

Способы отслеживания подвижного состава и его привязки к координатам пути

А. Д. Андронников¹, А. К. Кобзарь², Д. Н. Роенков³

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

¹lynx_a@mail.ru, ²a-nastasiya.k@yandex.ru, ³roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается история развития систем навигации и связи, в частности, на железнодорожном транспорте. Показаны основные преимущества и недостатки систем сотовой и спутниковой навигации. Также описаны способы привязки подвижного состава к координатам железнодорожного пути с помощью технологии RFID.

Ключевые слова: система навигации, сотовая и спутниковая навигация, технология RFID, подвижной состав

I. ВВЕДЕНИЕ

Сегодня наблюдается всё более высокая потребность в точных и надёжных системах навигации на наземных видах транспорта. История развития навигационных систем прошла этапы наземной и спутниковой навигации, позволив сначала под управлением человека, а затем и автоматически отслеживать находящиеся в движении объекты. Однако у каждой системы имеются свои достоинства и недостатки, выявляющие себя в процессе эксплуатации. Не всегда возможно отслеживать перемещающиеся объекты из-за множества внешних влияющих факторов: системы радиопеленгации, как исторически первые системы навигации, сильно зависят от человеческого фактора; сотовые системы связи могут работать только в зоне покрытия радиостанций, которые физически не всегда выгодно и возможно строить, например, в районах крайнего севера. Спутниковые же системы могут давать сбой при отслеживании объектов в труднодоступных зонах, например, поездов, движущихся в тоннелях или по гористой местности. Таким образом, актуальной является задача разработки новых методов и средств высокоточной и надёжной навигации.

II. СОТОВЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ

Все поколения сотовой подвижной радиосвязи базируются на разделении зоны обслуживания на шестиугольные ячейки (соты). Такая структура сети позволяет минимизировать проблему нехватки радиочастотных каналов за счет многократного использования выделенных частот на основе пространственного разнесения. Другими словами, сотовая топология даёт возможность увеличить ёмкость сетей без потери качества связи и без расширения выделенной полосы частот.

Конечно, многократное использование одних и тех же частот в сети неизбежно ведёт к появлению помех. Для обеспечения нужного качества обслуживания абонентов в

наше время применяются действенные методы снижения уровня этих помех до безопасной величины.

В каждой соте располагается базовая станция, которая представляет собой сооружение, оборудованное приёмопередающей аппаратурой и антенными системами, расположенными на мачте. Каждая мобильная станция так же представляет собой сложный комплекс устройств, используемый подвижным абонентом. Каждая базовая станция может обслуживать только те мобильные станции, которые в данный момент находятся в подконтрольной соте. Размеры соты зависят от выбранного стандарта и поверхностной плотности абонентов. Местоположение подвижного абонента характеризуется нахождением в определённой соте или уже известно заранее [1].

В реальных условиях возникает ряд недостатков при использовании таких систем на железнодорожном транспорте. Они связаны с переменной скоростью движения поездов, неидеальностью ландшафта, наличием преград в виде опор контактной сети, тоннелей и мостов. Всё это может приводить к потере связи под действием негативных эффектов, таких как многолучевое распространение радиоволн или теневой эффект. Радиосигнал, поступающий на приёмную антенну подвижной станции, является совокупностью многих сигналов, обладающих разными амплитудами и фазами, что является результатом отражения от разных близких преград, часто встречающихся в условиях железнодорожного транспорта. Возникающий эффект наложения может вызывать негативные последствия от взаимного гашения до резонанса. При значительных скоростях движения возможна кратковременная потеря связи [2].

Также не стоит забывать, что для обеспечения допустимого уровня безопасности на транспорте и бесперебойности связи, в системах сотовой связи необходимо резервирование, и, в зависимости от стандартов, площади перекрытия соты соседними сотами могут несколько отличаться.

III. СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ

Принцип действия систем спутниковой навигации базируется на измерении времени, за которое сигнал доходит от спутника до объекта, после чего и высчитывается расстояние. Таким образом, положение объекта в пространстве определяется при помощи данных

от трёх спутников и геометрических построений на основе альманаха [3].

К достоинствам спутниковых систем можно отнести слабую зависимость от погодных условий, универсальность, быстроту выполнения задач, надёжность, результативность и точность. Они способны передавать информацию о местоположении подвижного состава и иных транспортных средств в труднодоступных зонах, которые не оснащены наземной сотовой связью. Эти качества должны быть учтены ещё на первых этапах проектирования и последующих этапах построения системы. Также немаловажным являются выбор сигнала, способы его обработки и способы устранения и минимизации погрешностей.

Серьёзным недостатком систем спутниковой навигации можно считать возникновение при работе многократных переотражений сигнала, посылаемого со спутника, от окружающих объектов до момента, как он принимается антенной, а также дифракцию, вызванную наличием препятствий на пути радиолуча, соизмеримых с длиной волны. При дифракции луч отклоняется от своего пути, что незамедлительно влечёт за собой изменение его амплитуды и фазы. В свою очередь, в приёмной антенне происходит интерференция прямого и отражённого лучей, влекущая за собой изменение амплитуды и фазы результирующего поля, что ведет к неправильному измерению дальности. Ошибки, вызванные многолучевостью, непостоянны, что вызвано движением спутников. Указанные искажения и погрешности можно уменьшить и компенсировать, если время проведения наблюдений будет дольше периода изменения, а полученные данные будут анализироваться и обрабатываться совместно [4].

Также нельзя исключать негативное влияние помех от близко расположенных мощных источников радиоизлучений: локаторов, теле- и радиопередающих станций, ухудшающих результаты спутниковых измерений.

Одним из приоритетных параметров, характеризующих качества спутниковых измерений, является геометрический фактор, учитывающий потери точности из-за изменения расположения наблюдаемых спутников. Установлено, что точность определений тем выше, чем больше объём треугольной пирамиды, в вершинах которой располагаются спутники. Поскольку параметры орбит спутников точно известны, можно заранее определить время, когда геометрия спутников будет наилучшей для измерений. Однако в большинстве случаев требуется устанавливать связь с подвижным объектом не в определённый момент, а на постоянной основе; поэтому точность измерений должна поддерживаться одинаковой и не зависеть от внешних условий [5].

IV. ТЕХНОЛОГИЯ RFID-НАВИГАЦИИ

В зонах, где сотовая и спутниковая навигация оказываются бессильны против меняющейся картины пути (например, в тоннелях или в метрополитене), требуются иные средства гарантированного отслеживания

подвижного состава и его привязки к пути. Для решения этой задачи всё чаще используется технология RFID (англ. Radio Frequency Identification, радиочастотная идентификация) – способ автоматической идентификации объектов, который посредством радиосигналов позволяет считывать или записывать данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

RFID-метка содержит в себе две основных функциональных составляющих. Первая из них – интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала. Вторая – антенна для приёма и передачи сигнала. Таким образом, при прохождении поезда рядом с меткой происходит короткий сеанс связи, выявляющий текущее положение поезда на линии, его скорость и направление движения. Метки могут закрепляться на стенах тоннеля с определённой периодичностью, что позволяет обеспечивать достаточную навигационную точность и контроль положения состава в каждый момент времени. Также возможна установка RFID-метки на составе; в этом случае на стенах тоннеля закрепляются ридеры, производящие считывание метки состава.

Однако, как и любая техническая система, RFID-метки обладают рядом недостатков. В ходе исследований и экспериментов установлено, что при работе имеют место пропуски считывания радиочастотных меток, то есть проходящий состав может быть не идентифицирован на некоторых неопределённых участках пути. Пропуски зависят от дисперсионных свойств ширины зоны радиовидимости меток, времени считывания и задержек при перезапуске сканирования для ридеров с внешним запуском, имеющих ограниченное время сканирования, после достижения которого требуется перезапуск. Эта проблема может быть решена посредством увеличения времени непрерывного сканирования для ридеров с внешним запуском.

RFID-метки позволяют также привязать перемещающийся подвижный состав к координатам пути. Это возможно реализовать с помощью колёсных датчиков, задача которых состоит в подсчёте пройденного колёсной парой пути по количеству её оборотов. Датчики обладают некоторой систематической ошибкой, появляющейся из-за небольшой разницы в смещениях колёс на изгибах пути и многих подобных сопутствующих факторов. Для минимизации такого рода ошибок возможно применение автоматической калибровки меры колёсного датчика на специальном калибровочном участке. Такой участок имеет определённую длину и ограничивается радиочастотными метками, хранящими точную информацию о местах их установки. При пересечении составом первой из меток датчик обнуляет свои показания и отсчитывает пройденное расстояние до второй метки, после чего результат сравнивается с её координатой. В случае несовпадения происходит калибровка датчика. Таким образом, обеспечивается непрерывность привязки поездов на линии [6].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях постоянно развивающихся технологий особенно важно не забывать о безопасности движения и контроле перемещения транспортных средств. Множество факторов, влияющих на состояние путей и подвижных составов, постоянно увеличивается, что требует их безусловного учёта. Именно поэтому необходимо обеспечивать оснащённость железнодорожной инфраструктуры точными и надёжными системами навигации. Самым лучшим способом добиться этого на сегодняшний день является комбинирование сотовых, спутниковых и RFID-систем, способных заменить и дополнить друг друга в самых труднодоступных зонах железнодорожной сети. Единая система средств навигации позволит не только отслеживать поезда, но предотвращать аварии, контролировать состояние всего состава и вагонов по отдельности и поддерживать несколько возможных путей связи с составом в любой точке маршрута следования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами. Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2013. 256 с. URL: <https://docplayer.ru/42327944-Sotovyie-seti-radiosvyazi-s-podvizhnyimi-obektami.html> (дата обращения: 16.03.2021).
- [2] Горелов Г.В., Богачев А.П., Бахтиярова Е.А. Типы и стандарты систем связи с подвижными объектами, применяемыми на железнодорожном транспорте. Учебное пособие. Москва: МИИТ, 2014.
- [3] Смоглюк С.Ю. Расчёт и отображение координат спутников ГЛОНАСС/GPS на 2D карте в реальном времени по TLE файлу. Бакалаврская работа. 2016. URL: http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/29085/smoglyuk_bak_rabota.pdf?sequence=2 (дата обращения: 18.03.2021).
- [4] Горелов Г.В., Роенков Д.Н., Юркин Ю.В. Системы связи с подвижными объектами. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 335 с. URL: http://library.mii.ru/2014books/knigi/14/Gorelov_vse.pdf (дата обращения: 18.03.2021).
- [5] Методы определения координат спутников: [сайт]. URL: <https://helpiks.org/1-106311.html#:~:text=Важнейшей%20характеристикой%20качества%20спутниковых%20измерений,в%20вершинах%20которой%20располагаются%20спутники> (дата обращения: 18.03.2021).
- [6] Костроминов А.М. О точности RFID-привязки поездов метрополитена к координатам пути [Текст] / А.М. Костроминов, О.Н. Тюляндин // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы Сборник трудов LXXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург: ПГУПС, 2018. С. 98–100.