

Использование Интернета вещей на объектах железнодорожной инфраструктуры

О. Г. Евдокимова¹, С. М. Куценко²

Петербургский государственный университет путей
связи Императора Александра I
¹evdokimova@pgups.ru, ²kutsenko@pgups.ru

Д. Х. Рихсиев

Ташкентский государственный транспортный
университет, Республика Узбекистан
dilmurod.rikhsiev@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются возможные вектора развития инфраструктуры железнодорожного комплекса с использованием современных телекоммуникационных технологий. Сформулированы и рассмотрены некоторые направления и перспективы применения технологии «Интернета вещей» (Internet of Things) в железнодорожной инфраструктуре для совершенствования системы управления процессами перевозок. Обозначены преимущества применения технологии интернета вещей как компонента системы управления железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: интернет вещей; Internet of Things; IoT; системы связи и автоматизации; интеллектуальные технологии; цифровизация

I. ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация экономики является актуальным трендом развития России, определяющим необходимость создания эффективных систем управления на новом технологическом уровне во всех сферах жизни, и направленным на выполнение указов Президента Российской Федерации [1, 2] и распоряжений Правительства [3]. Внедрение отечественного транспортного комплекса в глобальную транспортную систему считается одной из приоритетных задач. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года предполагает формирование «цифрового каркаса» для развития технологий и сервисов в существующих и новых сегментах деятельности.

Процесс цифровизации управления ОАО «РЖД» можно охарактеризовать внедрением информационных технологий, позволяющих принимать решения в зависимости от полученных данных, в различных корпоративных процессах для повышения их эффективности. Высокий уровень автоматизации процессов в холдинге «РЖД» позволяет поэтапно реализовывать цифровую трансформацию, которую часто связывают с цифровыми платформами (инфраструктурой).

Следует отметить, что цифровизация транспортно-логистического комплекса на территории России осуществляется достаточно активно, в том числе реализацией проектов по формированию электронных очередей на пунктах пропуска, электронному оформлению товарно-сопроводительных документов при реальных перевозках, проекту отслеживания грузов через пломбирование [4].

Техническая инфраструктура является одним из базисных элементов цифровизации, что обусловлено структурой железнодорожного комплекса.

II. ТЕХНОЛОГИИ

Совокупность существующей автоматизированной системы управления (АСУ), системы обеспечения движения поездов (СОДП), инфраструктуры интернета вещей (Internet of Things, IoT), включающей цифровые сети связи и беспроводную высокоскоростную передачу данных, являются неотъемлемой частью при создании современной платформы, которая позволит создать и совершенствовать информационное управления процессами перевозок на российских железных дорогах.

Информационное управление интегрирует как прямые технологии управления, так и многочисленные технологии поддержки управления и принятия решений. Применение интернета вещей, как информационной технологии поддержки, представляется неотъемлемым фактором развития управления транспортом.

Интернет вещей – глобальная вычислительная сеть, объединяющая в себе различного рода физические объекты, способные взаимодействовать между собой и внешним миром [5]. Международным союзом электросвязи разработана рекомендация Y.2060, которая содержит описание эталонной модели IoT, состоящей из четырех горизонтальных уровней приложения, поддержки сервисов и приложений, сетевого и уровня устройств [6] и двух вертикальных уровней (управления и безопасности), охватывающих все горизонтальные (рис. 1).

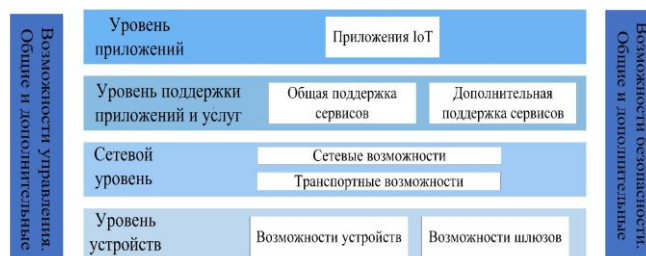


Рис. 1. Эталонная модель IoT согласно МСЭ-Т Y.2060

Для железнодорожной отрасли можно выделить следующие направления применения технологии IoT, позволяющие увеличить производительность труда и степень автоматизации технологических процессов,

снизить издержки производства, повысить безопасность технологических процессов:

- контроль местоположения и состояния подвижного состава;
- контроль параметров состояния инфраструктуры в реальном времени;
- обеспечение безопасности персонала [6].

Отметим, что обеспечение безопасности персонала путем наблюдения за состоянием человека и контроля его расположения в опасных зонах в системе реального времени представляется одним из перспективных направлений по использованию технологии интернета вещей.

Использование интернета вещей при планировании маршрута позволяет учитывать информацию о погоде, скорости погрузки и разгрузки в конкретных точках следования груза, влияющей на скорость транспортировки. Ориентируясь на данные, поступающие в режиме реального времени, такая модель сможет с гораздо более высокой точностью построить оптимальный маршрут и рассчитать точное время доставки. А значит, одновременно сократить затраты и сроки доставки, что позволит повысить удовлетворенность клиентов качественным сервисом. Таким образом, использование систем IoT повышает координацию управления инцидентами.

Использование датчиков позволяет следить за состоянием распределенной железнодорожной инфраструктуры [7] в реальном времени и прогнозировать предотказные состояния.

Применение решений в области интернет вещей для железнодорожного транспорта предоставляют возможность реализовать такие проектов, как, например, «Цифровое депо», «Доверенная среда», «Умный локомотив», «Обслуживание по состоянию», «Автоматизированная диагностика инфраструктуры и вагонов» [4].

Помимо применения IoT в перевозочном процессе важно развивать контроль и управление объектов транспортной инфраструктуры. Например, систему «умный дом» можно взять за основу используя для сбора и передачи информации распространенный в последнее время протокол LoRaWAN [8]. Так, на таком важном объекте железнодорожной инфраструктуры как линейно-аппаратный зал, в котором размещают системы со спектральным уплотнением каналов (WDM, wavelength-division multiplexing, мультиплексирование с разделением по длине волны), крайне важно обеспечивать требуемый для оптимальной работы аппаратуры микроклимат, что обеспечит установка датчика микроклимата, пожаротушения, аварийного оповещения; осуществлять контроль закрытого контура помещения позволяют датчики движения и видеонаблюдения, контролировать перемещение объектов инфраструктуры позволяет использование датчиков ГЛОНАСС. Перечисление видов датчиков и объектов железнодорожной инфраструктуры, которыми

в перспективе возможно их оснастить, можно продолжить.

В этом случае важнейшим показателем является энергоэффективность сетей, которая по рекомендации международного союза электросвязи (МСЭ-Т L.1310) определяется как «отношение между функциональной единицей и энергией, требуемой для выработки функциональной единицы», а конкретнее – потребление энергии самими датчиками.

В этой области интересны опубликованные результаты испытаний компании Rohde & Schwarz [9], где энергоэффективность батарейки устройств SigFox оказывается ниже, чем у устройства LoRaWAN. Необходимо обратить внимание на тот факт, что энергия, затраченная на передачу сообщения, зависит от времени в эфире и мощности передатчика. Энергоэффективность нельзя сравнивать для систем с разной дальностью работы. Энергоэффективность нельзя сравнивать для систем с разной дальностью работы. Так же представляет интерес результат расчета энергоэффективности датчика с Bluetooth (BLE) каналом. BLE-маячок мощностью 0 dBm при передаче сообщений с периодом один раз в секунду потребляет около 7 мкА, а при использовании литиевой батареи емкостью 1000 мАч данный датчик проработает более 16 лет, что подтверждает его энергоэффективность.

В системах Internet of Things могут применяться:

- локальные и персональные сети (WLAN – Wireless Local Area Network, и WPAN – Wireless Personal Area Network) с протоколами передачи, например, Wi-Fi и ZigBee;
- глобальные сети (Low-Power Wide-Area Network) с протоколами передачи, например, LoRaWAN, XNB, 4G LTE, 5G.

Для взаимодействия с устройствами в железнодорожной отрасли чаще используются энергоэффективные глобальные сети LPWAN, обеспечивающие передачу данных на большие расстояния (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИЙ

Характеристики	Технологии передачи данных			
	LPWAN: LoRaWAN, XNB («СТРИЖ Телематика»)	ZigBee (6LoWPA N)	WLAN: WiFi	WWAN: GSM/U MTS/ LTE
Энергетическая эффективность	20 мкАч высокая	средняя	низкая	средняя
Скорость передачи данных (Data Transfer Rate, DTR), кбит/с	Низкая 100 бит/с-1 Мбит/с	Средняя 50-200 Мбит/с	Высокая 100 Мбит/с	Высокая 100 Мбит/с
Расстояние, м	От 10 000	50 – 100	50	500 – 1000

По принципу работы LPWAN схож с сетями сотовой связи. LPWAN использует топологию «звезда», где каждое устройство напрямую передает данные по радиоканалу на базовую станцию. Станция принимает сигналы от всех устройств в радиусе своего действия и ретранслирует полученные данные на сервер, используя доступный канал связи.

Сервер осуществляет обработку и архивирование данных, а также предоставляет данные пользователям. Для обеспечения глобального доступа пользователи получают данные через Интернет или посредством сотовой связи. Для передачи данных по радиоканалу, как правило, применяется нелицензируемый диапазон частот, разрешенных к свободному использованию в регионе построения сети: 2,4 ГГц, 868/915 МГц (LoRa), 433 МГц, 169 МГц.

Преимуществом LPWAN-технологии является:

- дальность передачи радиосигнала (достигает 10—15 км);
- беспроводная передача данных (не требующая прокладки протяженных кабельных трасс);
- высокая проникающая способность сигнала;
- возможность подключения практически неограниченного количества сетевых устройств, что позволяет решать проблему их масштабирования и развития сетевой инфраструктуры в целом;
- низкое энергопотребление у конечных устройств, благодаря минимальным затратам энергии на передачу небольшого пакета данных;
- отсутствие необходимости получения частотного разрешения и платы за радиочастотный спектр, вследствие использования нелицензируемых частот (ISM-диапазон, Industrial, Scientific, Medical).

В качестве протоколов передачи в сетях LPWAN для решения прикладных задач используются протоколы LoRaWAN и XNB [10], как наиболее распространенные, удовлетворяющие необходимым требованиям и имеющие поддержку производителей оконечных устройств. Основу транспортной архитектуры составляет стек TCP/IP.

Следует отметить, что в 2020 году Росстандартом разработан ряд нормативных документов в области интернета вещей, промышленного интернета и сенсорных сетей. В феврале 2022 года Международной организацией по стандартизации и Международной электротехнической комиссией (ISO/IEC) был утвержден первый, созданный в России, стандарт промышленного интернета вещей, устанавливающий единые требования к совместимости различных устройств и систем IoT. Этот стандарт направлен на обеспечение возможностей продвижения отечественных технологий и их практическую реализацию.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение в технологии Internet of Things единой облачной платформы для сбора и анализа данных позволяет управлять потоками данных в смежных технологических системах, что принципиально отличается от эксплуатируемых в настоящее время систем, использующих изолированную в границах каждой системы структуру сбора и обработки данных.

В заключение следует отметить, что дальнейшее внедрение цифровых технологий, в том числе IoT, в построение информационных систем управления на железнодорожном транспорте позволит повысить качество и объем перевозок. Однако на пути цифровизации железнодорожного комплекса нельзя не обратить внимание и на трудности достижения интегрального результата, связанные с протяженностью железных дорог России и нехваткой соответствующих отраслевых специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Указ Президента Российской Федерации Путина В.В. 07.05.2018 №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/ (Дата обращения 12.02.2022г.).
- [2] Указ Президента Российской Федерации Путина В.В. 07.05.2018 №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/ (Дата обращения 02.02.2022г.).
- [3] Распоряжения Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632р, утверждающего программу «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения 12.02.2022 г.).
- [4] Евдокимова О.Г., Крючкова Т.В. Цифровые тенденции в развитии железных дорог России // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2022. № 1 (77). С. 155-157
- [5] Ли П. J55 Архитектура интернета вещей / пер. с англ. М.А. Райтмана. М.: ДМК Пресс, 2019. 454 с.: ил.
- [6] Куценко С.М., Евдокимова О.Г. Применение технологий IoT на пути к цифровизации железнодорожного комплекса // Автоматика, связь, информатика. 2022. № 11. С. 8–10.
- [7] Арипов Н.М., Шохрух Ш.К., Тохиров Н.С. угли. Практическое применение технологии LORAWAN для отслеживания подвижного состава на железнодорожном транспорте // Academic Research in Educational Sciences, 2022. V.3, I.8.
- [8] Зикирбай К.Е., Алимбаева Ж.Н., Алимбаев Ч.А., Молдаш Б.Т., Мусилимов Д.Б. Система интеллектуального учета и управления коммунальными ресурсами на основе технологии LoRaWAN // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 3. С. 6–19.
- [9] Characterization of Sigfox Devices from Lab to Production Line URL: http://scdn.rohdeschwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma294/1MA294_3e_Sigfox_Device_Test.PDF (Дата обращения 12.02.2023г.).
- [10] Хатламаджиян А.Е., Орлов В.В., Николаев И.С. Применение технологии интернета вещей для задач диагностики и управления на железнодорожном транспорте // Труды АО "НИИАС": Сборник статей. Том 1. Выпуск 11. Москва, 2021.