

А. Ю. КУЛАКОВ
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербург
П. В. СТЕПАНОВ
ЗАО «Универсал-Аэро», Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BLUETOOTH МЕТОК С АДАПТИВНОЙ ЛОГИКОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ИНТЕРАКТИВНОЙ НАВИГАЦИИ

В докладе рассматривается возможность создания системы навигации в городских условиях, обеспечивающей интерактивное взаимодействие всех участников движения, повышенную точность позиционирования, непрерывность навигации как вне, так и внутри помещения. Предлагается создание «умных» дорожных знаков и светофоров на базе технологии Bluetooth меток с адаптивным поведением. Описывается система, обеспечивающая комплексное взаимодействие всех участников движения в едином информационном пространстве.

Введение. Метки Bluetooth широко используются для построения систем навигации внутри помещения, для систем идентификации и поиска объектов. Изначально в стандартах iBeacon и Eddystone предполагается, что метка постоянно находится в одном состоянии, с фиксированным интервалом времени шлёт один сигнал – стандартный пакет данных. Для iBeacon это один и тот же пакет данных. Метка стандарта Eddystone [4–7] может посылать четыре разных предопределённых типов пакетов.

Метки с адаптивным поведением, описанные в [1–2], могут находиться в нескольких состояниях, переход между которыми осуществляется по определённым внутренним или внешним событиям. Внутренним событие может быть значение таймера, срабатывание акселерометра, других внутренних датчиков, достижение критического уровня заряда элемента питания и т. д. Внешние команды посылает активное оборудование – смартфоны, приёмники, активаторы и т. д.

Состояние метки характеризуется следующими параметрами:

- Частота посылки сигнала, пакета данных.
- Содержание пакета данных.
- Частота перехода в режим ожидания внешней команды.
- Длительность интервала времени нахождения метки в режиме ожидания внешней команды.
- Условие перехода в другое состояние, например, по истечению интервала времени.

Метки с адаптивным поведением, благодаря расширенному функционалу, позволяют решать многие задачи на ином уровне, создавая цифровую коммуникационную среду нового типа.

Предлагаемый доклад посвящён новым коммуникационным и навигационным возможностям, которые могут возникнуть, если насытить городское пространство адаптивными Bluetooth метками.

Умный дорожный знак. Знаки дорожного движения могут быть оснащены адаптивными метками, которые с определённым интервалом шлют пакет данных, содержащий описание знака.

Зона распространения сигнала должна быть сужена, путём оснащения метки узконаправленной антенны, до сектора охватывающего полосы движения, к которым применяется действие знака.

Сигнал от метки принимается мобильным телефоном или планшетом с установленным на нём приложением, которое может интерпретировать пакет данных от знака и отображать его соответствующим образом на карте и/или выдаваться звуковое предупреждение. Приложение может быть, как специально разработанной программой, так и функциональным расширением навигационных программ типа Яндекс Навигатор, MAPSAM и других.

Сигнал от «умного знака» может приниматься приёмником, являющимся частью системы управления автомобилем. В этом случае возможно формирование команд на управление движением транспортного средства, например, торможение и ограничение скорости движения.

Особенно полезными «умные дорожные знаки» будут для беспилотных автомобилей, которые смогут получать информацию об ограничениях движения достоверным способом, независящим от погодных условий, времени суток и наличия препятствий визуальной идентификации.

Умный цифровой светофор. Светофоры могут оснащаться адаптивными метками, которые шлют сигналы о текущем состоянии светофора – зелёный, жёлтый и красный. Изменение состояния светофора приводит к изменению состояния метки. Более информативная система предполагает определение расширенного множества состояний метки в зависимости от оставшегося времени действия сигнала светофора. Например, зелёный сигнал осталось 30 секунд, жёлтый сигнал осталось 10 секунд, красный сигнал осталось 2 секунды и т. д.

Сигнал воспринимается приложением на мобильном устройстве и отображает текущее состояние светофора на экране (опционально дублируя звуковым сигналом).

В случае беспилотного или обычного автомобиля оборудованных приёмником сигналов от «умных светофоров», возможна выработка команд управления системой движения – ограничение скорости, торможение до полной остановки, отмена блокировки движения, включение/выключения двигателя.

Становится возможным интеллектуальное управление работой комплекса светофоров на перекрёстке, реализация сценария управления движением исходя из фактической загрузки по каждому направлению движения, обеспечивая приоритетный проезд общественного и спецтранспорта.

Совместное функционирование «умных знаков» позволяет создать «умный перекрёсток», даже если это перекрёсток не регулируемый.

Камера контроля скорости. По действующим положениям, наличие камеры контроля скорости должно предупреждаться соответствующими знаками и дорожной разметкой. Оснащая камеры адаптивными метками, как обязательным оборудованием, можно повысить точность их определения в навигационных системах, что будет полезно для водителей и повысит безопасность движения.

Бесшовная навигация. Навигация внутри помещений осуществляется с помощью Bluetooth меток, а снаружи по спутникам GPS и ГЛОНАС [3]. Это два разных способа и два разных приложения на мобильном устройстве. Точность определения положения для GPS около 5 метров, но для массовых мобильных устройств, в реальных городских условиях точность около 8–10 метров. При этом в городских условиях существует много помех, уменьшающих точность позиционирования.

Технология Bluetooth 5.0 позволяет определять положение с точностью до 1,5–2 метров, а Bluetooth 5.1 позволяет достичь точности менее 1 метра.

Насыщая городское пространство адаптивными Bluetooth метками, и используя два метода определения положения одновременно, можно существенно повысить точность позиционирования, обеспечив бесшовную навигацию.

Адаптивные метки, устанавливаемые на дорожных знаках, светофорах и т. д., кроме основного пакета данных могут слать ещё и координаты GPS, создавая сеть для высокоточного определения положения в городском пространстве. Системы навигации смогут одинаково хорошо функционировать как внутри, так и вне помещения.

Адаптивные метки высоко автономны и могут функционировать несколько лет без замены элемента питания. Их можно устанавливать в любом месте, прежде всего там, где GPS сигнал ослабевает или недоступен, например туннели, развязки под эстакадами и подземные парковки.

Маркируя важные объекты в городской инфраструктуре, можно создать основу для высокоточной навигации. Например, устанавливая метки на подъезды зданий можно существенно сократить время для поиска необходимого адреса экстренными службами (МЧС, полиция, скорая помощь), службой доставки, такси и т. п.

Сеть высокоточного позиционирования может существенно упростить развитие беспилотных автомобилей, роботов доставщиков и т. д.

Контроль движения. Имея информацию от «умных знаков» и «умных светофоров», представляется возможным соотнести данные о фактическом и разрешённом режиме движении на всех этапах маршрута. Вся информация может сохраняться и использоваться для контроля стиля и соблюдения правил вождения для общественного транспорта, такси, каршеринга и т. д.

Интерактивное взаимодействие участников движения. Адаптивные метки позволяют создать канал передачи надёжных и достоверных данных между транспортным средством и элементами дорожной инфраструктуры.

«Умные знаки» и «умные светофоры» посылают информацию транспортному средству на основании которой система управления может вырабатывать команды на изменение режимов движения. Транспортные средства могут посылать запросы на изменение режимов работы «умных светофоров» и «умных перекрестков». Пешеходы могут управлять работой регулируемых и не регулируемых «умных пешеходных переходов». Транспортное средство может обнаруживать пешеходов, движущихся по обочине и переходящих проезжую часть.

Система интерактивного взаимодействия участников дорожного движения является симбиозом «умных дорожных знаков», транспортных средств с навигационным оборудованием и облачных навигационных систем. Достоверные данные, собираемые в процессе взаимодействия участников дорожного движения, являются основой для принятия решений системой управления транспортными потоками на уровне района или города.

Пешеход как часть транспортной системы. Интерактивная система взаимодействия участников дорожного движения позволяет включить пешехода как активного участника в транспортную систему. Обеспечение дополнительных потоков обмена информацией между пешеходами, элементами дорожной инфраструктуры и другими участниками движения, позволит повысить защищенность пешеходов и снизить вероятность возникновения происшествий с их участием, упростить навигацию людей с ограниченными возможностями.

Заключение. Насыщение пространства города Bluetooth метками с адаптивным поведением позволяет создать интерактивную систему взаимодействия всех участников транспортного движения, обеспечивая обмен информацией между ними.

Информация о дорожной ситуации предоставляется участникам движения в полном объеме и не искажается особенностями человеческого восприятия и текущей дорожной ситуацией.

Точность позиционирования существенно возрастает. Навигация становится бесшовной.

Интеграции всех участников движения в едином информационном пространстве позволяет создавать системы управления транспортными потоками на базе адаптивных алгоритмов оптимизации, что существенно улучшит транспортную ситуацию.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке в рамках бюджетной темы № FFZF–2022–0004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Джао В.Ю.-Д., Степанов П.В., Стыскин М.М. Особенности использования BLUETOOTH LOW ENERGY меток для идентификации и определения положения объектов в технологическом процессе наземного обслуживания воздушных судов гражданской авиации. *Информатизация и связь*. 2020. №6. С. 243-247.
2. Степанов П.В. Методика использования Bluetooth технологии для решения задач идентификации и определения положения объектов. *Информатизация и связь*. 2021. №5. С. 97-104.
3. ГЛОНАСС: принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. 3-е изд., перераб. М.: Радиотехника, 2005. 688 с. ISBN 5-93108-076-7
4. "Eddystone-UID". Git-Hub Eddystone-UID. Retrieved 26 April 2017.
5. "Eddystone-EID". Git-Hub Eddystone-EID. Retrieved 28 April 2017.
6. "Eddystone-TLM". Git-Hub Eddystone-TLM. Retrieved 28 April 2017.
7. "Eddystone-URL". Git-Hub Eddystone-URL. Retrieved 28 April 2017

A.Yu.Kulakov, (St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg), P.V.Stepanov (Joint-Stock company «Universal-Aero», Moscow)

Using Bluetooth tags with adaptive logic to create interactive navigation systems

The report considers the possibility of creating a navigation system in urban conditions that provides interactive interaction of all traffic participants, increased positioning accuracy, continuity of navigation both outside and indoors. It is proposed to create «smart» road signs and traffic lights based on Bluetooth technology tags with adaptive behavior. The system providing complex interaction of all participants of movement in the uniform information space is described.

Авторы готовы представить текст на английском языке для сборника материалов мультиконференции, который будет подан для индексирования в Scopus.