

УДК: 528.02; 528.06

Интервальное управление в радиорелейном информационном пространстве

Interval control in radio relay information space

Ознамец В.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

Oznamets V.V., D.ofSci(Tech.), Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia



Аннотация

В статье исследуется интервальное управление в радиорелейном информационном пространстве. Раскрывается содержание интервального управления с двух позиций - с пространственной и пространство-временной. Дано описание радиорелейного информационного пространства. Показана связь радиорелейного информационного пространства с системами радио блокировки (RBC). Показана необходимость применения координатной среды для создания радиорелейного пространства. Показано различие в функциях радиорелейного пространства в обычном управлении и в управлении цифровой железной дорогой с моделью подвижных блоков. В первом случае радиорелейное пространство является коммуникационным, во втором случае оно становится управляющим. Показано, что геоинформатика и геоинформационные технологии интегрируются в управление при помощи радиорелейного информационного пространства.

Ключевые слова: транспорт, управление, цифровая железная дорога, технология подвижных блоков, управляющее пространство.

Abstract

The article explores interval control in the radio relay information space. The content of interval control is revealed from two positions: spatial and space-time. A description of radio relay information spaces is given. The connection between the radio relay information space and radio blocking systems (RBC) is shown. The necessity of using a coordinate environment to create a radio relay space is shown. The difference in the functions of the radio relay space in conventional control and in the control of a digital railway and control with a model of moving blocks is shown. In the first case, the radio relay space is a communication space; in the second case, it becomes a control space. It is shown that geoinformatics and geoinformation technologies are integrated into management using radio relay information space.

Keywords: transport, management, digital railway, moving block technology, control space.



Введение

Китайская система управления поездами (Chinese Train Control System - CTCS) уровня 3 применяется на новых железных дорогах, где ожидается, что скорость поездов превысит 300 километров в час [1]. Для создания платформы моделирования и тестирования системы CTCS уровня 3 важным является исследование и применение функционального Центра радио блокировки (Radio Block Centre - RBC) [1]. Система RBC является фрагментом более крупной системы радиорелейного информационного пространства РРИП [2, 3]. Радиорелейное пространство может усилиться пространством электронных меток [4], которое повышает скоординированность подвижных объектов. С появлением цифровой железной дороги ЦЖД [5-7] у РРИП появились новые функции. Если в обычной железной дороге РРИП выполняло функции координации, то на ЦЖД в РРИП появились функции управления. Это обусловлено появлением новой бортовой аппаратуры на поездах. РРИП дает возможность реализации субсидиарного транспортного управления [8]. РРИП также является системой поддержки транспортных кибер-физических систем [9].

Принципы интервального управления

Термин интервальное управление трактуется двояко. С одной стороны, это тип высокоскоростного движения [10], для которого необходимо применять интервальную математику и интервальные вычисления [11]. В этой интерпретации рассматривается пространственный интервал как следствие прохождения транспортным средством расстояния за единицы времени. В этой ситуации точечная математика заменяется на интервальную математику.

Другая интерпретация интервального движения рассматривает временной интервал между подвижными объектами. Эта модель связана с понятием подвижные блоки [12] (рис.1)

Подвижные блоки вводят понятие интервал между поездами. Подвижный блок перемещается между поездами. Кроме того, он может менять размеры в зависимости от скорости поездов. Он имеет пространственно-временную характеристику. Его величина определяется рядом параметров, включая массу поезда, кинетическую



Рисунок 1. Модель подвижного блока

энергию, условия торможения условия рельефа, погодные условия, вид экстренного торможения и другое. Модель виртуального блока формируется тремя способами: спутниковым методом, применением кибер-физических технологий, за счет применения РРИП. Управление с применением подвижных блоков называют интервальным.

Применение РРИП требует учета четырех ключевых факторов [1]. Первый фактор определение функциональные требования РРИП посредством глубокого анализа системных требований CTCS уровня 3. Второй фактор формирование проекта компьютерной платформы безопасности для РРИП. Следует отметить, что формирование компьютерной платформы для РРИП намного сложнее, чем для RBC. В основе проекта лежат требования безопасности оборудования управления поездом. Третий фактор включает программное обеспечение функционального прототипа РРИП или в простейшем варианте RBC. Четвертый фактор включает настройку радио блокировки, называемую Virtual Block Function (VBF), которая вычисляет состояния занятости виртуальных блоков VSS в соответствии с концепцией ЦЖД.

Уровни ETCS

Поскольку речь идет об уровнях ETCS, целесообразно дать их краткий анализ. Европейская система управления поездами (ETCS) предоставляет три прогрессивных уровня управления поездами. На уровне 1 ETCS гусеница оснащена евробалисами. Когда поезда проезжают над этими балисами, они получают точную информацию о местоположении и (статически заранее рассчитанные) полномочия на движение. Оптические сигналы по-прежнему необходимы на уровне 1, и машинист поезда должен подчиняться им. Для уровня 1 также требуются устройства обнаружения на путях, которые определяют, свободен ли какой-либо участок пути от какого-...

либо поезда. На практике это делается с помощью путевых цепей или счетчиков осей. Последние подсчитывают количество осей, въезжающих и выезжающих с участка пути; если осей не осталось, часть пути считается свободной.

В ETCS уровня 2 полномочия на движение предоставляются центром радиоблокировки (RBC), который поддерживает радиосвязь с поездами. Поезда регулярно отправляют в РБК сводки о местоположении. Эти отчеты предоставляют альтернативный способ определения местоположения поездов (с некоторой задержкой и неточностью и, очевидно, только для тех поездов, которые отправляют сообщения). Хотя оптические сигналы больше не требуются, евробалисы по-прежнему используются в качестве ориентиров для позиционирования поездов, а обнаружение на путях также необходимо, например, для борьбы с неразговорчивыми поездами. Уровень 2 ETCS по-прежнему работает с так называемыми фиксированными блоками, которые считаются либо полностью свободными, либо полностью занятыми.

Обнаружение на пути может быть довольно дорогостоящим и не дает подробной информации о том, какие поезда занимают конкретный участок пути. На уровне ETCS 3 можно отказаться от обнаружения обочины пути: больше нет фиксированных участков пути, которые помечаются как свободные или занятые. Вместо этого каждый поезд окружен конвертом (движущимся блоком), предназначенным только для этого поезда. Важным понятием уровня 3 ETCS является целостность поезда: в принципе поезд может потерять свою целостность, например, потерять несколько вагонов. Это может представлять опасность для поездов, следующих за таким поездом, особенно если отсутствует система обнаружения на пути. Если не гарантируется полная целостность поезда, то освобождать участки пути позади поезда небезопасно. Таким образом, уровень ETCS 3 требует, чтобы поезда имели встроенную систему обнаружения целостности поездов, и может потребовать «чистки» пути в случае потери целостности.

Отсутствие обнаружения помех на пути в ETCS уровня 3 может привести к ухудшению производительности, когда поезд теряет целостность или больше не может связываться с РПИП. Целью гибридного уровня 3 (HL3) является объединение преимуществ уровней ETCS 2 и 3. Если существующее обнаружение на пути может ис-

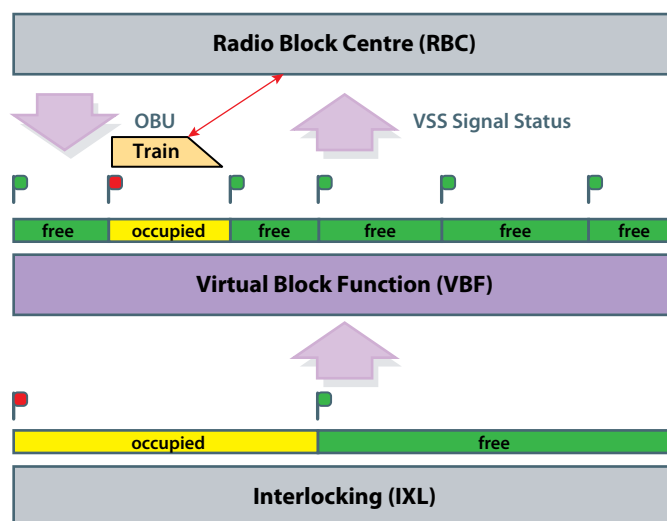


Рисунок 2. Применение РПИП для интервального управления

пользоваться HL3 для борьбы с неразговорчивыми поездами или в ситуациях, когда поезда теряют целостность. Также HL3 не использует полные движущиеся блоки, а делит разделы на виртуальные подразделы. Эти виртуальные подразделы действуют как фиксированные блоки, но с гораздо большей детализацией, чем на уровне 2 ETCS. Это можно увидеть на рис. 1.: внизу есть два раздела с путевым обнаружением, каждый из которых разделен на три виртуальных подраздела.

Статус занятости виртуального подраздела определяется на основе отчетов о местоположении поездов в сочетании с информацией об обнаружении на пути. Следовательно, можно добиться большей пропускной способности (поместить на пути больше поездов), при этом в значительной степени повторно используя оборудование ETCS уровня 2. Кроме того, в отличие от решения без обнаружения придорожных поездов (чистый уровень 3), не все поезда должны быть оборудованы бортовым устройством ETCS и TIMS (системой контроля целостности поездов). На рис.2 приведена схема интервального управления с применением РПИП (RBC)

На верхнем уровне находится радиомачта или RBC. Она контролирует второй уровень, на котором находятся виртуальные блоки. Контроль осуществляется с применением функции VBF. Производится оценка свободных (free) и занятых (occupied) виртуальных блоков. На нижнем уровне ведется анализ групп блоков в случае применения виртуальной сцепки и движения системы поездов.



РРИП как механизм распределенного управления

Распределенное управление [13], называемое также гранулированным [14] является основным видом управления в транспортной сети. Оно связано с информационным пространством, которое формируется либо за счет ГНСС либо за счет РРИП.

Для РРИП необходима среда координатной поддержки в виде геодезической сети и среда временной поддержки в виде системы единого времени на управляемом участке дороги.

Для РРИП необходима среда геоинформационной поддержки в виде геоинформационных технологий и ГИС. Особенность геоинформационных технологий в возможности прямой реализации управленческих функций [15]/

РРИП как механизм распределенного управления имеет свою управленческую структуру. Как механизм распределенного управления РРИП включает информационные поля. Как управление РРИП является пространственным управлением.

РРИП как механизм управления является масштабным. От масштаба виртуальных блоков зависит масштаб управления и управленческие модели.

РРИП как механизм управления является альтернативой спутниковому управлению. В случае помех радиосвязи, например вспышки на солнце или проведения военных действий в космосе спутниковые навигационные системы будут работать со сбоями. РРИП не зависит от спутниковой связи. Оно зависит от местной связи и бортовой аппаратуры.

Обычное РРИП является коммуникационным. Оно только информирует о состоянии объ-

екта управления и его ситуации. РРИП в сочетании с моделью виртуальных и подвижных блоков является управляющим.

Оно не только является коммуникационным, но и осуществляет прямую и обратную связь между объектами управления за счет специальной бортовой аппаратуры.

РРИП можно дополнить пространством электронных меток (ИПЭМ) [16]. В этом случае оно является динамическим, поскольку информирует о прохождении поезда непосредственно на участке пути. Дополнительным преимуществом РРИП является возможность поддержки мобильной связи, которая является легко доступной и представляет собой дополнительный канал контроля и поддержки управления.

Заключение

Организация РРИП является основой развития транспорта, особенно высокоскоростного, как показывает опыт китайских коллег. К сожалению, в России работы в этой области ведутся вяло. Создание РРИП вписывается в Доктрину информационной безопасности РФ, утвержденной Президентом РФ в сентябре 2000 г. Как технология РРИП является импортозамещаемой технологией. В аспекте ресурса РРИП является важным информационным ресурсом. В аспекте системы РРИП является сложной организационно технической системой. В инфраструктурном аспекте РРИП является объектом транспортной инфраструктуры. РРИП служит основой поддержки и развития ЦЖД, ИТС, ТКФС и модели «умная» железная дорога [17]. ■



Список литературы

1. Liu Z., Sun W., Zhou R. Research and Implementation of Functional Prototype of Radio Block Centre in the CTCS Level 3 System //2010 International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems. – IEEE, 2010. – С. 1-4.
2. Ознамец В.В. Геодезическое обеспечение радиорелейного информационного пространства // Наука и технологии железных дорог. – 2019. Т.3.– 1(9). – С.46 -52.
3. Цветков В.Я., Дзюба Ю.В. Радиорелейное информационное пространство // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 4. С. 24-25.
4. Цветков В.Я., Ознамец В.В. Геодезические сети электронных меток // Науки о Земле. – 2018. – №4. – С.17-27.
5. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – №3 (76). – С. 50-61.
6. V. Ya. Tsvetkov, S.V. Shaytura, K.V. Ordov. Digital management railway // Advances in Economics, Business and Management Research, volume 105. 1st International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019), p. 181- 185.
7. Nemtanu F. C., Marinov M. Digital railway: Trends and innovative approaches //Sustainable Rail Transport: Proceedings of RailNewcastle 2017. – Springer International Publishing, 2019. – С. 257-268.
8. Лёвин Б. А., Цветков В. Я., Дзюба Ю. В. Субсидиарное управление на железной дороге // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – №4 (83). – С. 22-35.
9. Дзюба Ю.В., Цветков В.Я., Козлов А.В. Киберфизические системы в управлении транспортом // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 1. С. 10-12.
10. Цветков В.Я. Интегральное управление высокоскоростной магистралью // Мир транспорта. – 2013. – № 5 (49). – С.6-9.
11. Дубчак И.А. Темпоральные модели в интервальном движении // Наука и технологии железных дорог. 2023. Т. 7. №4 (28). – С.30-40.
12. Aoun J. et al. A hybrid Delphi-AHP multi-criteria analysis of Moving Block and Virtual Coupling railway signalling //Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2021. – Т. 129. – С. 103250.
13. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Распределенное управление на транспорте // Наука и технологии железных дорог. – 2018. Т.2.– 3(7). – С.3-16.
14. Tsvetkov V. Ya., Timofeev V. V. Informational Granular Analysis // European Journal of Technology and Design. – 2023. 11(1) С. 27-32.
15. Цветков В.Я. Применение геоинформационных технологий для поддержки принятия решений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001. – №4. – С.128-138.
16. Цветков В.Я., Ознамец В.В. Применение радиометок при мониторинге железнодорожных дорог // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 5. С. 34-35.
17. Jo O., Kim Y. K., Kim J. Internet of things for smart railway: feasibility and applications //IEEE Internet of Things Journal. – 2017. – Т. 5. – №. 2. – С. 482-490.