

УДК 681.51

А. І. ВЕРГУН, студент;

В. В. ЖЕБКА, канд. техн. наук, доцент;

К. П. СТОРЧАК, доктор техн. наук, доцент;

А. П. БОНДАРЧУК, доктор техн. наук, доцент,
Державний університет телекомунікацій, Київ

РОЗРОБКА МОДИФІКОВАНОЇ АРХІТЕКТУРИ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ LP-WAN

Досліджено проблему побудови сучасної мережі Інтернету речей. Встановлено, що перспективним підходом сьогодення є LP-WAN підхід. Досліджено рівні мережі Інтернету речей та необхідні вимоги для її вдалого функціонування. Визначено відповідність між рівнями мережі та затвердженими вимогами. Проаналізовано основні недоліки, які сьогодні є в архітектурі Інтернету речей. На основі аналізу особливостей та недоліків IoT сформульовано вимоги, які потрібні для модифікації архітектури мережі для кожного з рівнів, необхідних для вдалого функціонування мережі Інтернету речей. Модифіковано архітектуру мережі Інтернету речей з технологіями, які покращуватимуть відмовостійкість та масштабованість мережі. Сформульовано подальші кроки щодо розробки модифікованої архітектури.

Запропоновано архітектуру мережі Інтернету речей із використанням безпроводової технології передавання невеликих за обсягом даних на далекій відстані LP-WAN. Архітектура базуватиметься на зазначених вимогах. Її перевагами буде зручність у розгортці, масштабованості та підтриманні і розвитку. Для покращення цих показників було запропоновано використовувати технологію LoRaWAN для LP-WAN архітектури. Для зменшення витрат і зручності масштабування всю серверну архітектуру запропоновано перенести на хмарний сервісний центр із підтриманням технології CDN, що зі збільшенням кількості користувачів мережі дасть змогу географічно поділити сервіси для зручного доступу та кращого балансування навантаження самого сервісу. Для зменшення часу розробки і спрощення написання сервісу та клієнтських додатків запропоновано використовувати технологію JSON/XML, щоб установити формат обміну даними між клієнтом і сервером.

Ключові слова: архітектура; IoT; Інтернет речей; мережа; LP-WAN; технологія JSON/XML; технологія LoRaWAN.

Вступ

Основною проблемою на етапі побудови сучасної мережі Інтернету речей є коректно сформульована і задалегідь продумана архітектура для забезпечення всіх необхідних вимог експлуатації. Оскільки промислові та сільськогосподарські об'єкти можуть розміщуватися на великих територіях, віддалених від міської зони, то з використанням проводового інтернету недоцільне через високу собівартість та складність у реалізації. Також не є раціональним підхід із застосуванням стандартних стільникових мереж через неможливість надати швидкий інтернет для великої кількості сенсорних пристроїв. Отже, перспективним підходом сьогодення є LP-WAN підхід [1], що охоплює переваги звичайної безпроводової мережі з використанням стільникових станцій для покращеної масштабованості.

Основна частина

Мережу Інтернету речей утворено на трьох рівнях: рівня мережі, рівня сенсорів та рівня додатку. Кожний рівень відповідає своїй логічній системі додатку. З огляду на кожний з цих рівнів можна окреслити вимоги [2], необхідні для вдалого функціонування мережі Інтернету речей.

До цих вимог належатимуть такі особливості:

- контроль ресурсів;

- енергозбереження;
- якість обслуговування;
- сумісність;
- керування завадами;
- безпека.

Відповідно до наведених вимог передусім потрібно з'ясувати, які саме вимоги належать до якого рівня мережі, а вже потім вносити корективи до них.

Контроль та керування ресурсами системи.

Одним із обов'язків адміністратора є забезпечення розподілення навантаження між передавальними станціями та кінцевими сенсорами. Для цього можна впровадити рішення з використанням LP-WAN станцій, що уможливить зниження ризику перевантаження мережі, оскільки LP-WAN станції мають досить широкий радіус покриття, дасть змогу працювати на різних частотах та можливість обслуговувати велику кількість під'єднаних пристроїв. Це дозволить досить швидко розгорнути мережу з якісним покриттям на доволі великій території.

Енергозбереження. Вирішення на основі LP-WAN сприяє тому, що елементи мережі будуть достатньо енергоефективними, переважний обсяг витраченої енергії буде покладено на провайдерів мережі та хмарного сервісу, значно знижуючи витрати самої системи. Модулі мережі LP-WAN

можуть мати кілька енергозберігаючих режимів, зокрема PSM та eDRX, що дасть можливість користуватися батареєю одного модуля впродовж 5-10 років.

Якість обслуговування. Мережа Інтернету речей має забезпечувати досить високий рівень якості обслуговування користувачів. Ця вимога стосується всіх рівнів мережі, оскільки саме вона відповідає за те, що користувачі отримують у результаті на екранах своїх пристроїв.

Якість з'єднання та пріоритезованість наданих послуг є головними чинниками, що впливають на це. Тому під час колективізації даних пріоритетів буде видано дані, що мають особливу цінність для користувача. На жаль, вирішення застосування LP-WAN трохи зменшує швидкість передавання даних користувачу, тож у разі, коли критично важливим є швидкість передавання і обсяг даних, краще скористатися комбінацією звичайних Wi-Fi мереж та LP-WAN.

З огляду на використання CDN підходу доходимо висновку, що у разі високонавантажених сервісів завдяки маршрутизації і розміщенню серверів затримки в обробленні даних і передаванні користувачеві будуть набагато зменшені [3], що дасть змогу досягти необхідної якості в обслуговуванні.

Керування завадами. Для забезпечення стабільної, надійної та якісної роботи мережі потрібно досягти відсутності послаблення сигналів у самій мережі, щоб робота одних елементів мережі не впливала на роботу інших.

Оскільки було вибрано LP-WAN, цю проблему частково розв'язано — дані мережі мають власні частоти, які не можуть спричинити інтерференцію.

Безпека. Є ключовим аспектом у всій мережі промислового Інтернету речей, оскільки якщо користувачі не будуть впевнені в цілісності своїх даних, то і сенс існування самої мережі Інтернету речей зникає: він надасть зловмисникам доступ майже до всіх персональних даних користувачів і підприємств, що є неприпустимим. Отже, цю вимогу має бути виконано на всіх рівнях мережі.

Рівень сенсорів. Різні типи атак можуть використовувати конфіденційність цього рівня. Тому потрібно вжити комплекс заходів щодо попередження зазначених атак, наприклад створити унікальний алгоритм ідентифікації власних кінцевих вузлів, щоб уникнути підміни та фальсифікації даних, навіть більше — регулярно оновлювати ключі та сертифікати.

Рівень мережі. Із використанням хмарного сервісу вже не потрібно буде створювати механізм захисту від DDOS атак, оскільки за стабільність роботи сервісу відповідає провайдер хосту. Однак є ще атаки, спрямовані на аналіз трафіку, пасивний моніторинг та прослуховування. Найчастіше це спостерігається в разі підміни сертифікацій

і крадіжки приватних ключів, саме тому цьому потрібно приділяти значну увагу. Має існувати механізм для відстеження мережних загроз та забезпечення необхідного захисту від різних мережних атак.

Рівень додатків. Рівень додатків має багато щілин у безпеці, оскільки IoT не відповідає стандартам та глобальній політиці, яка контролює розвиток та взаємодію різних додатків. Однак з огляду на прийняте рішення щодо розміщення сервісів у хмарі, цю проблему буде розв'язано системою безпеки хосту.

Сумісність. LP-WAN рішення можуть утворюватися на різних технологіях, тому для найкращої сумісності мережі треба вибирати певну технологію. У даному вирішенні пропонується використовувати технологію LoRaWAN [4], яка є компромісною щодо дальності покриття базовою станцією і швидкості передавання даних.

Отже, з огляду на зазначене можна сформувану нову модифіковану архітектуру для легко масштабованої системи Інтернету речей, базуючись на використанні:

- ♦ архітектури LP-WAN з LoRaWAN, що уможливує покриття широкої території, надання достатньої енергоефективності кінцевих вузлів та забезпечення високої швидкості передавання;

- ♦ віртуалізації та кластеризації для мережного рівня на базі хмарних вирішень від відомих провайдерів, що забезпечує швидку розгортку, перенесення та розширення сервісів із більш надійним захистом та реплікацією даних;

- ♦ чітко документованому та підтриманому підході до написання клієнт-серверних додатків. Дане рішення дозволить зменшити час на написання додатків, упровадить незалежність для кожного додатку, але залишаючи їх більш легкими у майбутньому підтриманні.

Модифікована архітектура мережі Інтернету речей. Таким чином, можна сформувану структуру модифікованої мережі Інтернету речей, базуючись на зазначених вимогах. Її перевагами буде зручність у розгортці, масштабованості та підтриманні і розвитку. Для покращення цих показників було запропоновано використовувати LoRaWAN технологію для LP-WAN архітектури. Для зменшення витрат і зручності масштабування всю серверну архітектуру запропоновано перенести на хмарний сервісний центр із підтриманням технології CDN, що зі збільшенням кількості користувачів мережі дозволить географічно поділити сервіси для зручного доступу та кращого балансування навантаження самого сервісу. Для зменшення часу розробки і спрощення написання сервісу та клієнтських додатків запропоновано використовувати технологію JSON/XML, щоб встановити формат обміну даними між клієнтом і сервером.

Висновки

1. Проаналізовано основні недоліки, які є сьогодні в архітектурах Інтернету речей.
2. На основі аналізу особливостей та недоліків IoT сформульовано вимоги, потрібні для модифікації архітектури мережі для кожного з рівнів.
3. Модифіковано архітектуру мережі Інтернету речей з технологіями, які покращуватимуть відмовостійкість та масштабованість мережі.
4. Запропоновано подальші кроки щодо розробки модифікованої архітектури.

Список використаної літератури

1. **Gonzalo Pajares Martinsanz**. *State of the Art in LP-WAN Solutions for Industrial IoT Services* // *Departamento de Tecnologías de la Información*

y las Comunicaciones, Cartagena 30202, Spain, June 2017.

2. **LPWAN-5 letters in the heart of the IOT revolution [Електронний ресурс] Explanations & Status of deployments in Belgium (2018)**. URL:

<https://iotfactory.eu/lpwan-5-letters-in-the-heart-of-the-iot-revolution/>.

3. **San X., Ansar N.** *Traffic Load Balancing Among Brokers at the IoT Application Layer* // *IEEE Transactions on Network and Service Management*. March 2018. Vol. 15, no. 1. P. 489–502.

4. **Stylianios Balampanic, Stelios Sotiriadis, Euripide G. M. Petrakis** *Technical University of Crete Internet of Things Architecture for Enhanced Living Environments* // *IEEE*, Nov.-Dec. 2016 Vol. 3, no. 1. P. 28–34.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. В. Онищенко**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

A. I. Verhun, V. V. Zhebka, K. P. Storchak, A. P. Bondarchuk

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LP-WAN

Исследована проблема построения современной сети Интернета вещей. Установлено, что перспективным подходом сегодня является LP-WAN подход. Исследованы уровни сети Интернета вещей и необходимые требования к ее удачному функционированию. Определено соответствие между уровнями сети и установленными требованиями. Проанализированы основные недостатки, которые есть в архитектурах Интернета вещей на сегодняшний день. На основе анализа особенностей и недостатков IoT сформулированы требования, которые необходимы для модификации архитектуры сети для каждого из уровней для успешного функционирования сети Интернета вещей. Модифицировано архитектуру сети Интернета вещей с технологиями, которые будут улучшать отказоустойчивость и масштабируемость сети. Сформулированы дальнейшие шаги по разработке модифицированной архитектуры.

Предложена архитектура сети Интернета вещей с использованием беспроводной технологии передачи небольших по объему данных на дальние расстояния LP-WAN. Архитектура будет базироваться на описанных требованиях. Ее преимуществами будет удобство в развертке, масштабируемости, поддержке и развитии. Для улучшения этих показателей было предложено использовать LoRaWAN технологию для LP-WAN архитектуры. Для уменьшения затрат и удобства масштабирования всю серверную архитектуру предложено перенести на облачный сервисный центр с поддержкой технологии CDN, что при увеличении количества пользователей сети позволит географически разделить сервисы для удобного доступа и лучшей балансировки нагрузки самого сервиса. Для уменьшения времени разработки и упрощения написания сервиса и клиентских приложений предложено использовать технологию JSON/XML, чтобы установить формат обмена данными между клиентом и сервером.

Ключевые слова: архитектура; IoT; Интернет вещей; сеть; LP-WAN; технология JSON/XML; технология LoRaWAN.

A. Verhun, V. Zhebka, K. Storchak, A. Bondarchuk

DEVELOPMENT OF MODIFIED INTERNET OF THINGS ARCHITECTURE USING LP-WAN

The article investigates the problem of building a modern Internet of things. LP-WAN approach has been found to be a promising approach today. The Internet of Things network levels and the necessary requirements for its successful functioning are investigated. The correspondence between the network levels and the established requirements is established. The main shortcomings that exist in the architectures of the Internet of Things to date are analyzed. Based on an analysis of the features and disadvantages of IoT, requirements have been formulated to modify the network architecture for each of the levels required for the successful operation of the Internet of Things. Further steps are proposed to develop a modified architecture.

The Internet of Things architecture is proposed using wireless LP-WAN small-volume data transmission technology. The architecture is based on the above requirements. Its advantages will be ease of deployment, scalability and support and development. To improve these indicators, it was suggested to use LoRaWAN technology for the LP-WAN architecture. To reduce the cost and ease of scaling, it is suggested to migrate the entire server architecture to a cloud-based CDN-enabled service center, which, as the number of network users increases, will allow geographically split services for easy access and better load balancing of the service itself. To reduce the development time and simplify writing of the service and client applications, it is suggested to use JSON / XML technology to set the format for communication between the client and the server.

Keywords: Architecture; IoT; Internet of Things; network; LP-WAN; JSON/XML; LoRaWAN.