

**Институт информационных и
вычислительных технологий
МОН РК**



МАТЕРИАЛЫ

**Научной конференции
Института информационных и
вычислительных технологий
МОН РК**

**«Современные проблемы информатики и
вычислительных технологий»
29-30 июня 2017 года**



Алматы 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Абдикаликов К.А.	СЛЕПАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСЬ НА ОСНОВЕ КРИПТОСИСТЕМЫ RSA-M	4
Айнакулов Ж.Ж.	АЭРОФОТОСЪЕМКА ОТКРЫТЫХ ГОРНОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА	8
Алимхан К., Калимолдаев М.Н., Тасболатұлы Н.	ЖОҒАРЫ РЕТТІ АНЫҚТАЛМАҒАН СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІ ШЫҒЫС КОМПЕНСАТОРЫ ЖӘРДЕМІНДЕ КҮШТІ ПРАКТИКАЛЫҚ БАҚЫЛАУ	14
Амиргалиев Е. Н., Калижанова А.У., Козбакова А.Х. Шамиль-уулу Ш.	О ВИЗУАЛИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНЫХ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ	21
Amirgaliyev Ye.N., Mussabayev R.R., Tairova A.T., Kozbakova A.H., Mussabayev T.R.	DEVELOPING OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR LEXICAL, SYNTAX AND SYNTAGMATIC ANALYSIS OF KAZAKH TEXTS AND ITS EMOTIONAL CLASSIFICATION	25
Амиргалиев Е., Юнусов Р.	ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ – ТРИЛАТЕРАЦИЯ	29
Арсланов М.З.	ПОИСК КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ СЕТИ	36
Баев А.Ж., Нурсултанов Е.Д., Тлеуханова Н.Т.	ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ФУРЬЕ-УОЛША	42
Бияшев Р.Г., Варенников А.В., Нысанбаева С.Е.	АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛНЫХ КЛЮЧЕЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ШИФРОВАНИЯ НА БАЗЕ НЕПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ	44
Вальдемар Вуйцик, Найзабаева Л.Қ, Оразбеков Ж.Н.	ФИЛИАЛДАР ЖЕЛІСІН БАСҚАРУ ҮШІН ҮЛЕСТІРІЛГЕН ДЕРЕКТЕР ҚОРЫНЫҢ МОДЕЛІ МЕН КОРПОРАТИВТІК АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІ	48
Жатқанбаев А.А.	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ НА ГРАФАХ ДЛЯ ДОБАВЛЕНИЯ ПЕРЕСТАНОВОК В БЛОЧНЫХ ШИФРАХ ПРИ СКРЫТИИ ИНФОРМАЦИИ	59

2. Abuov Zh., Dzhunisbekov A. The phonetical writing of Kazakh text. – Alma-Ata: Science, 1991. – 83 pp.
3. Lobanov B. M., Tcirylnik L.I. Computer synthesis Computer synthesis and cloning of speech. Minsk, «Belarus science», 2008. – 344 p.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ – ТРИЛАТЕРАЦИЯ

Е. Амиргалиев, Р. Юнусов
e-mail: rassul.yunussov@sdu.edu.kz

*Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК,
Казахстан*

Аннотация

В статье рассматривается способ получения положения объекта внутри помещения и проблемы определения точности расчетов с использованием беспроводных сетей передачи данных. Используется латерация, процесс определения абсолютного или относительного местоположения точек путем измерения расстояний, используя геометрию кругов, сфер или треугольников. Для плоскости данная задача получила наименование Трилатерация - так как необходимое количество известных точек равно 3-м. В трехмерном пространстве, решение возможно при наличии большего количества объектов с известными координатами и расстояниями до них. От 3-х, если они расположены на одной линии и более, когда расположение их свободно.

Ключевые слова: *навигация, трилатерация, координаты, маячок, радиосигнал, LBS, латерация, трилатерация*

Актуальность проблемы

Информация, которая может быть доступна при получении данных о внутреннем положении объектов в помещении может быть использована для решения различных актуальных задач начиная с логистики и кончая маркетингом. Одна из таких задач - эвакуация людей из опасных закрытых зон. Проблема построения оптимального маршрута для каждого участника эвакуации на основе информации о доступности прохода, о количестве кандидатов на прохождение через участок [1]. Другая задача - тактическое планирование перемещения мобильных групп при выполнении задания, где данные о текущем положении имеют большое значение.

Один из наиболее ярких примеров применения навигации внутри помещений – аудиогиды. Это автоматические системы включения звукового сопровождения в соответствии с положением объекта внутри помещения, что значительно увеличивает проходимость в музеях и снижает расходы на содержание персонала.

Суть метода трилатерации

Трилатерации состоит в определении координат пунктов, расположенных в вершинах треугольников всей сети, через измерения длин сторон между ними. Характерная схема ряда трилатерации показана на рис.1. По исходным данным известных координат смежных пунктов (А, В), расстоянию между ними (b), а также по

измеряемым длинам сторон и вычисленным горизонтальным проложениям d_1, d_2, d_3 и так далее до другой стороны (b_1) ряда между пунктами С и D получают конечный результат. Математический аппарат в виде теоремы косинусов и прямой геодезической задачи позволяет вычислить соответственно неизвестные горизонтальные углы и искомые координаты вершин треугольников.

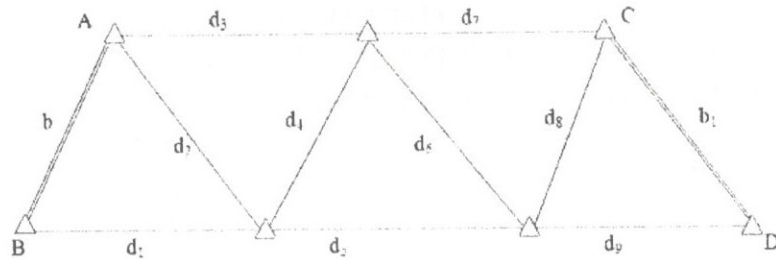


Рисунок 1 - Сеть треугольников, получаемая в геодезии для получения координат измеряемых объектов

Таким образом по горизонтальным положениям и направляющим углам (с использованием тригонометрических функций) можно найти приращения координат, через которые получают координаты геодезических пунктов.

Существующие решения

1) Навигация по Wi-Fi. Используются данные о потере мощности сигнала. Требуется предварительная работа по точному заданию координат каждого Wi-Fi роутера. Точность до 2 метров. Имеет недостатки, такие как защита устройств от рекламной слежки [5].

2) Геомагнитное позиционирование. Основано на ориентировании по магнитному полю Земли и базируется на геомагнитных аномалиях как критериях для геомагнитного позиционирования (аномалии возникают вследствие неоднородности геомагнитного поля). Заключается в фиксации геомагнитных аномалий и нанесении их на карту территории, на которой предполагается ориентироваться. В дальнейшем навигация производится по составленной карте устройством, в которое встроен магнитометр. Высокая сложность реализации и невысокая точность делают решение не масштабируемым и неэффективным в большинстве случаев [4].

3) Системы спутниковой навигации (GPS/Глонасс и т.д.) + инерциальные навигационные системы (ИНС). Используется при периодической потере открытой видимости. Удобно для коротких промежутков, вроде тоннелей. В ИНС ошибки постоянно накапливаются, и со временем данные, полученные с ИНС, становятся все более и более отличными от действительности. Поэтому на затяжных сложных участках точность резко падает [4].

4) Ориентирование по базовым станциям операторов сотовой связи (GSM). Минусы – невысокая точность (БС может быть удалена на расстоянии в 35км от пользователя + некоторые БС являются мобильными и постоянно меняют свою дислокацию) [4].

5) Использование Bluetooth-маячков Beacon – даёт достаточную точность при приемлемом уровне финансовых затрат. Именно данную технологию рассмотрим подробнее в статье.

б) **Навигация, основанная на синергетическом эффекте** – решает задачу определения текущего местоположения, используя все (или большинство) из перечисленных выше способов. Эффективность достигается за счёт того, что мы используем сразу несколько векторов определения координат, что способствует компенсации ошибок и повышению точности определения координат [4].

Решение задачи с использованием данных о затухании сигнала

Для нахождения расстояний используется модель распространения радиоволн, требующий калибровки некоторых параметров, зависящих от особенностей среды:

$$PL(d) = P_t - P(d) = PL(d_0) + n 10 \lg \frac{d}{d_0}$$

где d — расстояние до агента, $PL(d)$ — потеря мощности сигнала на расстоянии d , P_t — мощность передатчика, $P(d)$ — мощность сигнала на приемнике на расстоянии d , d_0 — расстояние 1 метр, n — коэффициент распространения сигнала в среде. На рис. 2 изображены геометрические подходы к решению задачи позиционирования, где, r_i — расстояние до i -й точки доступа от агента.

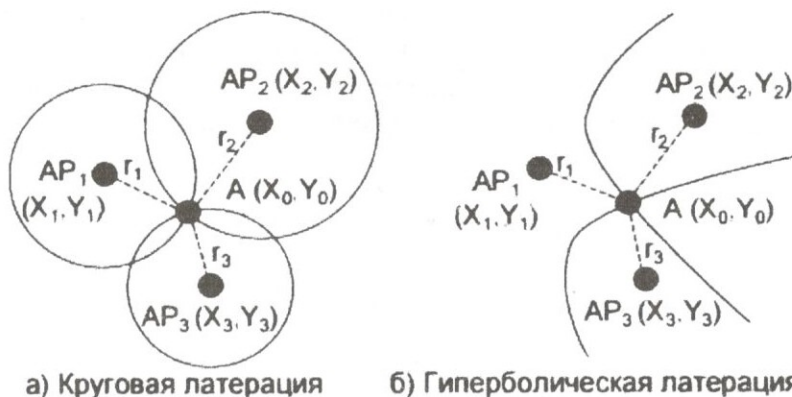


Рисунок 2 - Геометрические подходы к решению задачи позиционирования

Круговая латерация (рис. 2) основана на расстоянии между искомой точкой и точками доступа. Для вычисления координат агента, необходимо решить систему из уравнений вида:

$$r_i = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \quad [6]$$

Гиперболическая латерация (рис. 2) основана на разнице расстояний между агентом и точками доступа. Для вычисления координат агента, необходимо решить систему из уравнений вида:

$$d_{ij} = r_i - r_j = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} - \sqrt{(X_j - X_0)^2 + (Y_j - Y_0)^2} \quad [6]$$

Достоинством алгоритма является достаточно высокая точность, при соответствующих параметрах среды. Недостатком алгоритма является необходимость

тщательного построения модели распространения сигнала в каждой конкретной среде, для каждой отдельной точки доступа, что в конечном итоге не гарантирует очень высокую точность, в результате возникновения в помещении таких эффектов как, затухание и отражение сигнала, моделирование которых является весьма проблемной задачей.

Дифференциальная латерация (Differential lateration)

Данный алгоритм является альтернативой предыдущего и представляет собой метод аппроксимации, основанный на переборе возможных координат агента, с целью нахождения ближайшей точки к месту пересечения окружностей. Преимуществом данного алгоритма является отсутствие необходимости калибровки параметров в модели распространения сигнала. Алгоритм представлен в следующих вариантах реализации:

Вариант 1. Координаты агента вычисляются через минимизацию функционала, ядром которого является отношение затуханий сигнала от 1 и i -й точек доступа до произвольной точки с координатами (x, y) . Будем считать, что коэффициент затухания сигнала, выраженный в децибелах, соответствует формуле:

$$P(d) = P_0 - n10 \lg d.$$

где d — расстояние до агента, P_0 — значение мощности сигнала на расстоянии одного метра и n — коэффициент распространения сигнала. Значения P_0 и n неизвестны. Для того, чтобы избавиться от этих неопределенных параметров, необходимо оценить положение агента через минимизацию следующего функционала:

$$\begin{cases} (X_0, Y_0) = \operatorname{argmin}[\gamma(x, y)] \\ \gamma(x, y) = \sum_{i=2}^N \left| \frac{P_i}{P_1} - \frac{\lg[d_i(x, y)]}{\lg[d_1(x, y)]} \right|^2. \end{cases}$$

где d_1 и d_i — расстояния соответственно от 1 и i -й точки доступа до текущей точки с координатами (x, y) . [5]

Вариант 2. Координаты агента также вычисляются через минимизацию функционала, ядром которого является отношение затуханий сигнала от 1 и i -й точек доступа. Однако перед этим происходит оценка параметров в модели распространения сигнала путем минимизации среднеквадратической ошибки:

$$\begin{bmatrix} P_0 \\ n \end{bmatrix} = (M^T M)^{-1} M^T P, \quad M = \begin{bmatrix} 1 & -10 \lg d_1 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & -10 \lg d_T \end{bmatrix}, \quad P = \begin{bmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_K \end{bmatrix}.$$

Тогда координаты агента могут быть оценены через минимизацию нового функционала:

$$\begin{cases} (X_0, Y_0) = \operatorname{argmin}[\gamma(x, y)] \\ \gamma(x, y) = \sum_{i=2}^N \left| \frac{P_i}{P_1} - \frac{P_0 - n10 \lg[d_i(x, y)]}{P_0 - n10 \lg[d_1(x, y)]} \right|^2. \end{cases} \quad [6]$$

Вариант 3. Координаты агента вычисляются через минимизацию функционала, ядром которого является разность затуханий сигнала от 1 и i-й точек доступа. Этот алгоритм является модификацией варианта 2. Функционал для минимизации определяется следующим выражением:

$$\begin{cases} (X_0, Y_0) = \operatorname{argmin}[\gamma(x, y)], \\ \gamma(x, y) = \sum_{i=2}^N |(P_i - P_1) - ((P_0 - n10 \lg[d_i(x, y)]) - (P_0 - n10 \lg[d_1(x, y)]))|^2 \end{cases}$$

Преимуществами являются простота реализации и достаточно высокая точность. Варианты алгоритма 2 и 3 демонстрируют еще более высокую точность, так как производится оценка параметров для модели распространения сигнала. К недостаткам можно отнести повышенную вычислительную сложность $O(N \cdot K)$, где K — количество точек для перебора. Для повышения качества работы алгоритма необходимо начальное приближение, что позволит уменьшить вычислительную сложность. Данный алгоритм можно отнести как к базовым, так и улучшающим, причем, не требуются предварительные измерения [6].

Использование аппаратных средств Beacon

В плане физической реализации Beacon-маячки (рисунок 3) – это Bluetooth 4.0 LE (Low Energy) устройства. Типичный Beacon-маячок имеет довольно компактные размеры, и способен проработать всего лишь от одной батарейки до двух лет. Дальность действия маячка – в среднем 10 метров (варьируется от 15-20см до 25-40м в зависимости от модели и настроек). Периодичность выдачи данных – 200мс, но можно настроить и на более частую периодичность, и на более редкую. Маячок является простым устройством, который только выдаёт всем подряд в эфир свои данные [10].

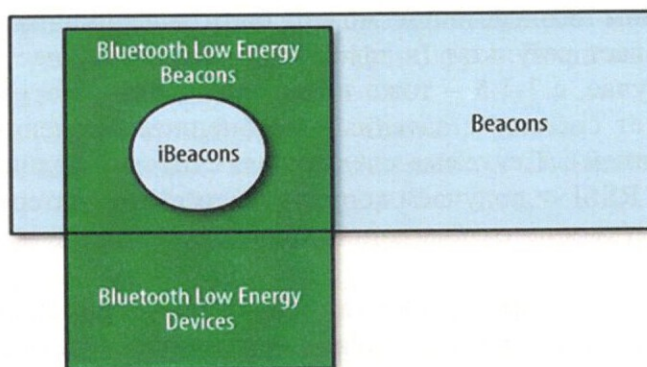


Рисунок 3 - Схема Beacon маячка

Для реализации трилатерации с использованием таких маячков - необходимо их равномерно разместить по всему периметру здания. А так же иметь метрические характеристики здания и координаты установки маячков в локальной системе. Каждый маячок передает в своем сообщении значение силы сигнала - TX Power. Это – эталонное значение мощности маячка, представляющее собой силу сигнала на расстоянии в 1 метр от маячка. Измеряется и записывается в маячок 1 раз при его производстве. Данная константа используется при определении расстояния от пользователя до маячка. Первый бит является знаковым (1 – «-», 0 – «+») [11].

Чтобы определить положение в пространстве подвижного объекта необходимо получить информацию о расстоянии до маячков. Это нам позволяет сделать параметр RSSI (Received Signal Strength Indicator), вычисляемый пользовательским Bluetooth-приёмником на основе силы принимаемого сигнала. Чем выше значение этого параметра – тем ближе объект находится к маячку. TX Power – это и есть RSSI, только эталонный, измеренный производителем маячка на расстоянии 1 метра от него. Для определения расстояния до маячка (в метрах) используется текущее значение RSSI, и эталонный TX Power для коррекции.

Сложность вычисления координат на основе получения данных о затухании радиосигнала связана с тем, что параметр RSSI не стабилен. Это происходит из-за следующих факторов:

- Ориентация и характеристика направленности излучения или приёма антенной маячка/пользовательского устройства
- Присутствие крупных экранирующих объектов (человек таковым тоже является) по направлению от маячка до устройства
- Наличие поблизости поверхностей из материалов, хорошо отражающих радиосигнал, а также большое скопление маячков Beacon на одной территории, за счёт многолучевой интерференции с основным лучём [5]

Для того, чтобы снизить разброс значений RSSI можно усреднить их путем использования буфера накаливания данных и усредняя их ползущим окном.

Далее можно выбрать только три лучших по показателям усреднения RSSI маячка. И уже используя их получить координаты подвижного объекта на основе применяемой формулы трилатерации [4].

Даже если объект не движется - его вычисляемое местоположение будет с погрешностью до 3 м. Показатель можно улучшить путем дальнейшей математической обработкам полученных результатов. Для этого можно воспользоваться фильтром Калмана [12].

В фильтре имеется возможность учитывать управляющее воздействие. Например, таким управляющим воздействием может быть информация с акселерометра, что значительно улучшает результат (в таком варианте погрешность составляет уже не 3 метра в нашем случае, а 1-1.5 – тоже не мало, но связано отчасти с тем, что фильтр Калмана использует систему с заданным уравнением движения, а мы имеем дело с хаотичным движением). Т.е. схема следующая: считаем средние RSSI -> выбираем 3 маячка с лучшими RSSI -> получаем координату путём трилатерации -> подаём на вход фильтра Калмана (вместе с показаниями акселерометра в качестве управляющего воздействия).

Есть возможность уменьшения погрешности – применять сразу 2 системы – помимо основного определения положения при помощи Beacon маячков, использовать для коррекции этого положения инерциальную навигационную систему, состоящую из акселерометра, гироскопа и компаса [12].

Заключение

Поиск объектов и их координат в закрытых пространствах можно осуществлять различными способами. Как путем наружного наблюдения, так и с использованием специализированных аппаратных средств. При использовании маячков с радиосигналом можно воспользоваться методом трилатерации, который хорошо себя показывает на практике и дает относительно точное положение объектов в пространстве. В задачах эвакуации это бы помогло значительно повысить шансы людей на выживание, путем

предоставления им информации об оптимальном маршруте эвакуации, а спасательным бригадам точно применять свои усилия для спасения людей.

Следует отметить, что модель расчета и получения координат опирается на существующие алгоритмы усреднения значений и фильтры для улучшения показателей точности. В дальнейшем планируется использование нейронных сетей для улучшения качественных показателей точности определения координат в закрытом помещении.

Литература

1. Yedilkhan Amirgaliyev, Rassul Yunussov, Orken Mamyrbayev, Optimization of people evacuation plans on the basis of wireless sensor networks // Open Engineering. Volume 6, Issue 1, ISSN (Online) 2391-5439, DOI: 10.1515/eng-2016-0026, September 2016

2. Википедия (свободная энциклопедия) дала описание терминов и позволила быстро найти необходимую связанную с данными терминами информацию.

3. Google I/O 2013 — The Next Frontier: Indoor Maps данная конференция довольно точно и кратко описывает важность indoor-навигации в помещениях, а также позволяет осознать насколько разнообразны применения данного вида навигации.

4. «An evaluation of indoor location determination technologies» Kevin Curran, Eoghan Furey

Данная книга позволяет лучше понять термины, которые возникли в процессе исследования этой проблемы и предполагает новые возможности применения данной системы. Так же эта книга дает представление о самых популярных используемых на данный момент способах определения местоположения и позволяет понять, возможно ли осуществление идеи, предложенной в этой работе технически.

5. «Основы геоинформатики» Тикунов В. С. дала представление о том, что такое ГИС, позиционные и непозиционные пространственные данные, а также в ней описаны требования к БД карт, что карта является результатом обработки и визуализации данных, организованных и структурированных в виде базы географических данных.

6. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств Р.М. Миниахметов, А.А. Рогов, М.Л. Цымблер. Вестник ЮУрГУ. Серия «Вычислительная математика и информатика»

7. Google Maps [Электронный ресурс] - Электр. Данные

8. Brinker, R.C. and Minnick, R. 12. Trilateration // The Surveying Handbook. — Chapman & Hall, 1995

9. Gateguru. URL: <http://gateguru.com/about.html>

10. Bluetooth Low Energy. URL: <http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le.html>

11. Статья: Применение маячков beacon и технологии bluetooth low energy для построения систем навигации в зданиях. Фальков Е.В., Романов А.Ю. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-mayachkov-beacon-i-tehnologii-bluetooth-low-energy-dlya-postroeniya-sistem-navigatsii-v-zdaniyah>

12. Фильтр Калмана // URL: <https://habrahabr.ru/post/166693/>