

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНА ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Е.С. Анохина, И.В. Винокуров
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

Для посетителей больших помещений – аэропортов, торговых комплексов и т.п. получение точной информации о своем местоположении является относительно сложной задачей, поскольку традиционный в таких случаях механизм GPS не работает из-за ослабления спутникового сигнала внутри зданий. Следствием этого является разработка альтернативных систем определения местоположения, основанных на Wi-Fi, ZigBee, RFID и аналогичных. Общим требованием этих подходов является необходимость использования дополнительного оборудования, например, маячков iBeacons и т.п. Альтернативным решением определения местоположения, не требующем дополнительного оборудования, является использование датчиков, встроенных в современные смартфоны. В статье описывается мобильное приложение, позволяющее благодаря разработанному методу комбинирования первичной информации от инерциальных датчиков и датчиков окружающей среды определить расположение пользователя внутри зданий и больших помещений.

Ключевые слова: ориентирование, смартфон, магнитометр, акселерометр, гироскоп.

ВВЕДЕНИЕ

Альтернативой GPS, который в основном используется при наружном позиционировании, для определения расположения внутри зданий используются сигналы GSM, Wi-Fi или RFID [1-6]. Общим требованием этих подходов является необходимость использования дополнительного оборудования, например, маячков iBeacons [1] и т.п. Встроенные в современные смартфоны инерционные датчики и датчики окружающей среды так же могут быть использованы для определения местоположения. Разработанный авторами метод определения местоположения использует только первичную информацию от датчиков смартфона – магнитометра, барометра, акселерометра и гироскопа и исключает использование дополнительного оборудования.

Метод лежит в основе мобильного приложения, функционирующего на iPhone 6 и выше, поскольку используемые для его реализации инерциальные датчики и датчики окружающей среды доступны только с этих моделей смартфонов Apple. Метод основан на результатах аналогичных исследований, приведенных в [2,6]. Начальные этапы работы над мобильным приложением описаны в [7]. Описание метода и особенностей его использования выходит за рамки данной статьи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

С помощью встроенного в смартфон магнитометра собираются данные о магнитном поле в разных точках предполагаемого маршрута движения внутри помещения. Важно отметить, что показания магнитометра зависят от ориентации и положения мобильного устройства во время процесса получения информации. Информация о шагах формируется на основе показаний акселерометра и гироскопа и используется

для формирования и визуального отображения маршрута движения пользователя. Информация о давлении, получаемая из барометра смартфона – для определения изменения высоты над уровнем моря, например, в случае перехода с одного этажа здания на другой.

Движение в здании возможно по некоторым траекториям – маршрутам, для значимых точек которых собрана и обработана информация от датчиков смартфона, рис. 1-2.

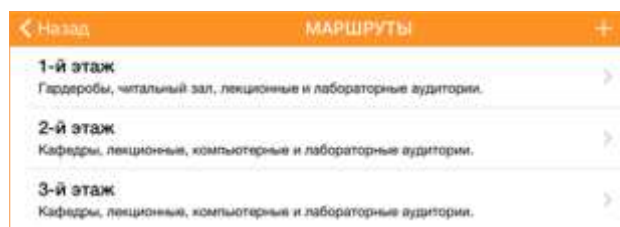


Рис. 1. Список маршрутов для корпуса № 3 КФ МГТУ



Рис. 2. Информации от датчиков смартфона для точек маршрута 3-го этажа корпуса № 3 КФ МГТУ

Вся информация об объектах, маршрутах и точках маршрутов заносится в объектно-ориентированную базу данных смартфона. Чем больше значимых точек имеет маршрут, тем точнее позиционирование.

После сбора информации от датчиков смартфона формируются словари сопоставления значений электромагнитного поля всем точкам маршрутов движе-

ния. На этапе распознавания информация из соответствующего маршрута движения словаря сравнивается с текущими значениями датчиков смартфона и принимается решение о текущем местоположении. На этом этапе, являющимся самым ответственным из всех, реализуется фильтрация и нормализация входных данных с последующим вычислением меры расстояния в метрических пространствах. В зависимости от начальной меры рассогласования это может быть Евклидово или Хэммингово расстояние, или их квадраты.

Определение текущего местоположения и визуализация движения пользователя смартфона осуществляется на отдельной закладке приложения. Первое, что для этого необходимо сделать, – выбрать здание, внутри которого предстоит движение. В данной статье рассматривается учебный корпус № 3 КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, для которого были сформированы маршруты движения по всем этажам, см. рис. 1. Пример визуализации движения пользователя смартфона по 3-му этажу этого учебного корпуса приведен на рис. 3.

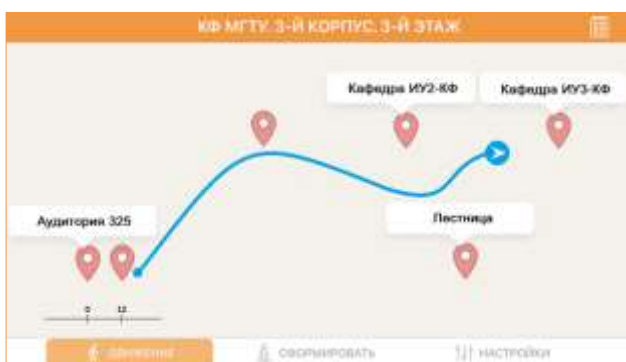


Рис. 3. Визуализация движения по 3-му этажу корпуса № 3 КФ МГТУ

На этом рисунке пользователь обозначается стрелкой, что позволяет корректировать направление его движения по мере необходимости. Визуализация движения пользователя реализует различные виды панорамирования и масштабирования, позволяющего приблизить или удалить детали маршрута движения.

Начальная точка маршрута на том или ином этаже здания движения определяется автоматически. Для определения переходов между этажами здания используется показания встроенного в смартфон барометра, определяющего изменение высоты пользователя над уровнем моря.

Еще один пример использования мобильного приложения для нахождения компьютерного класса № 212 в корпусе № 3 КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана приведен на рис. 4. Движение пользователя смартфона начинается от левой лестницы и заканчивается непосредственно перед компьютерным классом.



Рис. 4. Использование смартфона для нахождения компьютерного класса № 212 в корпусе № 3 КФ МГТУ

Перед использованием смартфона по маршрутам корпуса № 3 КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана в течении нескольких недель проводились экспериментальные исследования изменений величины магнитного поля. Результаты этих измерений в первый день были приняты за эталонные значения. Во все последующие дни определялась разница между эталонными и текущими значениями величины магнитного поля. Наличие в определенные дни возмущений электромагнитного поля Земли на результатах контрольных замеров практически не отразилась – результаты проведенных исследований показали устойчивые диапазоны разбросов значений магнитного поля.

Как уже было отмечено, алгоритм, лежащий в основе работы мобильного приложения, помимо информации от магнитометра использует информацию от гироскопа и акселерометра. На основе показаний этих датчиков осуществляется коррекция текущего местоположения. Необходимость использования такой коррекции определяется в процессе движения по выбранному маршруту по мере увеличения неоднозначности определения текущего местоположения. Ошибка позиционирования в зависимости от скорости движения и величины шага пользователя смартфона приведены на рис. 5.



Рис. 5. Абсолютная погрешность определения текущего местоположения

По горизонтальной оси на этом рисунке указан многофакторный параметр алгоритма, формируемый

на основе данных о владельце смартфона, позволяющих определить величину его шага, показаний акселерометра, определяющих скорость его движения и текущей величины магнитного поля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований было получено максимальное значений абсолютной погрешности позиционирования, составляющее 1.5-1.8 м. Это значение вполне приемлемо для визуального контакта с целью движения и доказывает эффективность использования мобильного приложения, реализующего метод определения местоположения без использования дополнительного внешнего оборудования. В случае возникновения экстренной ситуации данное приложение позволит указать пути к аварийным выходам из помещения. Мобильное приложение, безусловно, будет полезно и для людей с ограниченными возможностями передвижения.

Достоинства метода, реализованного в приложении, – отсутствие необходимости в дополнительном оборудовании и возможность его реализации в смартфонах, оснащенных инерционными датчиками и датчиками окружающей среды. Недостатки метода – наличие этапа сбора информации о точках маршрутов объектов и невысокая, в пределах 0.8-1.8 м., точность определения расположения внутри здания.

Дальнейшая работа над мобильным приложением предполагает реализацию передачи информации о сформированных точках маршрутов в здании на другой смартфон и повышение точности метода определения местоположения за счет использования соответствующих математических методов регрессии и оптимизации.

Мобильное приложение реализовано на современном языке программирования Swift 4.2 [8] в среде разработки Apple Xcode 10.2 с использованием высокоуровневых фреймворков Core Data, Core Location, MapKit, Core Motion и SpriteKit.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щекотов, М.С. Сравнительный анализ систем позиционирования в помещениях, основанных на технологиях связи, поддерживаемых смартфонами [Текст] / М.С. Щекотов, А.М. Кашевник // Сборник трудов СПИИРАН. 2012. – № 4(23). – С. 459-471.
2. Киреев, А.В. Особенности геомагнитного позиционирования на основе мобильных датчиков Холла [Текст] // Сборник трудов международной конференции “Перспективы развития современных математических и естественных наук”. – Воронеж. 2014. – С. 28-30.
3. Дудяк, Е.И. Методы позиционирования в сетях Wi-Fi [Текст] / Е.И. Дудяк // Современные проблемы радиотехники и радиотехники. – Омск: ОНИИП. 2015. – №3. – С. 24-27.
4. Волков, А.Н. Позиционирование в сетях Wi-Fi / А.Н. Волков, М.А. Сиверс, В.А. Сухов // Вестник связи. 2010. – № 11. – С. 28-33.
5. Сурков, В. О. Системы навигации подвижных наземных объектов и их характеристики [Текст] / В.О. Сурков // Молодой ученый. 2013. – №7. – С. 76-79.

6. Миниахметов, Р.М. Обзор алгоритмов локального позиционирования для мобильных устройств [Текст] / Р.М. Миниахметов, А.А. Рогов, М.Л. Цымблер // Вестник ЮУрГУ. Серия: вычислительная математика и информатика. 2013. – №2. – С. 83-96.

7. Вершинин, Е.В. Spagrow Steps – iOS приложение для ориентирования в зданиях и помещениях [Электронный ресурс] / Е.В. Вершинин, И.В. Винокуров // «Электронный журнал: Наука, техника, образование». 2019. – № 1 (23). – С. 47-54. Режим доступа: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/90cf1335b6ffaf6c3ec3fbc5bd3fe5b.pdf>

8. Усов, В. Swift. Основы разработки приложений под iOS и macOS [Текст] / В.Усов. – СПб.: Питер, 2018. – 448 с.

Анохина Евгения Станиславовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, тел. 8 (915) 894 09 70, e-mail: gallaktine@mail.ru.

Винокуров Игорь Викторович – к.т.н., доцент кафедры «Информационные системы и сети» калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, тел. 8 (4842) 57-00-76, e-mail: vinokurov_iv@mail.ru.

INDOOR POSITIONING WITH SMARTPHONE

E.S. Anokhina, I.V. Vinokurov

Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), Kaluga

For visitors to buildings and large rooms - airports, shopping centers, etc., obtaining accurate information about their location is relatively challenging, since the traditional GPS mechanism in such cases does not work due to the weakening of the satellite signal inside buildings. This leads to the development of alternative positioning systems, for example, based on Wi-Fi, ZigBee, RFID and similar. A common requirement of these approaches is the need to use additional equipment, such as iBeacons beacons, etc. An alternative location solution that does not require additional equipment is the use of sensors built into modern mobile devices. The article describes the mobile application Sparrow Steps, which allows us to determine the user's location inside buildings and large rooms through a unique method of combining primary information from inertial sensors and environmental sensors.

Index terms: location, smartphone, magnetometer, accelerometer, gyroscope.

REFERENCES

1. Schekotov, M.S. and A.M. Kashevnik "Sравnitel'nyy analiz sistem pozicionirovaniya v pomescheniyah, osnovannih na tehnologiyah svyazi, podderzhivaemih smartfonami", *Sbornik trudov SPIIRAN*, 2012, № 4(23), pp. 459-471.
2. Kireev, A.V. "Osobennosti geomagnitnogo pozicionirovaniya na osnove mobil'nykh datchikov Holla" // *Sbornik trudov mezhdunarodnoi konferencii Perspektivy razvitiya sovremennih matematicheskikh I estestvennykh nauk*, Voronezh, 2014, pp. 28-30.
3. Dudyak, E.I. "Metodi pozicionirovaniya v setyah Wi-Fi". *Sovremennye problemy radiofiziki i radiotekhniki*, Omsk: ONIIP, 2015, №3, pp. 24-27.
4. Volkov A.N., M.A. Sivers and B.A. Sukhov "Pozicionirovanie v setyah Wi-Fi", *Vestnik svyazi*, 2010, № 11, pp. 28-33.
5. Surkov, V. O. "Sistemi navigacii podvizhnykh nazemnykh ob'ektov i ih karakteristiki", *Molodoy ucheniy*, 2013, №7, pp. 76-79.
6. Miniakhmetov R.M., A.A. Rogov and M. L. Stumble "Obzor algoritmov lokal'nogo pozicionirovaniya dlya mobil'nykh ustroystv", *Vestnik YUrGU. Seriya: vychislitel'naya matematika i informatika*, 2013, №2, p. 83-96.
7. Vershinin, E.V. and I.V. Vinokurov "Sparrow Steps – iOS prilozhenie dlya orientirovaniya v zdaniyah i pomescheniyah" // *Elektronnyy zhurnal: Nauka, tekhnika, obrazovanie*, 2019. № 1 (23). pp. 47-54. The access mode: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/90cf1335b6fffaf6c3ec-3fbc5bd3fe5b.pdf>
8. Usov, V. Swift. Osnovi razrabotki prilozheniy pod iOS i macOS, V. Usov. SPb.: Piter, 2018, 448 p.

Anokhina Evgeniya Stanislavovna – student of Kaluga branch of the Bauman MSTU, 8 (915) 894 09 70, e-mail: gallaktine@mail.ru.

Vinokurov Igor Viktorovich – PhD. (IT), Associate Professor, "Information systems and networks", Kaluga branch of the Bauman MSTU, 8 (4842) 57-00-76, e-mail: vinokurov_iv@mail.ru.