложенный FingerPrinting алгоритм

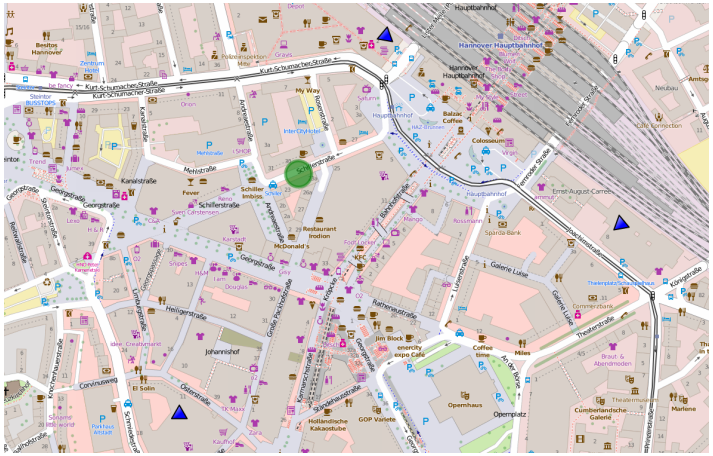
Иллюстрация работы



(A)



(B)



(C)

Эксперименты

Параметры экспериментов

- Случаное разделение на обучение/контроль: доля в контроле $67\%/80\%/90\%/95\%/99\%$
- Дискретизация территории на по прямоугольной сетке $1, 2, 5, 10, 20, 50$ метров
- Повторяем 10 раз

Результаты

Таблица 1: *Accuracy of localization using NN*

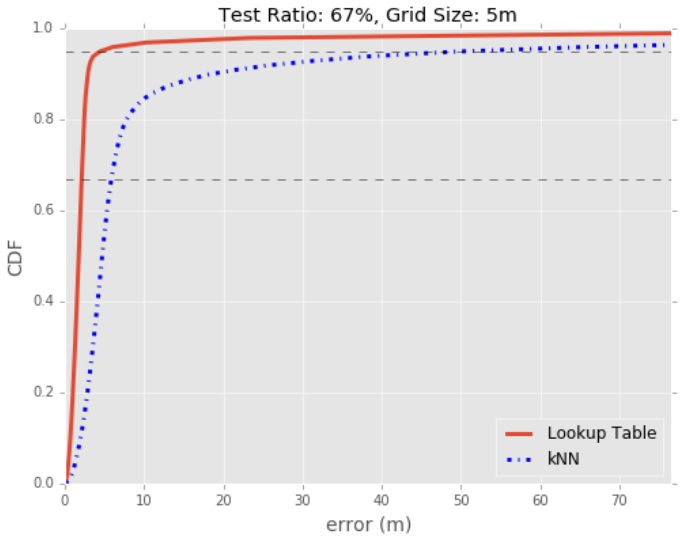
Grid size (m)	1-99	5-95	10-90	20-80	33-67
1	10.5	-	2.20	1.65	-
2	10.1	-	3.64	3.2	-
5	15.69	-	11.68	12.79	12.43
10	24.10	33.42	33.62	33.73	33.71
20	63.69	72.46	76.36	94.58	83.78
50	129.18	137.93	143.01	149.99	159.45

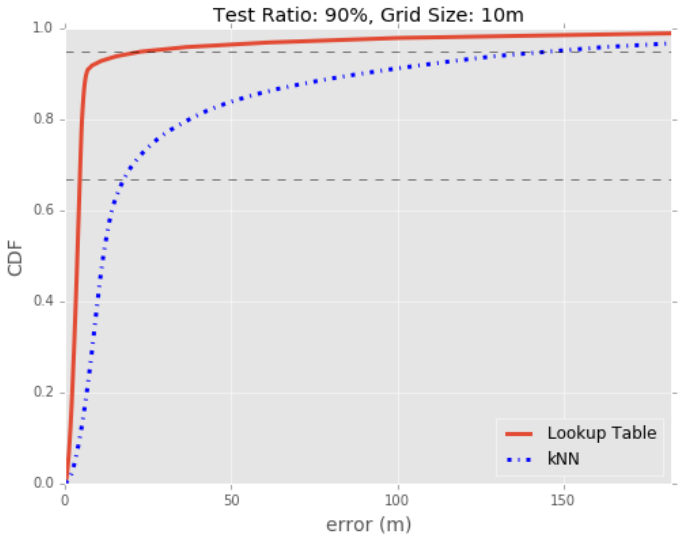
Таблица 2: *Accuracy of localization using Lookup tables*

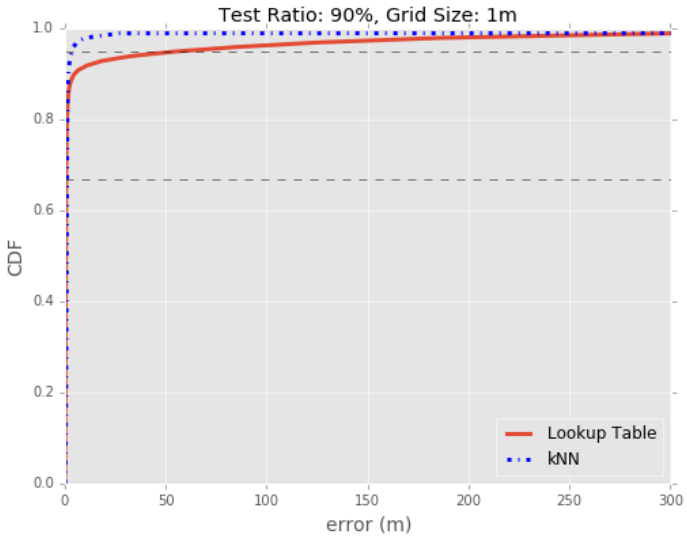
Grid size (m)	1-99	5-95	10-90	20-80	33-67
1	49.85	19.78	12.64	7.85	5.5
2	48.83	18.66	11.78	7.25	5.09
5	45.96	16.74	10.61	6.79	5.11
10	43.16	16.05	10.08	7.70	6.4
20	40.59	17.16	13.03	10.71	9.83
50	42.40	24.92	22.23	20.87	20.65

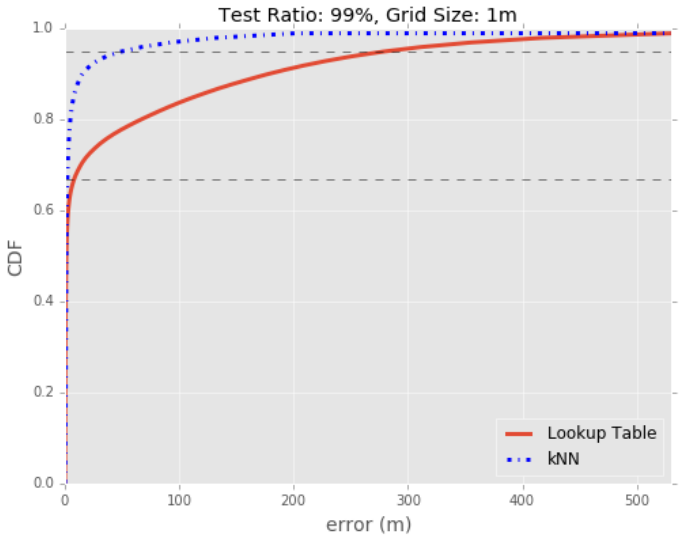
Эксперименты

Распределение ошибок









Спасибо за внимание!