

МЕТОДЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Т. А. Москаленко¹, Р. В. Киричек¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация
Адрес для переписки: ruslan.stk@gmail.com

Информация о статье

УДК 004.75

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 15.01.16, принята к печати 16.02.16.

Ссылка для цитирования: Москаленко Т. А., Киричек Р. В. Методы позиционирования робототехнических систем внутри помещения на базе телекоммуникационных технологий // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 1. С. 37–45.

Аннотация

Предмет исследования. Статья посвящена исследованию методов позиционирования робототехнических систем внутри помещений - одному из актуальных направлений в различных отраслях деятельности, становящееся все более востребованным на рынке. **Метод.** В качестве метода исследования применяется сравнительный анализ существующих телекоммуникационных технологий и компьютерное моделирование в среде AnyLogic. **Основные результаты.** Приведены результаты имитационного моделирования, а именно получено максимальное число меток, которое может быть обслужено в системах. **Практическая значимость.** Приведены рекомендации по выбору телекоммуникационных технологий для позиционирования робототехнических систем внутри помещения.

Ключевые слова

indoor-навигация, позиционирование робототехнических систем, UWB, RTLS.

ROBOTIC INDOOR POSITIONING METHODS BASED ON TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES

T. Moskalenko¹, R. Kirichek¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation
Corresponding author: ruslan.stk@gmail.com



Article info

Article in Russian.

Received 15.01.16, accepted 16.02.16.

For citation: Moskalenko T., Kirichek R.: Robotic Indoor Positioning Methods Based on Telecommunication Technologies // Telecom IT. 2016. Vol. 4. Iss. 1. pp. 37–45 (in Russian).

Abstract

Subject of Study. The article concentrates on the research of robotic indoor positioning methods – one of the current trend in different spheres of activity becoming more and more popular in the market.

Method. The research methods are comparative analysis of existing telecommunication technologies and computing modelling in AnyLogic. **Core results.** The article contains the results of service-simulating tests in particular calculated maximum tags value that can be serviced in the positioning systems. **Practical significance.** The article presents recommendation of choosing the telecommunication technologies for designing robotic indoor positioning systems.

Keywords

indoor-navigation, robotic positioning, UWB, RTLS.

Введение

Позиционирование внутри помещения, или процесс определения роботом его положения в пространстве, является одной из основных нерешенных проблем в области навигации робототехнических систем [1].

По точке начала отсчета системы позиционирования разделяют на:

- глобальная – определение абсолютных координат в пространстве;
- локальная – определение координат относительно заданных точек (*anchor*);
- персональная – определение положения одних частей устройства относительно других;

• гибридная – совокупность разных методов и средств.

Классификация по способу получения координат:

- пассивная – прием информации о координатах и характеристиках движения от внешних источников, объект сам не излучает сигнал;
- активная – определение местоположения собственными силами, анализируя собственный отраженный сигнал (радио-, опτικο-, ультразвуковой сигнал) (акселерометр, гироскоп, одометр-измерение расстояния по вращению колеса у машин).

Множество областей применения обеспечивает разнообразие технологий позиционирования, обеспечивающих определенное качество и точность параметров. Рассмотрим основные из существующих на сегодняшний день телекоммуникационных технологий, при помощи которых возможно реализовать позиционирование в режиме реального времени (RTLS).

Спутниковые системы

Спутниковые радионавигационные системы, например, GPS и ГЛОНАСС (глобальные навигационные спутниковые системы) созданы специально для целей навигации и позволяют получить информацию о положении в пространстве: географических координатах и высоте. Принцип работы основан на измерении расстояния от спутника до антенны на устройстве при помощи радиосигналов. Эффективность и точность подобных устройств в значительной степени зависит



от характеристик среды. Так как спутниковые системы работают в дециметровом диапазоне радиоволн, довольно сложно определить положение внутри железобетонного здания или при неблагоприятных погодных условиях. Погрешность данного метода от 1 до 6 метров, что является неприемлемым для малых и средних робототехнических систем. В местах затухания, блокировки или искажения сигнала, в частности в закрытом помещении, возможно использование репитеров, чей принцип действия основан на ретрансляции сигнала со спутника. Однако стоимость таких систем довольно высока.

Wi-Fi

Позиционирование при помощи сигналов Wi-Fi, так же, как и технология BLE, описанная выше, измеряет расстояние по уровню сигнала [2]. RTLS на базе данной технологии является наиболее доступным методом в связи с развитой инфраструктурой сетей на базе Wi-Fi точек доступа и не требует дополнительного дорогостоящего оборудования. Практически все беспроводные приемопередатчики измеряют уровень входного сигнала и возвращают параметр индикатор силы принятого сигнала, на основании которого вычисляются координаты. Проблемы данного способа в том, что при слабом сигнале в зоне точки доступа Wi-Fi нельзя утверждать, что объект находится далеко. Слабый сигнал может быть вызван внешними факторами: заграждением, затуханием и другими [3]. Также точки доступа могут перемещаться, а, следовательно, составление базы данных о точках доступа с возможностью динамического обновления – одно из обязательств, накладывающихся на реализацию навигации на базе телекоммуникационной технологии Wi-Fi.

GSM

RTLS основывается на определении текущего местоположения мобильного терминала пользователя. Позиционирование в сотовых сетях широко распространено благодаря огромному количеству абонентов и реализовано несколькими методами. Первый, простейший метод, основан на определении координат мобильного терминала по известному идентификатору соты Cell Identifier. Одним из достоинств данного метода является то, что не требуется обновления клиентского аппарата, на базовой станции (BS) устанавливается соответствующее оборудование. Координаты вычисляются на основе знания примерного радиуса действия конкретной базовой станции. Однако точность позиционирования при высокой плотности BS составляет 100–150 м, а на окраинах городов или в сельской местности снижается до десятков километров. Другой способ полагается на оценку времени прибытия сигнала, то есть измерение времени прохождения сигнала от абонента до трех ближайших BS. Точность достигает 125 м. Существует и гибридный метод, A-GPS (Вспомогательная GPS), использующий систему GPS совместно с GSM для определения координат. Однако данный вариант гораздо сложнее, и требует определенных затрат.

Инфракрасное и ультразвуковое излучение

В системах локального позиционирования при помощи инфракрасного излучения координаты рассчитываются по времени прохождения периодического им-



пульса, испускаемого объектом, от источника до приемника. Недостатками данного метода являются помехи от солнечного света и невысокая относительная точность. Используя инфракрасный лазер, можно повысить точность измерений до 10 см, однако это дорогостоящие системы.

RTLS на базе ультразвуковых датчиков работают по аналогичному принципу источник – приемник. На объекте устанавливается источник ультразвуковых волн, а приемники размещаются в помещении в определенном порядке. Для вычисления координат на плоскости достаточно получать данные с трех приемников. Для определения положения в пространстве, включая высоту, необходимо иметь не менее четырех приемников волн. Точность измерения в идеальных условиях достигает порядка 3–5 см. Недостатком данного способа является необходимость строго планирования размещения датчиков – приемников ультразвуковых волн.

Bluetooth Low Energy

На базе беспроводной технологии Bluetooth LE реализован один из методов измерения расстояния по уровню радиосигнала. Основными достоинствами данной технологии является компактный размер устройства и сверхмалое энергопотребление. В качестве сенсоров служат карманные Bluetooth-передатчики, координаты которых постоянны и известны. Передатчики с заданной периодичностью производят широковещательную рассылку, содержащую их собственный ID (идентифицирующая информация). Объект получает эти данные и на основе силы сигнала, следовательно, удаленности от каждого из сенсоров, определяет свое местоположение (рис. 1). Примером реализации данного метода на практике является технология Beacon [4].

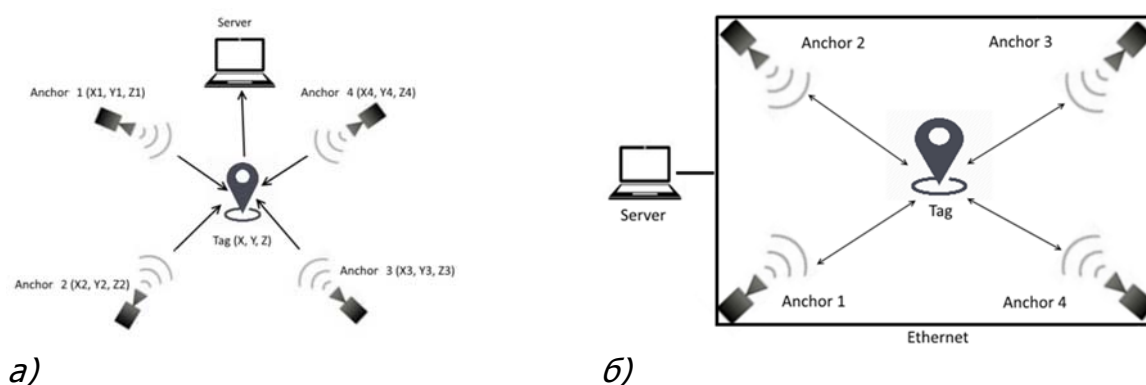


Рис. 1. Варианты архитектуры систем позиционирования
а) беспроводная архитектура; б) проводная архитектура

UWB

UWB – одна из радиочастотных технологий, позволяющая создать систему позиционирования в режиме реального времени в помещении¹. В России сигналы UWB называются сверхширокополосными сигналами (СШП). Такие сигналы рас-

¹ Решения для определения местоположения объектов и слежения за перемещением компании Ekahau / URL: <http://www.ubitel.ru/solutions/ekahau/>



пространяются с частотой 3–10 ГГц и маленькой мощностью. Сверхширокая полоса пропускания обеспечивает более точное измерение расстояния по сравнению с другими радиочастотными технологиями. Точность определения координат может достигать нескольких сантиметров, что и необходимо для робототехнических систем. Сверхширокополосные сигналы не зависят от многолучевого распространения благодаря очень коротким импульсам, не более 1 нс, то есть отраженный сигнал приходит уже после того как был передан основной. Практическая реализация представляет собой устройство – передатчик, закрепленный на объекте, 3 и более стационарных точек – приемников сигнала. По известным координатам точек – приемников и временем получения сигнала от передатчика вычисляется местоположение объекта (рис. 1).

Имитационное моделирование систем позиционирования в пакете Anylogic

Исходя из задач дальнейших исследований, представим систему определения координат метки в качестве системы массового обслуживания (СМО) и построим модель в среде AnyLogic². Для этого рассмотрим существующие архитектуры систем позиционирования.

Основным отличием беспроводной и проводной архитектуры от системы Swarm в результате измерений: в первом случае получаем абсолютные координаты в пространстве, во втором – относительные.

Беспроводная архитектура имеет следующий алгоритм работы: маяки отправляют свои координаты меткам с заданной периодичностью, метки в свою очередь по радиоэффиру пересылают полученные данные базе, где вычисляется положения меток. Данную структуру можно представить в виде одноканальной СМО с ожиданием (рис. 2), где:

- Tag – заявки, формирующиеся метками;
- Buffer – количество заявок, которое может храниться в ОС базы, ожидая обслуживания;
- Base – сервер, который производит расчеты и обработку результатов;
- Result – уничтожение заявок после их обслуживания.

В качестве исходных данных взяты следующие параметры: количество измерений – от 50 до 70 раз в секунду, средний размер пакетов – 12 байт, вместимость буфера метки – 5 заявок, скорость передачи – 115 кбит/с, 250 кбит/с, 1 Мбит/с.



Рис. 2. Имитационная модель одноканальной СМО с ожиданием, построенная в среде AnyLogic

На рис. 3 интенсивность поступления заявок от меток (а) и диаграмма распределения времени обработки заявок (б) в одноканальной модели СМО с ожиданием.

² Locate Beacon Mobile App _ BLE AltBeacon and iBeacon Proximity Beacons, Developer Kit, and Accessories – Radius Networks Store / URL: <http://store.radiusnetworks.com/products/locate-ibeacon-app/>



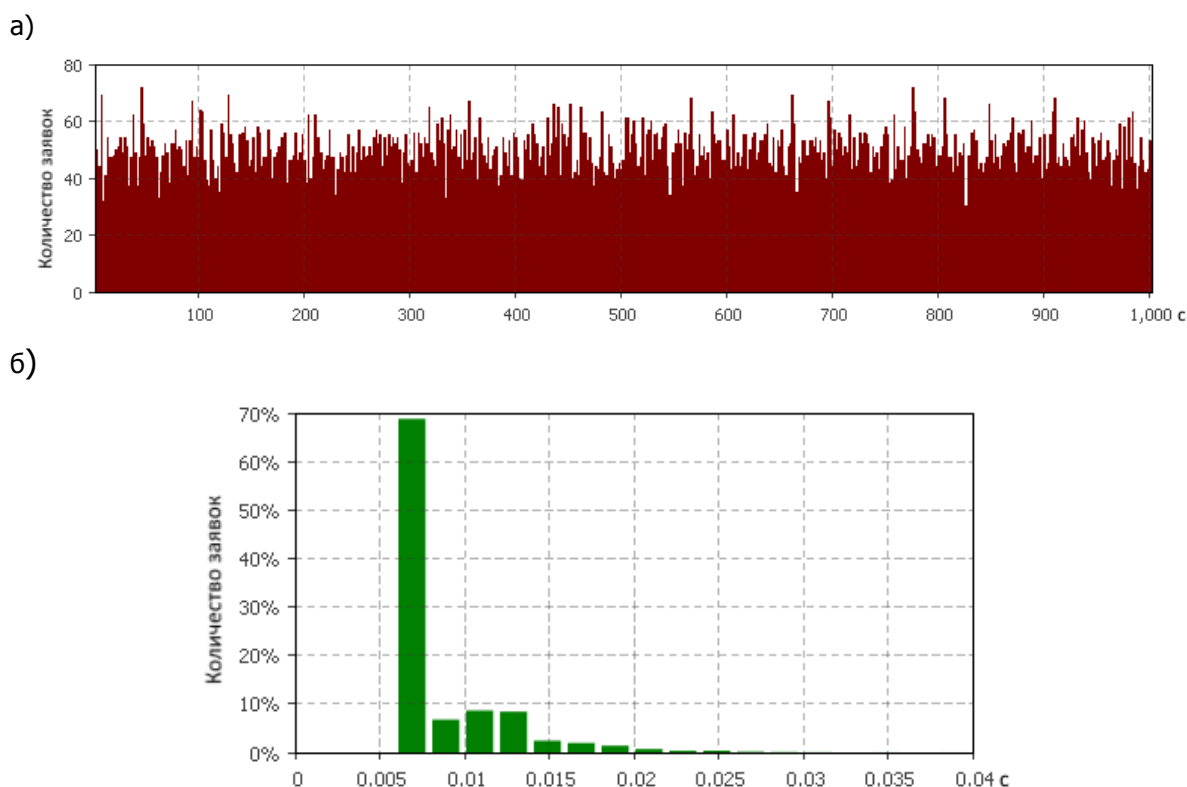


Рис. 3. Одноканальная модель СМО с ожиданием: а) интенсивность поступления заявок от меток; б) диаграмма распределения времени обработки заявок

Согласно проводной архитектуре системы позиционирования маяки, зная свои координаты, рассчитывают расстояние до меток и, используя кабельную инфраструктуру, отправляют значения базе для дальнейшего вычисления местоположения меток. Данный метод представляет собой многоканальную СМО с ожиданием (рис. 4), где:

- Tag – заявки, формирующиеся метками;
- queue – буфер заявок, ожидающих приема;
- Anchor – маяки, вычисляющие расстояние до метки;
- Base – сервер, который производит расчеты и обработку результатов;
- Result – уничтожение заявок после их обслуживания.

Скорости передачи на участке с кабельной инфраструктурой – 100 Мбит/с.

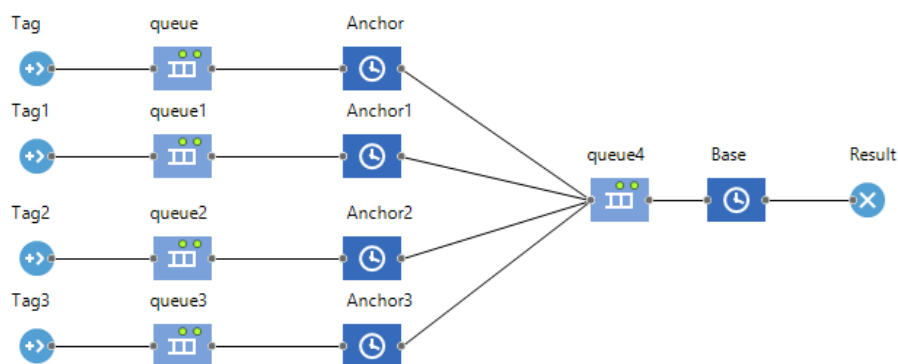
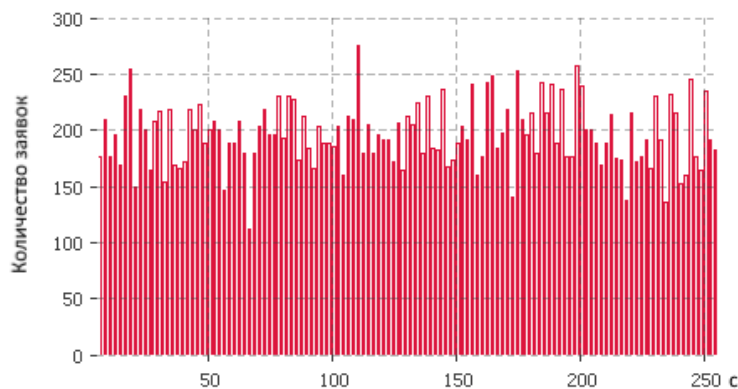


Рис. 4. Имитационная модель многоканальной СМО с ожиданием, построенная в среде AnyLogic



На рис. 5 интенсивность поступления заявок от меток (а) и диаграмма распределения времени обработки заявок (б) в многоканальной модели СМО с ожиданием.

а)



б)

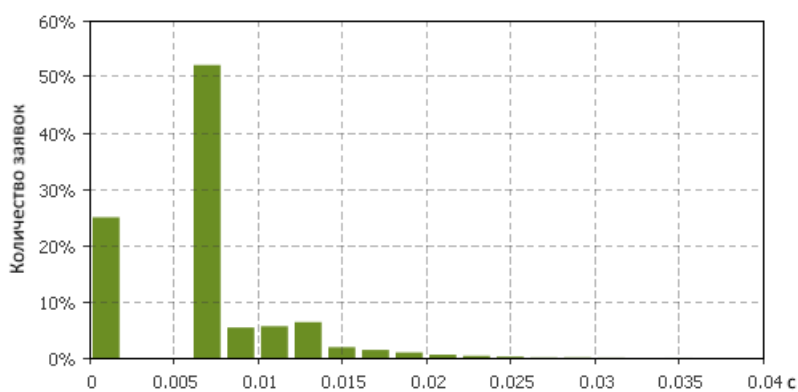


Рис. 5. Многоканальная модель СМО с ожиданием: а) интенсивность поступления заявок от меток; б) диаграмма распределения времени обработки заявок

Рассматривая приведенные выше архитектуры систем позиционирования внутри помещения, и сравнивая время обработки заявок (рис. 3, рис. 5), можно заметить, что скорость обработки заявок во второй системе примерно в 4 раза больше, чем в первой. Результаты моделирования представлены в таблице.

Таблица.

Результаты моделирования в среде Anylogic

Скорость передачи	Максимальное количество меток в беспроводной архитектуре	Максимальное количество меток в проводной архитектуре
115 кбит/с	8	24
250 кбит/с	19	51
1 Мбит/с	75	201

Недостатками систем являются ограниченность пропускной способности телекоммуникационных технологий в беспроводной архитектуре и ограниченность производительности сервера в проводной.



Заключение

Возвращаясь к целям данного анализа, необходимо учесть конкретные задачи RTLS робототехнических систем. Для обеспечения надежного indoor-позиционирования в рамках концепции Интернета Вещей должны выполняться следующие требования [5]:

- быстрота и точность определения местоположения;
- устойчивость к внешним помехам;
- низкая нагрузка на сеть;
- длительное сохранение заряда батареи.

Все рассмотренные выше телекоммуникационные технологии имеют свои преимущества и недостатки и имеют место в современных системах позиционирования. Для дальнейших исследований в лаборатории Интернета Вещей [6] выбраны технологии на базе сверхширокополосных сигналов и Bluetooth Low Energy как наиболее удовлетворяющие потребностям концепции Интернета Вещей.

Литература

1. Киричек Р. В., Кучерявый А. Е., Парамонов А. И., Прокопьев А. В. Эволюция исследований в области беспроводных сенсорных сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2014. № 4. С. 29–41.
2. Костык И. Н., Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В. Сравнение эффективности позиционирования для сетей Bluetooth, Wi-Fi и ZigBee // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2. С. 53–61.
3. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of Things Laboratory Test Bed // Lecture Notes in Electrical Engineering – Heidelberg: Springer, 2016. Vol. 348. pp. 485–494.
4. Ассанович Б. А. UWB: на большой скорости по сверхширокой полосе // Технологии и средства связи. 2007. № 5. С. 50–54.
5. Kirichek R., Vladyko A., Zakharov M., Koucheryavy A. Model networks for internet of things and sdn // 18th International conference on advanced communication technology (ICACT) – Phoenix Park, Korea: IEEE, 2016. pp. 76–79.
6. Мезенцев К. Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1 : учебное пособие. Часть 2 / под ред. А. Б. Николаева; МАДИ. – М. , 2011. 103 с.

Referencts

1. Kirichek R. V., Kucheryavy A. E., Paramonov A. I., Prokop'ev A. V. Evolution of Research in the Field of Wireless Sensor Networks // Telecom IT. 2014. no. 4. pp. 29–41.
2. Kostyk I. N., Kucheryavy A. E., Prokop'ev A. V. Comparison of the Effectiveness of Positioning for Bluetooth Networks, Wi-Fi and ZigBee // Telecom IT. 2015. no. 2. pp. 53–61.
3. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of Things Laboratory Test Bed // Lecture Notes in Electrical Engineering – Heidelberg: Springer, 2016. Vol. 348. pp. 485–494.
4. Assanovich B. A. UWB: at High Speed for Ultra-Wide Band // Tekhnologii i sredstva svyazi. 2007. no. 5. pp. 50–54.
5. Kirichek R., Vladyko A., Zakharov M., Koucheryavy A. Model Networks for Internet of Things and SDN // 18th International conference on advanced communication technology (ICACT) – Phoenix Park, Korea: IEEE, 2016. pp. 76–79.
6. Mezencev K. N. Modelirovanie sistem v srede AnyLogic 6.4.1 : uchebnoe posobie. Chast' 2 (Simulation of Systems in the Environment AnyLogic 6.4.1: a Tutorial. Part 2) / pod red. A. B. Nikolaeva; MADI. – Moscow, 2011. 103 p.

Москаленко Татьяна Андреевна

– студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, moskalenko.tanua@gmail.com



Киричек Руслан Валентинович

– кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, ruslan.stk@gmail.com

Moskalenko Tatyana

– student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, moskalenko.tanua@gmail.com

Kirichek Ruslan

– Ph.D., assistant professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ruslan.stk@gmail.com

