

# Разработка системы позиционирования общественного транспорта по сигналам сотовых сетей

<http://svn.auditory.ru/repos/tatmon/>

Автор: Максим Максимович Ковалев  
[maxim.kovalev@2007.auditory.ru](mailto:maxim.kovalev@2007.auditory.ru)

Руководитель: Дмитрий Олегович Столяров  
[dmitry.stolyarov@gmail.com](mailto:dmitry.stolyarov@gmail.com)

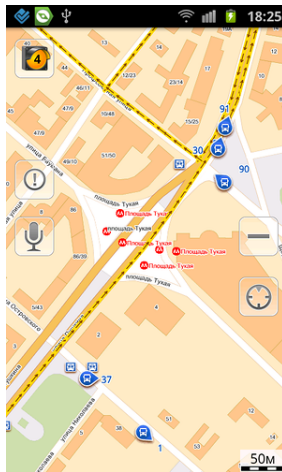
Московский Государственный Институт Электроники и Математики  
(Технический Университет)  
Кафедра ИКТ

6 июня 2012 г.

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

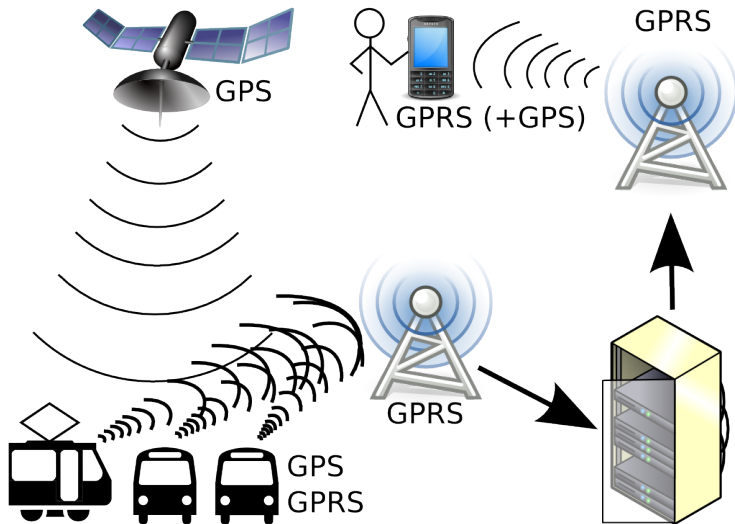
# Цели работы

- ▶ Высшая — удобство перемещения по городу!
- ▶ Создать новую хорошую систему позиционирования;
- ▶ Отказаться от спутникового позиционирования;
- ▶ Повысить точность триангуляции по вышкам GSM.
  - ▶ Проверить изобретённый метод.



Автобусы Казани в реальном времени на телефоне.

# Архитектура системы



# Методы позиционирования

## Спутниковая

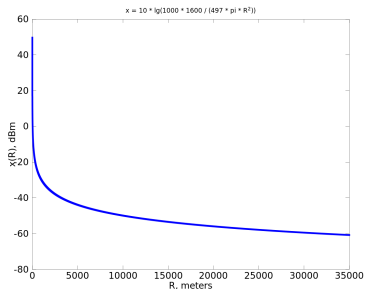
- ▶ Спутники
- ▶ Время прохождения сигнала
- ▶ Строго и однозначно
- ▶ 1 – 50 метров погрешности

## Сотовые сети

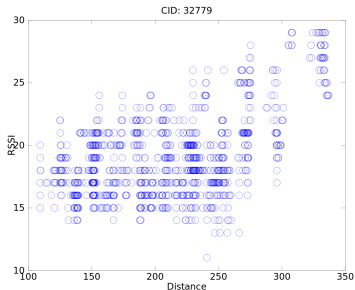
- ▶ Базовые станции
- ▶ Уровень сигнала
- ▶ Машинное обучение
- ▶ 10 – 500 метров погрешности

# Гипотеза

Триангуляция в сетях GSM недостаточно точна из-за чрезмерной экстраполяции.



Теоретически предсказанное  
затухание сигнала



Реально принятые уровни

# Общественный транспорт

Заранее известный маршрут:

- ▶ Делает задачу одномерной
- ▶ Позволяет набрать больше статистики

# Статистические методы

Параметр	Расстояние Махаланобиса	Байесовский классифика- тор
Непрерывность аргумента	-	-
Непрерывность значения	+	-
Устойчивость к выбросам	-	+

# Предлагаемый алгоритм

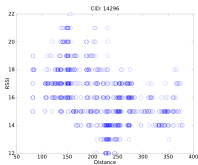
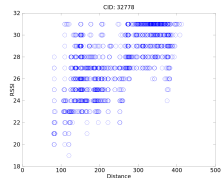
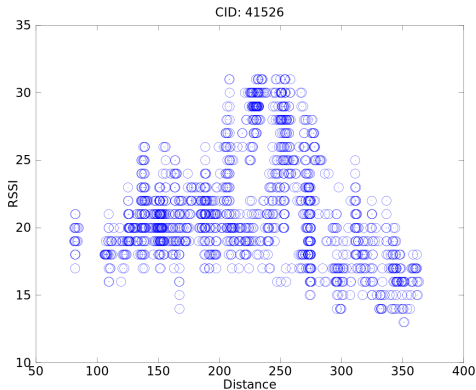
И был создан новый алгоритм, который:

1. Учитывает непрерывность случайной переменной — уровня сигнала;
2. Учитывает значения в соседних точках;
3. Устойчив к выбросам.

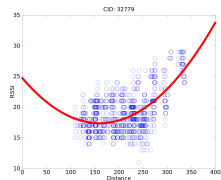
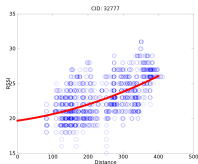
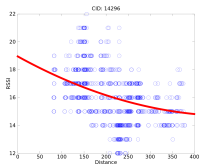
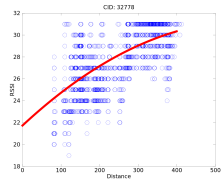
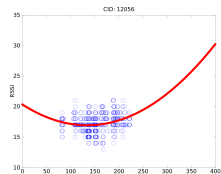
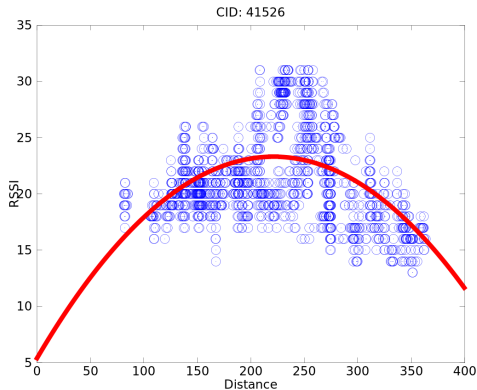
Как он работает?



# Выборка из базы



# Интерполяция



# Псевдоплотность вероятности

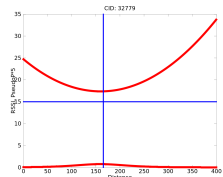
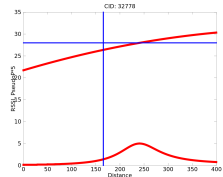
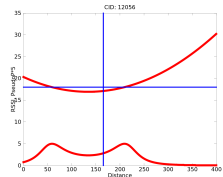
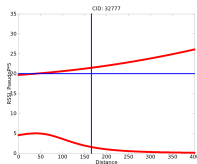
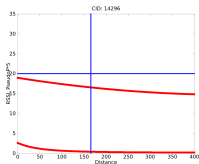
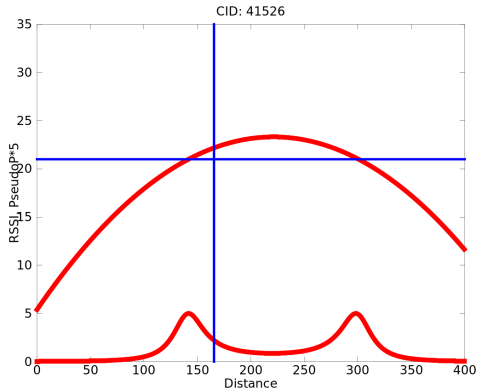
Требования:

1.  $\forall_{f(x), y} P(f(x), y) \in (0, 1]$
2.  $\forall_{f(x), y} f(x) = y \Leftrightarrow P(f(x), y) = 1$
3.  $\lim_{|f(x) - y| \rightarrow \infty} P(f(x), y) = 0$

Вид:

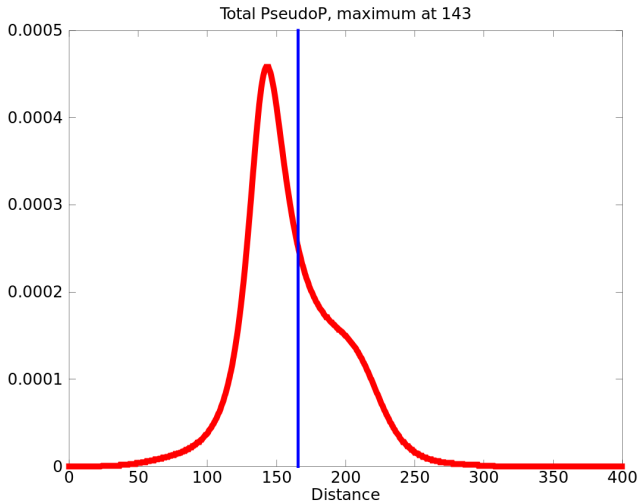
$$P(f(x), y) = \frac{1}{1 + (f(x) - y)^2}$$

# Вычисление псевдоплотности

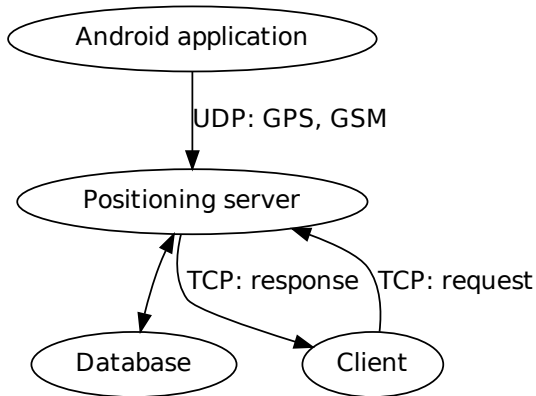


# Итоговая псевдоплотность

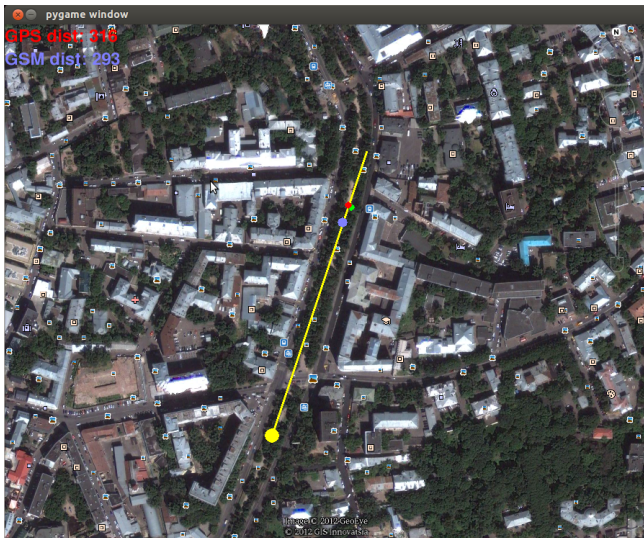
Результат: 143 метра, истина: 165,5 метров.



# Архитектура системы

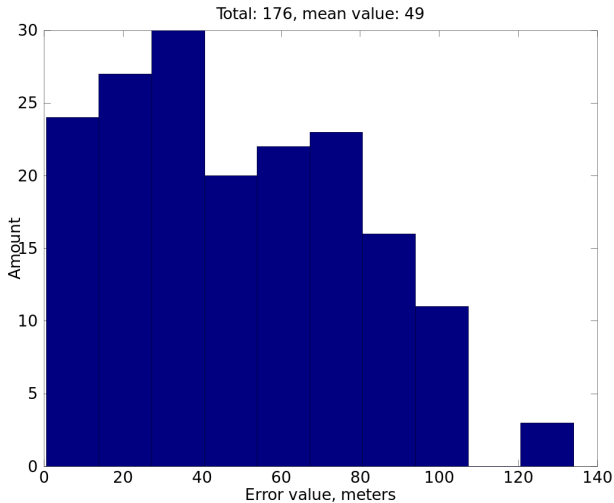


# Тестирование



# Гистограмма ошибок

Опытов: 176, математическое ожидание ошибки: 49 метров.

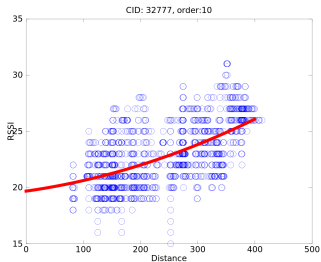




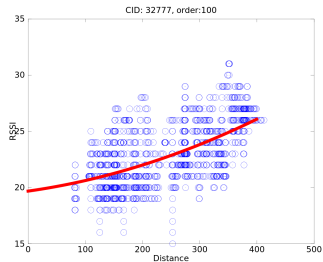
# Сравнение систем

Параметр	GPS	Триангуляция	Созданная
Точность, м	10	200	50
Стоимость	GPS+GSM	GSM	GSM
Покрытие	Земля	Город	Маршрут

# Исследование данных



Максимальная степень: 10



Максимальная степень: 100

# Выводы

1. Созданный метод работает;
2. Точность лучше триангуляции;
3. Точность не достигает GPS;
4. Требуются дополнительные исследования.

# Разработка системы позиционирования общественного транспорта по сигналам сотовых сетей

<http://svn.auditory.ru/repos/tatmon/>

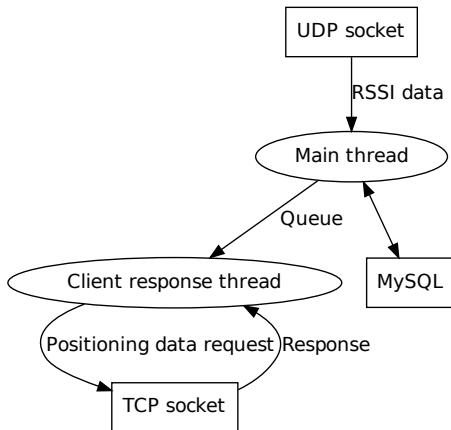
Автор: Максим Максимович Ковалев  
[maxim.kovalev@2007.auditory.ru](mailto:maxim.kovalev@2007.auditory.ru)

Руководитель: Дмитрий Олегович Столяров  
[dmitry.stolyarov@gmail.com](mailto:dmitry.stolyarov@gmail.com)

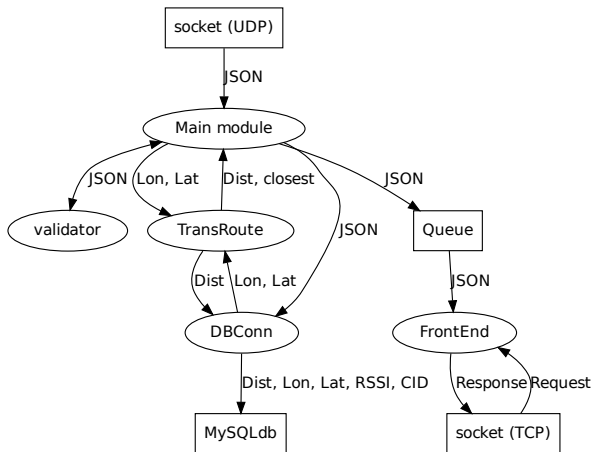
Московский Государственный Институт Электроники и Математики  
(Технический Университет)  
Кафедра ИКТ

6 июня 2012 г.

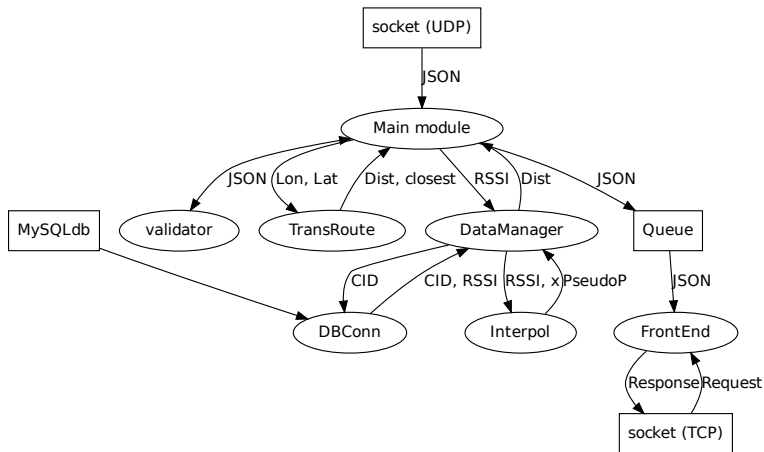
# Потоки сервера



# Режим сбора данных



# Режим позиционирования



# Мобильное приложение





# Пример сообщения

```
{ "GSM":{  
  "cellcount":2,  
  "cells":[  
    {"CID":11531, "Psc":-1, "RSSI":26, "type":"EDGE"},  
    {"CID":32779, "Psc":-1, "RSSI":22, "type":"EDGE"}  
  ]  
},  
  "GPS": {  
    "lng":37.64814019203186,  
    "lat":55.75437605381012,  
    "acc":24.0  
  }  
}}
```

# Вход алгоритма

$$data = \begin{pmatrix} Dist_0 & RSSI_0 \\ Dist_1 & RSSI_1 \\ \vdots & \vdots \\ Dist_{len(data)-1} & RSSI_{len(data)-1} \end{pmatrix}$$

# Создание переменных

$$self.X = \begin{pmatrix} 1 & Dist_0 & Dist_0^2 & \cdots & Dist_0^{order} \\ 1 & Dist_1 & Dist_1^2 & \cdots & Dist_1^{order} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & Dist_{len(data)-1} & Dist_{len(data)-1}^2 & \cdots & Dist_{len(data)-1}^{order} \end{pmatrix}$$

$$self.Y = \begin{pmatrix} RSSI_0 \\ RSSI_1 \\ \vdots \\ RSSI_{len(data)-1} \end{pmatrix}$$

# Нормальные уравнения

$$\mathit{self.theta} = (\mathit{self.X}^T \cdot \mathit{self.X})^+ \cdot \mathit{self.X}^T \cdot \mathit{self.Y}$$

```
def solve_theta(self):  
    self.theta = numpy.transpose(self.X)  
    self.theta = numpy.dot(self.theta, self.X)  
    self.theta = numpy.linalg.pinv(self.theta)  
    self.theta = numpy.dot(self.theta, \  
        numpy.transpose(self.X))  
    self.theta = numpy.dot(self.theta, self.Y)
```