

**УДК 658.012; 681.3.06; 621.396.6.001.66(075); 621.001.2(031)**  
**ББК 2+3**  
**Н 34**

**Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ. Тезисы докладов. - М. ~: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. - 316.**

**ISBN 978-5-94768-066-9**

В сборнике представлены тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых специалистов.

Структура сборника включает разделы соответствующих научных направлений: прикладная математика; информационно-коммуникационные технологии; автоматизация проектирования, банки данных и знаний, интеллектуальные системы; компьютерные образовательные продукты; информационная безопасность; электроника и приборостроение; производственные технологии, нанотехнологии и новые материалы; современные технологии дизайн проектирования; информационные технологии в экономике, бизнесе и инновационной деятельности.

Сборник тезисов представляет интерес для преподавателей, студентов, научных работников и специалистов, специализирующихся в области информационно-коммуникационных технологий, электроники, прикладной математики и экономике.

Редакционная коллегия: Тихонов А.Н., Азаров В.Н., Карасев М.В., Кулагин В.П.,  
Леохин Ю.Л., Львов Б.Г., Аристова У.В., Титкова Н.С.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

**ISBN 978-5-94768-066-9**

**ББК 2+3**

© Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2013 г.  
© Авторы, 2013г.

Расчетная оценка показывает, что при использовании метода распознавания образов на оконечных маломощных узлах системы повышает энергоэффективность её работы в несколько раз.

#### Список литературы:

1. Youssef Charfi, Bell Canada, Naoik Wakamiya and Masayuki Murata, «Challenging Issues in Visual Sensor Networks», IEEE Wireless Communications, 2009
2. Purushottam Kulkarni, Deepak Ganesan, Prashant Shenoy «The case for multi-tier camera sensor networks», ACM 2005
3. P. Kulkarni et al., «Senseye: A Multi-Tier Camera Sensor Network», Proc. 13th Annual ACM Int'l. Conf. Multimedia, 2005
4. King-Shan Lui and Edmund Y. Lam, «Image Transmission in Sensor Networks», IEEE, 2005
5. L. Ferrigno, S. Marano, V. Paciolo, A. Pietrosanto, «Balancing computational and transmission power consumption in wireless image sensor networks», IEEE International Conference on VECIMS, 2005
6. H.H.Kenchannavar, S.S.Kudtarkar, U.P.Kulkarni, «Energy Efficient Data Processing In Visual Sensor Network», International Journal of CS & IT, 2010
7. R.Zilan, J.M.Barcelo-Ordinas, B.Tavli, «Image Recognition Traffic Patterns for Wireless Multimedia Sensor Networks», Wireless Systems and Mobility in Next Generation Internet, 2008
8. Zhiwei He, Jilin Liu, Hongqing Ma, and Peihong Li, «A New Automatic Extraction Method of Container Identity Codes», IEEE, 2005

### ИСПЫТАНИЯ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА ПО СИГНАЛУ GSM

*М.М. Ковалев*

*факультет Информационных технологий и  
вычислительной техники*

#### Аннотация

В данной работе рассказывается о реализации ранее предложенного алгоритма одномерного позиционирования наземного транспорта в виде прототипа программно-аппаратного комплекса; процессе и результатах полевых испытаний этого комплекса; а также осуществляется анализ результатов испытаний и выдвигаются предложения по дальнейшему развитию и иным применениям алгоритма. В ходе испытаний была достигнута средняя погрешность позиционирования в 49 метров, что значительно лучше существующих систем триангуляции в мобильных сетях (погрешность порядка 100 метров), однако ещё не достигает точности спутникового позиционирования (погрешность порядка 10 метров). Анализ результатов показывает, что для улучшения точности работы необходимо применение методов, позволяющих выявлять скрытые закономерности в данных с лучшей точностью, чем применённая в работе полиномиальная регрессия.

#### Введение

Предложенный ранее алгоритм [1] создавался для решения следующей задачи: позиционирование и мониторинг наземного общественного транспорта с помощью установленных на транспортных средствах приёмно-передающих устройств, работающих в сетях GSM. Сама задача мониторинга встает перед различными субъектами, включая компании, предоставляющие интерактивные карты для пассажиров, или органы муниципального управления. В настоящий момент, данная задача решается путём

установки на транспортные средства устройств, представляющих собой объединённый приёмник сигналов спутниковой навигации (GPS или ГЛОНАСС) и передатчик собранных данных через мобильный интернет в сетях GSM. Было высказано предположение о возможности удешевления подобных систем путём отказа от спутниковой навигации в пользу использования уже имеющихся данных с GSM-модуля для осуществления позиционирования. Системы позиционирования на основе сигнала GSM уже существуют и используют в своей работе метод триангуляции. Погрешность подобных систем составляет порядка 100 метров, что существенно превышает таковую у систем спутниковой навигации (10 метров), а потому они обычно не применяются в системах мониторинга общественного транспорта. Однако, было отмечено, что в связи с наличием заранее определённого маршрута движения, для конкретной задачи позиционирования общественного транспорта, возможно отказаться от применения метода триангуляции, осуществляющего позиционирование на плоскости, и создать новый метод позиционирования на кривой, обеспечивающий значительно большую точность.

Данный алгоритм включает в себя несколько этапов. На первом этапе, в систему вручную заносятся данные о маршруте движения транспортного средства. Это позволяет системе перейти от двухмерных координат широты и долготы к одномерному пространству — единственной координатой становится расстояние от данной точки до некоторой выбранной точки начала маршрута. На этапе предварительного сбора данных, специальное устройство, оборудованное как приёмником GPS, так и модулем GSM, используется для замеров уровней сигналов от различных базовых станций (БС) сети GSM в различных точках маршрута. Затем, система анализирует эти данные и переходит в режим позиционирования. В режиме позиционирования уже устройство, установленное на транспортном средстве, и оборудованное только GSM-модулем, передаёт на сервер данные о принятых уровнях сигнала от различных БС. Сервер, на основании этих данных, высказывает предположение о наиболее вероятном местонахождении устройства. В данной работе будет рассказано об архитектуре созданного прототипа системы, ходе его испытаний и анализе результатов.

#### Архитектура системы

На рисунке 1 изображено взаимодействие различных компонентов системы.

Для эмуляции как прибора для сбора данных, так и

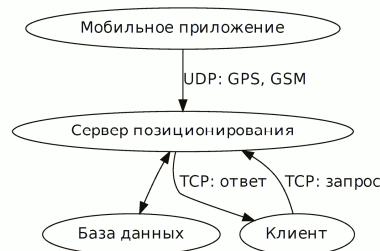


Рис. 1. Общая архитектура

прибора, устанавливаемого на транспортных средствах, было использован мобильный телефон под управлением ОС Android, оборудованный приёмником GPS. С этой целью, было написано приложение на языке Java, которое собирает данные о положении телефона, используя интерфейс LocationManager, и данные об уровнях сигнала от различных базовых станций, используя интерфейс NeighboringCellInfo. Собранные данные затем представляются в формате JSON, например: {"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}}. После этого, данные передаются через мобильный интернет по протоколу UDP на порт сервера 31415.

Сервер может работать в двух режимах. В режиме сбора данных, сервер принимает пакеты от мобильного приложения, преобразовывает двухмерные координаты в од-

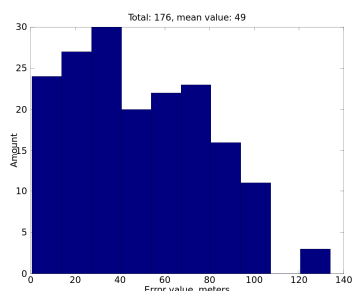


Рис. 2. Гистограмма ошибок позиционирования

номерные и сохраняет результаты замеров. Поскольку высока вероятность повторения результатов, используется следующий формат хранения: <координата точки на маршруте (dist), идентификатор базовой станции (CID), уровень сигнала (RSSI), количество раз, которое был сделан замер с таким результатом>. Данные сохраняются с помощью СУБД MySQL. В режиме тестирования сервер сначала анализирует данные, а потом работает аналогично режиму позиционирования, однако реально принимает ещё и данные от спутниковой навигации и сравнивает их с результатами позиционирования, благодаря чему появляется возможность исследования данных. Сервер написан на языке python с использованием математического пакета numpy.

Для визуального контроля было также написано графическое клиентское приложение, которое выводит на экран карту тестового участка и результаты позиционирования. Для этого, приложение открывает соединение с портом сервера 31416 по протоколу TCP, после чего сервер начинает посылать в открывшееся соединение данные позиционирования. Для реализации работы с графикой используется библиотека pygame.

#### Результаты испытаний

В ходе испытаний, на тестовом прямом участке маршрута длиной 400 метров было осуществлено 22675 замеров уровня сигнала, из них 10020 — с уникальными тройками <dist, CID, RSSI>. На рисунке 2 показана гистограмма ошибок позиционирования для 176 случайно выбранных тестовых замеров. Математическое ожидание ошибки составило 49 метров.

Рассмотрим подробнее процесс получения этих результатов. На примере обработки одного замера. На первом этапе, на сервер пришёл пакет с данными об уровнях сигналов шести различных базовых станций. Из базы данных осуществляется выборка предварительно сделанных замеров для каждой из них, после чего эти данные аппроксимируются методом полиномиальной регрессии. Данные и их аппроксимация для двух из шести станций изображены на рисунке 3.

На основании аппроксимированного уровня сигнала и фактически принятого уровня сигнала, для каждой БС строится функция псевдоплотности вероятности нахождения прибора в каждой точке маршрута. На рисунке 4 верхняя кривая представляет аппроксимированный уровень сигнала, а нижняя — псевдоплотность. Горизонтальная прямая — это фактически принятый уровень сигнала, а вертикальная — фактическое местонахождение прибора по данным GPS. Чем ближе в данной точке аппроксимированный уровень сигнала к фактическому, тем больше значение псевдоплотности.

После построения функций псевдоплотности для всех БС, они перемножаются, и ищется максимум полученной функции. На рисунке 5 изображена общая функция для всех 6 БС; вертикальная черта — фактическое положение; ошибка составила 22,5 метра.

#### Анализ результатов

На рисунке 3 легко заметить, что аппроксимация данных осуществляется многочленом малой степени, не более 5. Такая закономерность сохраняется для всех БС. С учётом того, что распространение сигнала в условиях городской застройки должно быть существенно неравномерным,

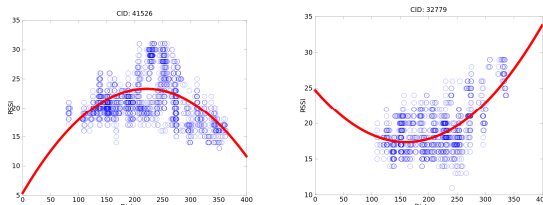


Рис. 3. Исходные данные и аппроксимация

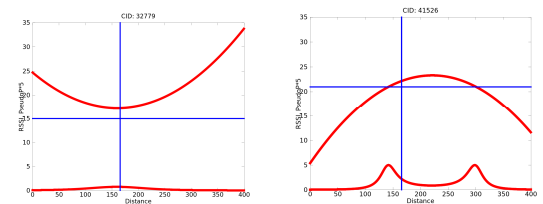


Рис. 4. Псевдоплотность вероятности

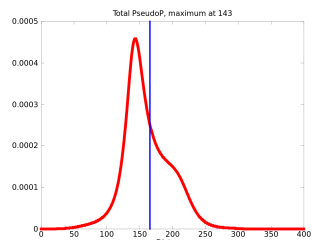


Рис. 5. Общая псевдоплотность

правдоподобным выглядит предположение о том, что полиномиальная регрессия не выявила всех скрытых закономерностей в данных. В качестве возможного улучшения предлагается при аппроксимации давать веса замерам не прямо пропорционально их количеству, а пропорционально целой степени их количества. Также, помимо сохранения значения сигнала, предлагается сохранять его дисперсию, а при позиционировании делать несколько замеров. Далее, при вычислении псевдоплотности, каждой БС давать вес, обратно пропорциональный произведению ожидаемой и реальной дисперсии в этой точке. Таким образом, более надёжные замеры будут иметь большее влияние.

#### Заключение

Созданный алгоритм в ходе проверки уже показал лучшие характеристики, чем триангуляция, однако ещё не достигает точности спутникового позиционирования. Были предложены пути для дальнейшего увеличения точности. Стоит также отметить, что алгоритм представляет собой нахождение  $X$  в терминах  $f_1(X) \dots f_n(X)$  при зашумлённых  $f$ . Подобные задачи возникают в различных областях, где алгоритм также может быть применён.

#### Список литературы:

1. М.М.Ковалев. Позиционирование наземного транспорта с помощью сигнала GSM. Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ. Тезисы докладов. — М.: МИЭМ, 2011. — 420. ISBN 978-5-94506-257-3. с.с. 29–30.