

вероятностей перехода системы из состояния в состояние и определяется алгоритм расчета энтропии на примере фрагмента сети. Анализ вероятности и энтропии дерева состояний показал, что чем меньше энтропия «маршрута» изменения состояний, тем меньшему разрушительному действию подвергается система (в нашем случае сеть передачи управляющей информации) и тем меньше в целом меняется общая энтропия сети.

Ключевые слова: сеть; управление; маршрут; вероятность; энтропия.

V. B. Tolubko, L. N. Berkman, V. F. Zaika, O. G. Varfolomeyeva, K. O. Domracheva

QUALITY ANALYSIS METHOD OF MANAGEMENT SYSTEM THE NEXT GENERATION NETWORK FUNCTIONALITY BASED ON INFORMATION-ENTROPICAL CHARACTERISTICS

In this article, the concepts of construction of the next generation networks are considered. The basic requirements for such networks and their management systems are defined. Particular attention is paid to minimizing the response time of the management system to network events, delimitation mechanisms for detecting and preventing network failures, minimizing the load generated by traffic management, providing the user with the required services with a given quality, improving the efficiency of the telecommunications operator as a business sub-object. The control information transmission network is analyzed from a probabilistic point of view as a system that is in a certain state at a specific point in time. A method for analyzing the reliability and survivability of a next-generation network management system is proposed, which is based on estimating the entropy of a network as its state changes. The entropy of the system determines in a working and inoperable state. The conditional probability transition matrix of the system from state to state is used and the entropy calculation algorithm is determined using the example of a network fragment. The proposed method allows us to evaluate the nature of the change in the state of the system from the point of view of their intentionality. If events develop according to the worst-case scenario for the network, then with a fairly large part of the probability, a deliberate effect on the network can be assumed. Also, this method can be used to analyze attacks on Internet resources. Analysis of the probability and entropy of the state tree showed that the less entropy of the «path» of state change, the less destructive the system (in our case, the network of control information transmission) is subjected to, and the less the overall entropy of the network changes.

Keywords: network; control; route; probability; entropy.

УДК 004.414.2

DOI: 10.31673/2412-9070.2019.060811

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

А. М. ТУШИЧ;

О. М. ТКАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. М. ЧОРНА;

Т. М. ЖИЛА,

Державний університет телекомунікацій, Київ

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ХМАРНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Розглянуто визначення та основні положення Інтернету речей. Актуальність теми зумовлено перспективністю напрямку, що виражається значним збільшенням кількості під'єднаних пристроїв. Серверне рішення, яке забезпечить роботу Інтернету речей, має бути готовим виконувати низку завдань, а саме: прийняття, зберігання та оброблення даних, автентифікація та безпека, передавання адміністративних даних, моніторинг тощо. На основі цього було зроблено аналіз, у процесі якого сформовано типову архітектуру системи у сфері Інтернету речей та досліджено функціональні можливості серверних рішень, що забезпечують їх роботу. У результаті було виокремлено низку вимог, які має задовольняти хмарна платформа для Інтернету речей.

Ключові слова: IoT; Інтернет речей; хмарна платформа; серверна система.

Вступ

Інтернет речей — один із найперспективніших напрямків розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Кількість пристроїв, під'єднаних до Інтернету, швидко зростає і для цього потрібні сучасні підходи до створення високонавантажених серверних систем. Платформи Інтернету речей мають надавати можливість аналізувати різні аспекти даних, необхідних для оптимізації виробництва та інших процесів.

Проблеми і завдання в області побудови серверних систем для Інтернету речей можна розділити на загальні, властиві для багатьох інших систем оброблення великих даних, та специфічні, які виникають тільки в цій області. Поширеними завданнями є побудова і використання ефективних, стійких до відмов, масштабованих і розподілених систем для роботи з даними, специфічними — забезпечення надійного керування і контроль пристроїв.

© К. П. Сторчак, А. М. Тушич, О. М. Ткаленко, В. М. Чорна, Т. М. Жила, 2019

У статті визначаються вимоги до створення хмарних платформ для Інтернету речей. Архітектурні рішення вивчаються і описуються в області оброблення даних, що дозволяє реалізувати платформу так, щоб вона задовольняла зазначені функціональні і нефункціональні вимоги.

Основна частина Інтернет речей

Інтернетом речей (*Internet of Things*) називають концепцію комп'ютерної обчислювальної мережі фізичних об'єктів («речей»), оснащених інтегрованими технологіями взаємодії між собою або із зовнішнім середовищем, яке розглядає організацію таких мереж як явище, що може реконструювати економічні і соціальні процеси та уникнути необхідності участі людини в часткових діях і операціях.

Останніми роками індустрія Інтернету речей невпинно росла, і її зростання лише прискорюється. Cisco, найбільший у світі виробник мережного устаткування, прогнозує обсяг ринку Інтернету речей у 14,4 трильйонів доларів до 2022 року.

Інтернет речей широко впроваджується у всі сфери життя і забезпечує роботу багатьох систем: від чистих споживачів (таких як різні побутові датчики, користувачька персональна електроніка, розумні будинки тощо) до промислових (контроль і моніторинг виробничих процесів, інтелектуальні енергетичні системи, розумні міста, автономні автомобілі тощо). За допомогою «речей» додана вартість збільшиться завдяки:

- поліпшенню якості обслуговування клієнтів;
- скороченню часу, що минув з моменту ідеї виробу до його появи в продажі;
- покращенню процесу поставок і логістики;
- підвищенню продуктивності праці співробітників;
- більш ефективному використанню активів (зниження витрат).

Розвиток Інтернету речей задає прогрес для багатьох галузей технічних наук. Вочевидь, що зростаючий попит на IoT-обладнання стимулює інновації в електроніці, яка забезпечує IoT електронними платами, датчиками, батареями тощо.

Особливості портативних пристроїв накладають певні обмеження на програмне забезпечення, яке ними керує. Обмежені обчислювальні можливості компактних плат, а також вимоги до енергоспоживання (особливо для «речей», які працюють на батареї), потребують економії ресурсів, а також передавання практично всіх операцій оброблення даних до сервера.

Серверні платформи, що обробляють показники датчиків, також мають зважати на той факт, що дані неминуче будуть містити певні похибки, а іноді пристрої можуть виходити з ладу і працювати абсолютно неправильно.

Проблеми безпеки так само набувають все більшої важливості у світі, де велика кількість пристроїв збирає, обробляє і передає різні дані, що мають конкретну промислову або комерційну цінність, або містять особисту інформацію про користувачів. Окрім того, потрібно реагувати на викилики, пов'язані зі збільшенням кількості інформаційних загроз.

Розроблення програмних рішень, які контролюють роботу великої кількості пристроїв, вимагає нових підходів в області хмарних обчислень, оброблення та зберігання великих даних (Big Data). Такі серверні рішення повинні масштабуватися горизонтально, мати високу пропускну здатність, відмовостійкість і короткий час відгуку на запити.

Особливе значення ефективного використання даних у галузі IoT має наявність різноманітних інструментів аналізу. Нині більшість пристроїв є чисто інформаційними, тобто такими, які лише збирають і передають дані, не виконуючи, наприклад, функції керування. Тому інтелектуальне оброблення даних є ключовою потребою в таких системах.

Наприклад, інформацію, зібрану із пристроїв IoT, можна використати для оптимізації певних виробничих процесів, контролю якості продукції і стану інших систем. Зазвичай вона проходить через процес формального оброблення, наприклад агрегації, і потім досліджується фахівцями.

Подальша розробка інструментів інтелектуального аналізу даних з використанням методів машинного навчання може зменшити або навіть усунути необхідність залучення до цього процесу людей. Якщо будуть ефективні механізми для автоматичного прийняття рішень, можна буде збільшити кількість пристроїв, які самостійно виконують функції керування певними процесами.

Також важливо пам'ятати, що методи та інструменти, використовувані в серверних рішеннях для Інтернету речей, є загальними і можуть застосовуватися в інших областях, які збирають і обробляють великі обсяги даних. До цих областей належать: аналіз соціальних мереж, аналіз поведінки користувачів сайта, аналіз інфраструктури центру оброблення даних, системи рекомендацій, рекламні рекомендації, пошук в Інтернеті та ін.

Дослідження серверних рішень

Дослідимо функціональність серверних рішень, що забезпечують роботу Інтернету речей. Зокрема розглянемо такі підсистеми.

• *Приймання і зберігання даних:* із мінімальними затримками отримує та зберігає дані в умовно постійному сховищі (черга повідомлень).

• *Оброблення даних:* обробляє потокові дані та аналітичні запити. Потокове оброблення даних відбувається між умовно постійним сховищем даних та базою даних (постійним сховищем даних).

Вироджений випадок оброблення даних (якщо в цьому немає потреби) — простий перезапис інформації з черги повідомлень у базу даних.

- **Автентифікація та безпека:** забезпечує перевірку вірогідності даних відправників (пристроїв) та адміністраторів; здійснює безпечний обмін інформацією між компонентами системи.

- **Передавання адміністративних даних:** передавання даних від пристрою до адміністратора (інформація про стан) та від адміністратора до пристрою (команди). При цьому дані мають зберігатися в проміжній підсистемі, оскільки, наприклад, команди треба зберігати доти, доки вони не будуть запитуватися пристроєм, бо він може бути тимчасово недоступним для прямого відправлення даних до нього.

- **Моніторинг:** виконує перевірку стану пристроїв та інформації, яку вони відправляють, ґрунтуючись на певних правилах.

З огляду на зазначене, виокремимо основні групи користувачів системи:

- 1) пристрій (або сенсор), що відправляє дані, оброблені та збережені в системі; надсилає повідомлення про стан, що згодом отримують адміністратори; приймає відправлені команди адміністраторів;

- 2) адміністратори встановлюють логіку моніторингу, відправляють команди пристрою та переглядають повідомлення про стан від пристроїв;

- 3) адміністратор безпеки вводить дані, автентифікаційні для пристроїв та інших користувачів системи. Для адміністраторів і аналітиків встановлюються їх права доступу, що показують, якими саме пристроями вони можуть керувати або отримувати дані;

- 4) аналітики можуть запитувати готові дані з системи, що вже зберігаються та пройшли первинне оброблення, або згенерувати аналітичний запит, який вимагає виконання певних обчислень із наявними даними.

Архітектура IoT-систем

Архітектуру типової системи у сфері Інтернету речей зображено на рис. 1.



Рис. 1. Архітектура системи IoT

На нижньому рівні є кілька пристроїв на різних платформах, які відправляють дані на сервер. Деякі з цих пристроїв мають вбудовані плати, що дозволяють відправляти дані безпосередньо до сервера. Наприклад, пристрій може мати проводове під'єднання до Інтернету через Ethernet або доступ до точки безпроводового доступу (Wi-Fi), що забезпечує веб-доступ. Часто, якщо в певному районі або в будівлі на невеликій відстані розташовано кілька пристроїв, то вони безпосередньо з'єднуються зі шлюзом (кількість шлюзів набагато менша, ніж кількість датчиків), який забезпечує передавання даних на сервер через Інтернет.

Це зроблено з кількох причин:

- ♦ **економічні:** наявність складного мережного обладнання збільшує вартість пристроїв;

- ♦ **енергоспоживання:** спеціалізовані протоколи передавання даних, такі як Bluetooth Low Energy, забезпечують більш ефективне використання енергії, що особливо важливо для пристроїв, які працюють на автономному живленні;

- ♦ **програмне забезпечення:** пристрої можуть передавати дані до шлюзу в довільному бінарному форматі, який є простим у розробці та зводить до мінімуму процесорний час. Шлюз перетворює дані в певний загальноприйнятий (наприклад, JSON чи Protobuf) формат і передає їх на сервер. Окрім того мережу від пристроїв до шлюзу можна вважати безпечною і передавати відкриті дані, а на шлюзі їх шифрувати та надсилати в мережу з використанням безпечного протоколу (такого як SSL).

Отже, після того, як дані надійдуть на сервер, вони проходять попереднє оброблення і зберігаються. Після ці дані доступні для подальшого аналізу.

Вимоги до побудови серверної платформи

Згідно з попереднім аналізом хмарна платформа для Інтернету речей має відповідати низці вимог:

- розв'язання основних питань, поданих на подібних платформах (зберігання, аналіз даних тощо), тобто впровадження зазначених раніше підсистем із урахуванням загальноприйнятих підходів до розробки розподілених систем оброблення великих даних;

- розроблення з урахуванням передового досвіду і підходів до архітектури програмного забезпечення, що забезпечує функціональні і нефункціональні вимоги до системи;

- наявність специфічного функціоналу, якого немає в інших системах (наприклад, надійне доставлення повідомлень між пристроями і адміністраторами та інструменти моніторингу пристроїв);

- наявність можливостей для розгортання на хмарних хостингах, а також інструментів керування групою серверів.

Нефункціональними вимогами до платформи є:

• **Масштабованість.** Збільшення обчислювальних ресурсів має відповідний вплив на підвищення пропускної здатності системи (залежність має бути максимально лінійною). Крім того, для забезпечення вимог систем Big Data та вимог для хмарного розгортання масштабованість має бути горизонтальною, тобто такою, що сприятиме нарощуванню продуктивності системи за допомогою збільшення кількості вузлів у хмарному центрі оброблення даних. Горизонтальне масштабування набагато економічно вигідніше вертикального.

• **Відмовостійкість.** Необхідно забезпечити архітектуру системи, яка має надлишкові компоненти (реплікація), а також може реагувати на відмови і перевантаження під час роботи без повної зупинки сервісу. Відмовостійкість особливо важлива для тих частин системи, що забезпечують приймання і зберігання даних. Коли сервер недоступний, пристрої просто неспроможні зберігати свої дані протягом тривалого часу, щоб потім передати на сервер, через обмежений обсяг їх пам'яті.

• **Продуктивність.** Упровадження системи має бути якомога більш ефективним для забезпечення пропускної здатності на рівні сотень тисяч запитів на секунду або більше для підсистеми приймання й оброблення інформації. Також необхідно оброб-

ляти аналітичні запити у досить короткі терміни (не більш як кілька хвилин).

Висновок

Серверне рішення, яке забезпечить роботу Інтернету речей, має бути готовим виконувати низку завдань, а саме: прийняття, зберігання та оброблення даних, автентифікацію та безпеку, передавання адміністративних даних, моніторинг тощо. Тому необхідне виконання поставлених функціональних і нефункціональних вимог, що дозволить використовувати зазначені послуги такими виокремленими групами користувачів, як пристрої, адміністратори, аналітики і адміністратори безпеки.

Список використаної літератури

1. **Chevance R.** *Server Architectures: Multiprocessors, Clusters, Parallel Systems, Web Servers, Storage Solutions.* Elsevier. Digital Press, 2015. 690 p.
2. **Tamer Özsü M., Valdúriez P.** *Principles of Distributed Database Systems.* Springer, 2015. 846 p.
3. **Доповідь** компанії Cisco. URL: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/loE_Economy.pdf. Дата доступу: 23.05.2019.
4. **Bass L., Clements P., Kazman R.** *Software Architecture in Practice.* Addison-Wesley Professional, 2014. 640 p.

К. П. Сторчак, А. Н. Тушич, О. Н. Ткаленко, В. Н. Чорна, Т. Н. Жила

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Рассмотрены определения и основные положения Интернета вещей. Актуальность темы обусловлена перспективностью направления, которая выражается значительным увеличением количества подключенных устройств. Серверное решение, которое обеспечит работу Интернета вещей, должно быть готовым выполнять ряд задач, а именно: принятие, хранение и обработка данных, аутентификация и безопасность, передача административных данных, мониторинг и т. д. На основе этого был сделан анализ, в процессе которого сформировано типичную архитектуру системы в сфере Интернета вещей и исследованы функциональные возможности серверных решений, обеспечивающих их работу. В результате был выделен ряд требований, которые должна удовлетворять облачная платформа для Интернета вещей.

Ключевые слова: IoT; Интернет вещей; облачная платформа; серверная система.

K. P. Storchak, A. M. Tushych, O. M. Tkalenko, V. M. Chorna, T. M. Zhyla

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR DESIGNING A CLOUD PLATFORM FOR THE INTERNET OF THINGS

The Internet of things is one of the most promising areas for the development of information and communication technologies. Today, the Internet of things is the ordinary order of things. It is used both in production to control the quality of a product or product, the state of technology, to automate processes where maintaining a certain level of temperature or humidity is very important, and in everyday life in order to inform, save electricity, water, and even protection. The number of devices connected to the Internet is growing rapidly, and this requires modern approaches to creating high-performance server systems. IoT platforms should provide the ability to analyze various aspects of the data that are needed to optimize various manufacturing and other processes.

Problems and tasks in the field of building server systems for the Internet of things can be divided into general, which are inherent in many other big data processing systems, and specific, which arise only in this area. Common tasks are the creation and use of efficient, fault tolerant, scalable and distributed data systems. Internet-specific things are a problem of providing reliable control and monitoring of devices.

A server solution that will allow the Internet of things to work should be ready to perform a number of tasks, such as: accepting, storing and processing data, authentication and security, transferring administrative data, monitoring, etc. Therefore, it is necessary to fulfill the established functional and non-functional requirements. This will allow it to be used by dedicated user groups, such as devices, administrators, analysts, and security administrators.

This article defines the requirements for creating cloud platforms for the Internet of things. Architectural data processing solutions are studied and described to allow the platform to be implemented in such a way that it meets the specified functional and non-functional requirements.

Keywords: IoT; Internet of Things; cloud platform; server system.