

Л.В. Козиенко, И.Н. Чернов, Т.А. Кучерова

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская федерация

ПРОЕКТ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Аннотация. В данной статье рассматривается прототип учебно-лабораторного стенда, предназначенного для изучения особенностей беспроводной передачи данных с использованием протоколов ZigBee, LoRa, Bluetooth и Wi-Fi. Разработка основана на базе микроконтроллера ATmega2560 с использованием программируемых приемо-передающих модулей беспроводной связи.

Ключевые слова: интернет вещей, микроконтроллер, беспроводная связь, передача данных, радиотехнические системы.

L.V. Kozienko, I.N. Chernov, T.A. Kucherova

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

LAB STAND DESIGN AND DEVELOPMENT FOR STUDYING WIRELESS DATA TRANSMISSIONS

Annotation. This article discusses design and development of a laboratory stand prototype for studying wireless data transmission using ZigBee, LoRa, Bluetooth and Wi-Fi protocols. The development is based on the ATmega2560 microcontroller with programmable wireless communication transceiver modules.

Keywords: Internet of Things, microcontroller, wireless communications, data transmission, radio systems.

Введение

В рамках реализации долгосрочной программы развития ОАО «РЖД», предусматривается переход на «цифровую железную дорогу», включая мероприятия по разработке и внедрению перспективных технических средств и технологий инфраструктуры путевого комплекса, железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий железнодорожного транспорта [1].

Строительные, ремонтные и аварийно-восстановительные работы на железной дороге сопровождаются использованием различных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) (как правило, мультироторного или самолетного типа) для контроля за ходом выполнения работ [2]. Внедряются автоматизированные системы контроля за качеством и безопасностью проведения работ в зоне интенсивного движения поездов с использованием беспроводных технологий. Подобные тенденции требуют соответствующей подготовки профильных специалистов, способных решать различные задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией современных систем беспроводной связи.

Постановка задачи

В настоящей работе рассматривается прототип учебно-лабораторного стенда, предназначенного для изучения особенностей передачи данных от ряда источников с использованием различных протоколов беспроводной связи. Для практической реализации стенда необходимо решить следующие задачи:

1. Определить возможный перечень подключаемых на железной дороге устройств, их характеристики и параметры доступные для измерения;
2. Выбрать технологии для организации каналов беспроводного доступа;
3. Разработать структурную схему устройства;
4. Разработать мобильный (переносной) прототип устройства.

Запрос на инновации в сфере цифровизации железной дороги, организации различных систем мониторинга ощущается в различных службах компании ОАО «РЖД». Например, в сфере вагонного хозяйства требуется знать местоположение каждого вагона и состояние тележек. В хозяйстве пути требуются системы контроля за подвижками грунта, возникающих в результате оползней, паводков или землетрясений, а также систем прочностного мониторинга мостовых сооружений, виадуков и тоннелей. В службе автоматики и телемеханики – внештатного вскрытия шкафов, открытия канализационных колодцев, системы управления сигналами и устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики на станциях и перегонах. Энергетикам необходим контроль изоляторов, мониторинг состояния контактной сети, измерение утечек тока и наводимого напряжения. Службе тяги требуется знать местоположение поезда, мониторинг состояния локомотива в реальном времени. Для пассажиров поездов дальнего следования и пригородного сообщения, как правило, требуется наличие высокоскоростного доступа к ресурсам сети Интернет. На станциях и перегонах нужна система определения местоположения сотрудников и оповещения их о приближении поезда. Активно развивается применение БПЛА для обследования текущего состояния инфраструктуры железной дороги и прилегающей территории с целью предотвращения лавин и пожаров.

Внедрение целого комплекса устройств для решения вышеуказанных задач требует наличия надежных каналов как проводной, так и беспроводной связи с широкой зоной покрытия для организации систем мониторинга, управления и передачи данных.

Организацией и предоставлением каналов связи на железной дороге занимается Дирекция связи – структурное подразделение Центральной станции связи (ЦСС) ОАО «РЖД». Как правило, на всех станциях железнодорожной магистрали уже имеются точки подключения к высокоскоростной сети передачи данных со скоростями от 10 Гбит/с и выше. С предоставлением же доступа к высокоскоростной сети непосредственно на перегонах сейчас возникают сложности.

Одним из вариантов организации беспроводного доступа на перегонах между станциями может быть использование элементов технологии «Интернет вещей», предназначенных для обмена данными между различными устройствами [3 – 5].

Согласно типовой схеме организации «Интернета вещей» (рис.1) датчики измеряющие различные показатели объектов управления, устройства контроля, мониторинга и др., подключаются к беспроводным передатчикам при помощи электрических шин или (что чаще) выполняются в едином конструктиве.

Сигналы с беспроводных передатчиков попадают в первичные накопители данных, осуществляющие сбор информации от нескольких объектов, их первичную обработку и передачу через любую доступную сеть связи на специальный сервер. Сервер (или другой микроконтроллер, компьютер или распределенная облачная сеть высокопроизводительных устройств) выполняет сбор, обработку и вывод информации оператору о любых штатных или внештатных ситуациях, возникающих на контролируемом объекте.

При организации беспроводных каналов передачи данных можно использовать услуги сторонних операторов, которые работают на частотах, требующих лицензирования. Использование таких каналов весьма эффективно при развертывании сети в городской черте, в зоне уверенного приема сигналов, однако не всегда подходит для задач обучения в виду малой вариативности регулируемых параметров.

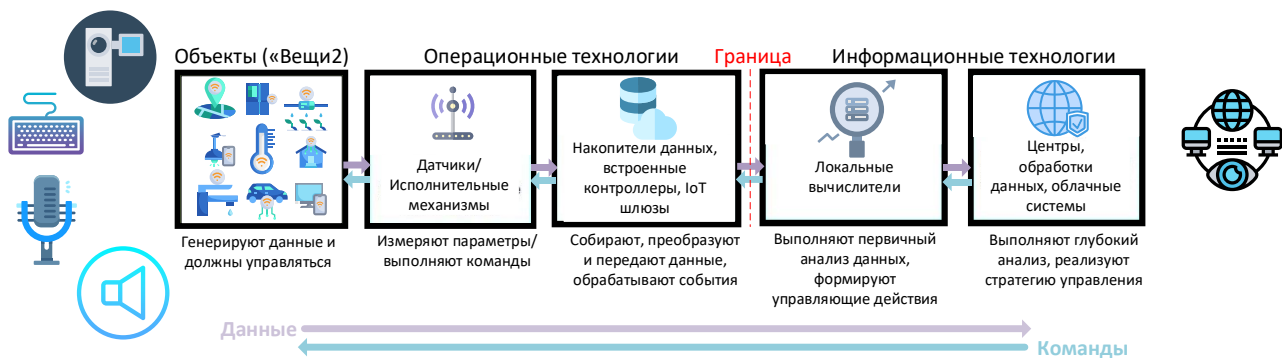


Рис. 1. Структурная схема концепции «Интернет вещей»

Для реализации необходимой вариативности нами выбраны часто применяемые низкоскоростные протоколы дальней связи ZigBee и LoRa, характеризующиеся низким энергопотреблением (актуально в сетях «Интернета вещей» для сбора информации с датчиков), а также протоколы Bluetooth и Wi-Fi (рис. 2), широко используемые при организации беспроводных сетей доступа [6 – 8].

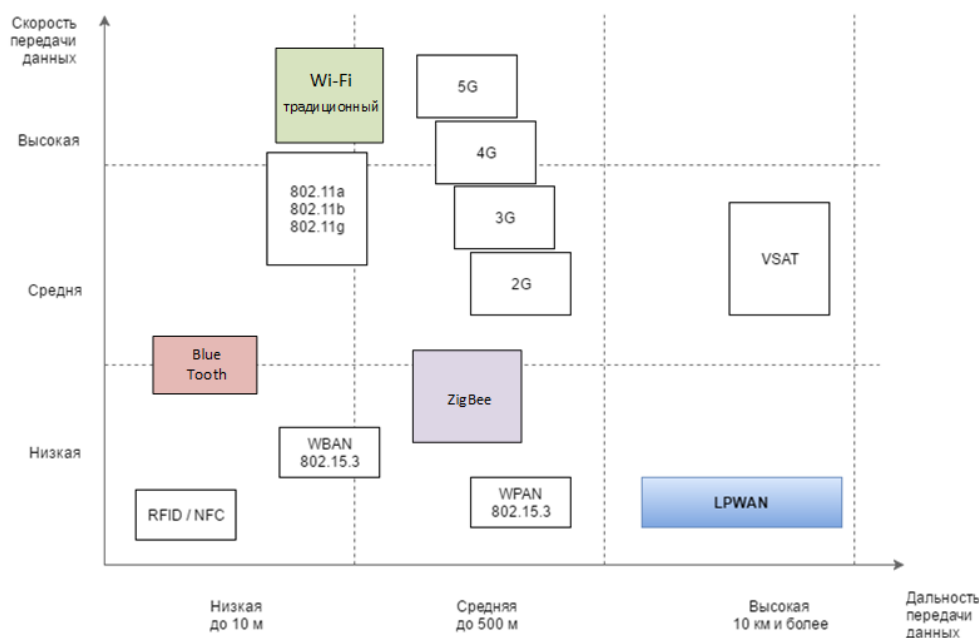


Рис. 2. Разновидности беспроводных технологий передачи данных

Разработка прототипа учебно-лабораторного стенда

Рассмотрим структурную схему прототипа учебно-лабораторного стенда (рис. 3). Стенд состоит из двух микроконтроллерных плат Arduino Mega 2560, работающих на микроконтроллере ATmega2560. Между платами организовано четыре независимых канала передачи данных через пары беспроводных передатчиков:

- модуль Wi-Fi ESP8266;
- модуль ZigBee E18-MS1-PCB;
- передатчики Bluetooth HC-05, HC-06;
- модуль LoRa E220-900t22d.

Наличие на микроконтроллере 4 независимых портов UART, 6 таймеров/счетчиков, 54 цифровых входов/выходов (16 из которых имеют АЦП, а 14 ШИМ), дает широкий выбор возможных вариантов для организации каналов передачи данных, подключения периферийных устройств, а также линий для управления настройками передатчиков [9].

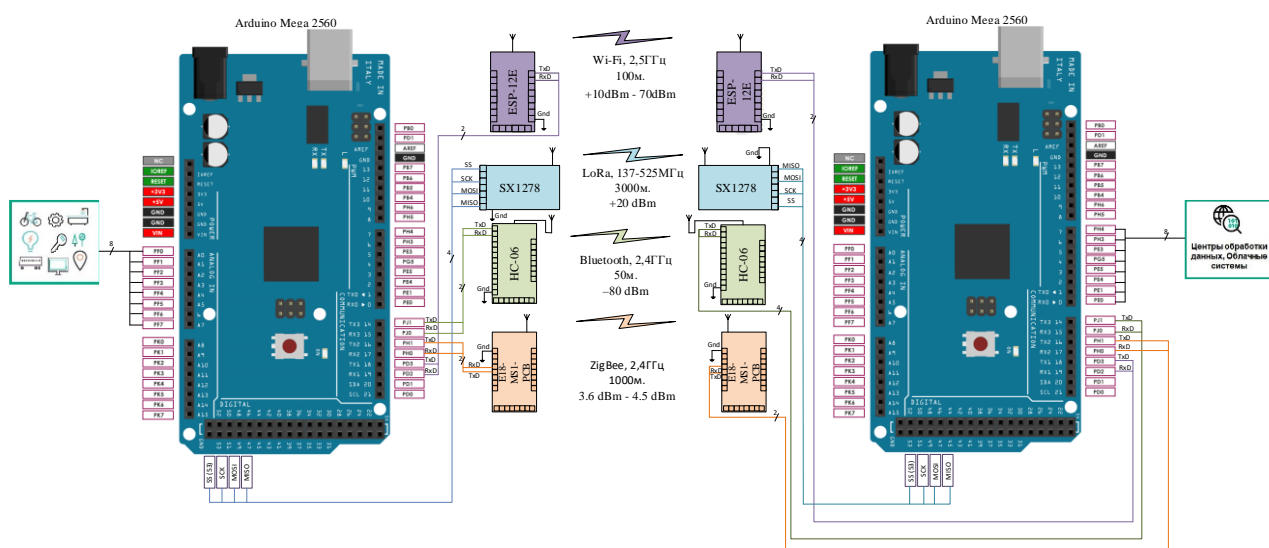


Рис. 3. Блок-схема прототипа учебно-лабораторного стенда

Современные модули беспроводной связи являются сложными устройствами и работают на базе собственных перепрограммируемых контроллеров. Для изменения программы работы любого из приемопередатчиков микроконтроллерную плату ATmega можно перевести в режим конвертера UART – USB замыкая цепь RESET на шину GND. Программирование приемопередатчиков при этом следует осуществлять попеременно подключая их компьютеру по линиям TX1 и RX1.

Таким образом, на стенде можно изучать работу отдельных приемопередатчиков, настраивать их параметры, а также загружать программу для одновременной работы нескольких приемопередатчиков для изучения режимов защищенной передачи с разделением трафика. При этом отдельный интерес представляет возможность одновременной передачи данных по нескольким шинам, определение пропускной способности каналов связи, дальности и надежности каждого канала [10].

Макет предполагается комплектовать клавиатурой, ЖК дисплеем, микрофоном, динамиком, внешней flash памятью, а также платами питания на 9, 5 и 3.3 В с набором из 4 Li-Ion аккумуляторов. Такое решение делает стенд мобильным, что в полевых условиях позволит оценить дальность работы устройств, реальную скорость передачи данных, влияние внешних факторов (препятствий, помех от контактной сети и т.п.).

Заключение

Предлагаемый учебно-лабораторный стенд предоставит возможность изучить особенности работы беспроводной связи стандартов ZigBee, LoRa, Bluetooth и Wi-Fi как в лабораторных, так и в реальных условиях эксплуатации, оценить дальность и надежность соответствующих каналов связи.

Практическое применение в образовательном процессе современных устройств технологии «Интернет вещей» позволит повысить интерес студентов к профильным, специализированным дисциплинам, а также получить непосредственные навыки инженерной работы по разработке и отладке цифровых устройств связи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. No 466 р. <http://government.ru/docs/36094/>.
2. Павловский А.А. Применение беспилотных авиационных систем при решении задач железнодорожного транспорта / А.А. Павловский, А.И. Карелов, М.А. Щеглов // Труды АО "НИИАС" : Сборник статей. Том 1. Выпуск 11. – Москва : Типография АО "Т 8 Издательские Технологии", 2021. – С. 125-149. – EDN JUBTLD.

3. Патент № 2693293 C1 Российская Федерация, МПК H04L 12/24. Способ осуществления связи посредством интернета вещей, устройство на стороне сети и терминал интернета вещей : № 2018111215 : заявл. 01.07.2016 : опубл. 02.07.2019 / Ш. Лю, И. Ло ; заявитель ХУАВЭЙ ТЕКНОЛОДЖИЗ КО., ЛТД. – EDN TWCBDL.
4. Курмаев Т.И. Сравнение протоколов передачи данных в Интернете вещей / Т.И. Курмаев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1-1(115). – С. 45-47. – DOI 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. – EDN КЕНВОВ.
5. Панченко, А. О. Анализ и исследование существующих протоколов Интернета вещей / А. О. Панченко // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 36-1. – С. 55-57. – DOI 10.18411/lj-31-03-2018-16. – EDN XQIDCP.
6. Башлыков Н.А. Проектирование системы сбора данных и управления на основе протокола LoRa / Н. А. Башлыков // Политехнический молодежный журнал. – 2019. – № 5(34). – С. 10. – DOI 10.18698/2541-8009-2019-5-472. – EDN LYKQLO.
7. Закалюжный А.А. Zigbee – протокол современной беспроводной технологии передачи данных / А.А. Закалюжный, С.Б. Кудряшев // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-3. – С. 470-472. – EDN YWFILS.
8. Проценко Э.В. Обзор архитектуры сети LoRaWAN / Э.В. Проценко // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки : Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Москва, 26 сентября 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2022. – С. 192-195. – EDN OZUAMX.
9. Аксенов Е.Н. Лабораторный стенд для проверки плат семейства Ардуино / Е.Н. Аксенов А.В. Деткова // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. – 2022. – № 3(72). – С. 124-129. – EDN YIMSTR.
10. Кучмин Н.А. Модуль управления приемопередатчиком базовой станции для системы беспроводного сбора / Н.А. Кучмин // Kazakhstan Science Journal. – 2022. – Т. 5, № 4(38). – С. 5-12. – EDN DNXWIQ.

REFERENCES

1. Long-term development program of the open joint-stock company "Russian Railways" until 2025, approved by order of the Government of the Russian Federation dated March 19, 2019 No. 466 rub. <http://government.ru/docs/36094/>.
2. Pavlovsky A.A. Application of unmanned aerial systems in solving problems of railway transport / A.A. Pavlovsky, A.I. Karelov, M.A. Shcheglov // Proceedings of JSC "NIIAS": Collection of articles. Vol. 1. Issue 11. - Moscow: Printing house JSC "T 8 Publishing Technologies", 2021. - P. 125-149. – EDN JUBTLD.
3. Patent No. 2693293 C1 Russian Federation, IPC H04L 12/24. Method for communication via the Internet of things, network-side device and Internet of things terminal: №2018111215: application. 07/01/2016: publ. 07/02/2019 / S. Liu, Y. Luo; Applicant HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. – EDN TWCBDL.
4. Kurmaev T.I. Comparison of data transfer protocols in the Internet of Things / T.I. Kurmaev // International scientific research journal. – 2022. – №1-1(115). – pp. 45-47. – DOI 10.23670/IRJ.2022.115.1.007. – EDN КЕНВОВ.
5. Panchenko, A. O. Analysis and research of existing protocols of the Internet of things / A. O. Panchenko // Trends in the development of science and education. – 2018. – №36-1. – pp. 55-57. – DOI 10.18411/lj-31-03-2018-16. – EDN XQIDCP.
6. Bashlykov N.A. Design of a data collection and control system based on the LoRa protocol / N. A. Bashlykov // Polytechnic youth magazine. – 2019. – №5(34). – P. 10. – DOI 10.18698/2541-8009-2019-5-472. – EDN LYKQLO.

7. Zakalyuzhny A.A. Zigbee – protocol of modern wireless data transmission technology / A.A. Zakalyuzhny, S.B. Kudryashev // International student scientific bulletin. – 2018. – №3-3. – pp. 470-472. – EDN YWFILS.

8. Forgiveness E.V. Review of LoRaWAN network architecture / E.V. Forgiveness // Modern strategies and digital transformations of sustainable development of society, education and science: Collection of materials of the II International Scientific and Practical Conference, Moscow, September 26, 2022. – Moscow: Limited Liability Company “ALEF Publishing House”, 2022. – P. 192-195. – EDN OZUAMX.

9. Aksenov E.N. Laboratory bench for testing Arduino family boards / E.N. Aksenov A.V. Detkova // Bulletin of the Pridnestrovian University. Series: Physics, mathematics and technical sciences. Economics and Management. – 2022. – №3(72). – pp. 124-129. – EDN YIMSTP.

10. Kuchmin N.A. Base station transceiver control module for wireless collection system / N.A. Kuchmin // Kazakhstan Science Journal. – 2022. – Т. 5, №4(38). – P. 5-12. – EDN DNXWIQ.

Информация об авторах

Козиенко Леонид Владимирович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: leo.kozienko@gmail.com;

Чернов Игорь Николаевич – ст. преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: 1bopoh1@mail.ru;

Кучерова Татьяна Алексеевна – студентка группы СОД.3-19-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kkchrvv@mail.ru

Authors

Kozienko Leonid Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Telemechanics and Communications, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: leo.kozienko@gmail.com;

Chernov Igor Nikolaevich – senior Lecturer at the Department of Automation, Telemechanics and Communications, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: 1bopoh1@mail.ru;

Kycherova Tatyana Alekseevna – student of group SOD.3-19-1, Faculty of Transport Support Systems, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kkchrvv@mail.ru