

Разработка системы дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами с применением технологии LoRa-сетей

С.А. Ямашкин, А.Р. Правосудов, Д.С. Масляев, И.С. Сергеев

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Аннотация: *Актуальность и цели.* В статье дана характеристика проекта в области решения задачи управления организационными системами посредством разработки системы дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами с применением технологии LoRa-сетей. *Материалы и методы.* В рамках проекта обеспечены апробация и практическое использование LoRa-сетей. Разработанная система состоит из 3 основных модулей: Устройства, серверная часть, а также клиентское приложение. В свою очередь устройства подразделяются на шлюзы, и конечные устройства. *Результаты.* Проведено проектирование автоматизированной системы управления пространственными объектами, разработаны и протестированы устройства-шлюзы и конечные устройства, формирующие прототип сети Интернета вещей, а также серверная часть автоматизированной системы дистанционного управления пространственно распределенными устройствами. *Выводы.* Осуществлены тестирование и отладка системы, получена отлаженная система дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами на основе концепции Интернета вещей с применением технологии LoRa-сетей. Предполагается, что результаты НИОКР будут востребованы в организациях, деятельность которых связана с использованием пространственно-распределенных ресурсов.

Ключевые слова: интернет вещей, управление территориально-распределенными системами, LoRa-сети, геосистемный подход, инфраструктуры пространственных данных.

Введение. В решении задачи управления организационными системами в настоящее время особую роль начинают играть геоинформационные системы. Через внедрение технологии интернета вещей они приобретают функцию подсистемы диспетчеризации. В рамках статьи дана характеристика исследования, направленного на решение задачи разработки системы дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами на основе концепции Интернета вещей с применением технологии LoRa-сетей.

Цель исследования – разработка системы дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами на основе концепции Интернета вещей с применением технологии LoRa-сетей.

Достижение поставленной цели в рамках НИР осуществлено посредством решения следующих **задач**:

1) Проектирование и разработка набора устройств двух типов: устройств-шлюзов (реализующих функцию сбора данных с территориально-распределенных устройств и отправки их на центральный сервер) и конечных устройств (собирающих данные с датчиков, передающих телеметрию по каналу LoRa, запускающих актуаторы).

2) Разработка информационной диспетчерской системы для мониторинга пространственных объектов с функцией их визуализации на цифровой карте на основе веб-технологий с возможностью мониторинга передаваемого состояния объектов и удаленного управления.

3) Апробация системы в реальных условиях при решении задачи мониторинга и удаленного управления пространственно-распределенными устройствами интернета вещей, тестирование технологии LoRa.

Методы исследования. Для организации сетей интернета вещей применяются множество протоколов и стандартов, которые обеспечивают совместимость и синхронизацию между устройствами, сетями и приложениями. LoRaWAN – это стандарт беспроводной связи для передачи данных на большие расстояния. В рамках проекта обеспечены апробация и практическое использование LoRa-сетей, способных предоставить следующий набор преимуществ: дальность передачи (LoRa-сети могут передавать данные на расстоянии до 10 км и более в открытой местности и до нескольких километров в городской застройке), низкое энергопотребление, гибкость (сети обладают большой гибкостью и могут быть настроены и использованы для различных приложений), высокая надежность (сети могут работать в сложных условиях, обеспечивая высокую надежность связи), масштабируемость (сети могут быть масштабированы до тысяч устройств, что позволяет использовать их для больших проектов),

автономность (устройства в LoRa-сети могут быть автономными и работать независимо, без постоянного контроля человека), безопасность (обеспечивают высокий уровень безопасности передачи данных, что делает их надежным и безопасным средством для использования в различных приложениях).

Обсуждение результатов. Разработанная система состоит из 3 основных модулей: устройства, серверная часть, а также клиентское приложение. В свою очередь, устройства подразделяются на шлюзы и конечные устройства). Общение компонентов системы между собой происходит по технологии LoRa. LoRa - это метод беспроводной модуляции, основанный на технологии Chirp Spread Spectrum (CSS).

Каждое устройство оснащается приёмопередатчиком LLCC68 LoRa (868 МГц 915 МГц, 22 дБм). Расчётная дальность связи 5км в условиях прямой видимости (Экспериментально выявленная дальность - 4км. Выход устройства-шлюза в сеть интернет обеспечивается с помощью Wi-Fi (IEEE802.11 b/g/n). Передача информации с устройства на сервер и обратно осуществляется при помощи протокола MQTT. Он работает на прикладном уровне поверх TCP/IP. К его особенностям относится использование схемы публикации/подписки сообщений, обеспечивающей распределение сообщений по принципу "один-ко-многим" и разделение приложений.

Backend-сервер подписывается на данный топик и, исходя из полученной информации, производит необходимые действия, например, отдаёт информацию клиенту.

Для устройства-шлюза реализованы следующие варианты использования: получение сообщения от конечных устройств по каналам связи LoRa, веб-интерфейс настроек подключения к W-Fi, подключение к сети Интернет посредством Wi-Fi, преобразование полученных сообщений по каналам связи LoRa и отправка их на сервер, получение сообщений от

сервера, преобразование их в команды и отправка их конечным устройствам по каналам связи LoRa.

Для конечных устройств реализованы варианты использования: получение команд от устройства-шлюза по каналам связи LoRa; физическая возможность осуществить управление водяным насосом для полива; обладание набором датчиков для мониторинга окружающей среды; отправка информации с датчиков устройства-шлюза по каналам связи LoRa.

Конечное устройство выступает в роли автоматизированного полива. Оно автоматически с определённым периодом времени считывает показания с датчиков и отправляет их устройству-шлюзу, также на основании показаний с датчиков может принимать решение о начале полива при включенной опции автоматического полива. Команды для настройки автоматического режима устройство получает от головного устройства.

Серверная часть системы, функционирует как механизм, где каждый компонент выполняет свои специализированные задачи, в результате чего обеспечивается стабильная и эффективная работа системы. В центре данной системы находится веб-сервер Nginx, который действует в качестве шлюза между внешним миром и приложением, реализованным на языке программирования PHP. Nginx принимает входящие запросы от веб-браузеров пользователей и направляет их на обработку в PHP. В результате этого взаимодействия PHP создает и возвращает необходимый контент для клиента.

Выводы. В ходе проведения НИР решены следующие задачи:

1) Проведено проектирование автоматизированной системы управления пространственными объектами в ходе которого разработано детализированное техническое задание, реестр требований, проект информационной системы.

2) Разработаны и протестированы устройства-шлюзы и конечные устройства, формирующие прототип сети Интернета вещей.

3) Разработана и протестирована серверная часть автоматизированной системы дистанционного управления пространственно-распределенными устройствами.

4) Осуществлены тестирование и отладка системы, в том числе, в реальных условиях, в результате чего было получена отлаженная система дистанционного мониторинга и управления пространственно-распределенными объектами на основе концепции Интернета вещей с применением технологии LoRa-сетей.

Предполагается, что результат НИОКР будут востребованы в организациях, деятельность которых связана с использованием пространственно-распределенных ресурсов.

Благодарности. *Исследование выполнено в рамках конкурса внутривузовских научных грантов Мордовского государственного университета в области гуманитарных, естественных и инженерно-технических наук 2023 года (НИР ГБ 25/22) по программе «Приоритет 2030».*

Литература

1. Правосудов, А. Р., Ямашкин С.А. Интернет вещей: организация автоматизированного полива // Современные наукоемкие технологии, 2023, № 2, С. 83-87.

2. Kumar, S., Tiwari, P., Zymbler, M. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review // Journal of Big data, 2019, 6(1), pp. 1-21.

3. Mrabet, H., Belguith, S., Alhomoud, A., Jemai, A. A survey of IoT security based on a layered architecture of sensing and data analysis // *Sensors*, 2020, 20(13), 3625.

4. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Кирюшин А.В. Геосистемный подход в развитии методов и алгоритмов анализа пространственных данных // *Инженерный вестник Дона*, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8008/.

5. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Radovanović M.M., Petrović M.D., Barmin A.N., Zanozin V.V. Problems of designing geoportal interfaces // *GeoJournal of Tourism and Geosites*. 2019. Vol. 24. No. 1. pp. 88-101.

6. Веденин Ю. А. Культурный ландшафт как географическая модель культурного пространства // *От массовой культуры к культуре индивидуальных миров: новая парадигма цивилизации: сборник статей*. М., 1998. С. 286-294.

7. Зеленцов Л.Б., Маилян Л.Д., Пирко Д.В., Шогенов М.С. Инжиниринговое управление материальными ресурсами при реализации строительных проектов // *Инженерный вестник Дона*, 2019, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5881

8. Singh M., Mukherjee S., Mukherjee M. Recent Development in Geospatial Platform and its significance in Tourism Planning // 2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM). 2021. pp. 40-45.

9. Menegon S., Fadini A., Perini L., Sarretta A., Depellegrin D., De Maio E., Barbanti A. A geoportal of data and tools for supporting Maritime Spatial Planning in the Adriatic-Ionian Region // *Environmental Modelling & Software*. 2023. Vol. 160. P. 105585.

10. Malika K., Ramazon V. The Role of Innovations in the Development of Tourism in the Regions // *Gospodarka i Innowacje*. 2022. Vol. 29. pp. 207-211.

References

1. Pravosudov A., Yamashkin S. Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2023. № 2. pp. 83-87.
2. Kumar S., Tiwari P., Zymbler M. Journal of Big data. 2019. 6(1). pp. 1-21.
3. Mrabet H., Belguith S., Alhomoud A., Jemai A. Sensors. 2020. 20(13). 3625.
4. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Zarubin O.A., Kirjushin A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8008/.
5. Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Radovanović M.M., Petrović M.D., Barmin A.N., Zanozin V.V. GeoJournal of Tourism and Geosites. 2019. Vol. 24. № 1. pp. 88-101.
6. Vedenin U. A. Ot massovoj kultury k kulture individualnyh mirov: novaja paradigma civilizacii [From mass culture to the culture of individual worlds: a new paradigm of civilization]. Moscow. 1998. pp. 286-294.
7. Zelentsov L.B., Mailyan L.D., Pirko D.V., Shogenov M.S. Inzhenernyj vestnik Dona 2019. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5881
8. Singh M., Mukherjee S., Mukherjee M. 2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM). 2021. pp. 40-45.
9. Menegon S., Fadini A., Perini L., Sarretta A., Depellegrin D., De Maio E., Barbanti A. Environmental Modelling & Software. 2023. Vol. 160. pp. 105585.
10. Malika K., Ramazon V. Gospodarka i Innowacje. 2022. Vol. 29. pp. 207-211.

Дата поступления: 1.11.2023

Дата публикации: 28.12.2023