

## РЕАЛИЗАЦИЯ СВТС ФУНКЦИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В UST ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь*

*Ю. А. СОРОКИН*

*ООО «ЮВР», г. Минск, Республика Беларусь*

Целью развития инновационной транспортной системы, использующей струнные технологии Юницкого (uST) [1], является обеспечение безопасных, комфортных, экологических и ресурсосберегающих перевозок пассажиров и грузов.

Одним из направлений повышения эффективности транспортной системы является минимизация расстояния между рельсовыми электромобилями, движущимися с максимально допустимой скоростью. Минимизация расстояния между электромобилями, движущимися с высокой скоростью по рельсо-струнной путевой структуре, с обязательным обеспечением безопасности, возможна только при условии точного определения их местоположения и параметров движения всех транспортных средств при наличии системы связи между ними и системой управления.

В настоящий момент одной из самых перспективных систем управления транспортными средствами, движущимися по выделенной путевой структуре, является Communications-Based Train Control (СВТС) [2] – система управления на основе телекоммуникации.

Классические системы управления транспортными средствами, движущимися по выделенным путевым структурам, полагаются в основном на рельсовые цепи обнаружения присутствия данных транспортных средств на фиксированных участках путевой структуры. Эти традиционные системы эффективны в обеспечении управления движением поездов, но не эффективны для обеспечения максимальной пропускной способности инновационных транспортных комплексов uST из-за ряда фундаментальных ограничений. Основным из ограничений классической системы является то, что расположение транспортных средств может быть определено только с дискретностью, определяемой длиной рельсовых цепей: если какая-либо часть рельсового пути занята транспортным средством, следует предполагать, что вся рельсовая цепь занята транспортным средством. Рельсовые цепи можно сделать короче, но каждая дополнительная рельсовая цепь требует дополнительного оборудования, что влияет на экономическую эффективность реализации данной системы.

Системы СВТС преодолевают эти фундаментальные ограничения традиционных систем на основе рельсовых цепей и, следовательно, позволяют более эффективно использовать транспортную инфраструктуру, за счёт:

1) определения местоположения транспортных средств с высокой степенью точности независимо от рельсовых цепей;

2) географически непрерывной сети передачи данных между транспортными средствами и системой управления, позволяющей передавать значительно большие объёмы информации об управлении и состоянии, чем это возможно с помощью обычных систем;

3) разделения функций автоматического управления транспортным средством (automatic train operation – АТО) и автоматической защиты (обеспечения безопасности) транспортного средства (automatic train protection – АТР), выполняемых высоконадёжными контроллерами бортового оборудования транспортных средств и стационарной системы управления ими.

Использование СВТС позволяет обеспечивать безопасное движение транспортных средств на гораздо более близком расстоянии, что даёт большую гибкость и точность в их управлении. Дополнительно использование технологии СВТС повышает надёжность и снижает затраты на техническое обслуживание системы управления за счёт уменьшения количества оборудования и увеличения объёма диагностической информации, передаваемой в реальном масштабе времени.

Определение местоположения рельсовых электромобилей в uST АТР системой СВТС включает реализацию следующих функций:

1 Инициализация местоположения электромобиля. Данная функция является самоинициализирующейся при подключении транспортного средства к системе управления или при восстановлении после отказа оборудования и не требует ручного ввода данных о местоположении электромобиля и

его длине. Реализация данной системы достигается путём получения информации от следующих сенсоров:

- GPS (в том числе в режиме RTK);
- RFID-меток – в случае их наличия рядом с местом расположения электромобиля.
- системы компьютерного зрения электромобиля (камеры + лидар) – требует наличия заранее загруженной цифровой карты местности (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM);
- системы компьютерного транспортного комплекса (wayside) – камеры.

2 Определение длины транспортного средства. Данная информация заносится при регистрации электромобиля в системе управления.

3 Определение местоположения транспортного средства при его движении. Данная функция реализована с использованием фильтра Калмана на основании совместной обработки информации от следующих сенсоров:

- одометр;
- GPS (в том числе в режиме RTK);
- RFID-меток – в момент их проезда транспортным средством;
- пары «магнит – датчик Холла» – для высокоточного позиционирования в особых местах (станции и т. п.);
- системы компьютерного зрения транспортного средства (камеры + лидар + радар) – требует наличия заранее загруженной цифровой карты местности;

Кроме того, дополнительная информация может поступать от системы компьютерного транспортного комплекса (wayside).

4 Учёт ошибки определения местоположения. Данная функция учитывает ошибку местоположения электромобиля (фильтр Калмана). Максимальная ошибка определения местоположения закладывается в модель безопасного торможения.

5 Обнаружение разделения составного транспортного средства. Бортовое оборудование составного транспортного средства обнаруживает по наличию сигнала разрыва факт разделения составного транспортного средства. Каждое из отделившихся транспортных средств начинает передавать в систему управления местоположение своей передней и задней части. Факт разделения составного транспортного средства может быть зафиксирован и камерами системы компьютерного зрения транспортного комплекса (wayside).

6 Определение статуса занятости участков путевой структуры. Камеры системы компьютерного зрения транспортного комплекса (wayside) могут обеспечивать вторичное определение местоположения транспортных средств, чтобы установить, занят ли участок пути одним или несколькими электромобилями, включая транспортные средства с неработающим бортовым оборудованием.

7 Защита при пропадании отчёта о местонахождении электромобиля. В случае отсутствия от транспортного средства отчёта о его местонахождении, система управления предотвращает выдачу разрешений на движение другим транспортным средствам на участки пути, которые могут быть заняты электромобилями, не предоставляющими отчёт.

8 Защита системы блокировки при пропадании отчёта о местонахождении транспортного средства. В случае отказа функции определения местоположения электромобиля, входящего в зону блокировки или приближающегося к ней, все функции блокировки остаются в силе (не изменяются) до тех пор, пока не будет определено, что транспортное средство покинуло границы блокировки с помощью системы управления транспортным комплексом и/или с помощью эксплуатационных процедур.

Реализация указанных СВТС функций определения местоположения в совокупности с другими функциями АТРС стандарта СВТС позволяет обеспечивать безопасные перевозки пассажиров и грузов в транспортных системах uST.

#### Список литературы

- 1 **Unitsky, A.** String Transport Systems: on Earth and in Space / A. Unitsky. – Silakrogs, 2019. – 560 p.
- 2 IEEE Std 1474.1-2004. IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements.