

УДК 004.414.2

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.065558

С. О. МІШУРНЯЄВ, студент;

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

С. Р. КУФТЕРІНА, ст. викладач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РАДІОІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ВЗАЄМОДІЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПЛАТФОРМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Розглянуто та досліджено розроблення радіоінтерфейсу системи взаємодіючих пристроїв платформи Інтернету речей. Метою роботи є дослідження структури радіоінтерфейсу системи домашньої автоматизації зі зручністю внесення змін у логіку роботи для непідготовленого користувача. Вивчено функціональність наявних комп'ютерних плат та наборів давачів, їх можливості та способи взаємодії. Проведено огляд і аналіз наявних вирішень щодо реалізації взаємодії компонентів та радіоінтерфейсів систем Інтернету речей. Розроблено підхід до отримання, оброблення і передавання інформації в рамках платформи Інтернету речей. Реалізовано прототип системи на основі розробленого підходу та радіоінтерфейсу.

Актуальність даної теми пов'язана з тим, що нині ринок Інтернету речей стрімко зростає, широкую популярність придбало впровадження «розумних будинків», призначених для автоматизації процесів щодо забезпечення комфортного проживання, безпеки та ресурсозбереження. Інтернет речей як термін і концепція з'явився порівняно недавно, у 1999 році завдяки Кевіну Ештоні (Массачусетський технологічний інститут). У своїй презентації він розповів про те, як всеохопне впровадження радіочастотних позначок змінить логістику в корпорації Procter & Gamble. З одного боку, створено вже досить багато програмних продуктів, поширюваних безкоштовно і призначених для широкого кола користувачів, що бажають впровадити домашню автоматизацію, а з другого — для того, аби модифікувати систему для своїх потреб, користувачеві необхідно володіти навичками програмування, що створює бар'єр для щоденного впровадження.

Інтернет речей захопить практично кожний сегмент у сфері промисловості, бізнесу, охорони здоров'я і споживчих товарів. Важливо розуміти наслідки, а також те, чому ці абсолютно різні галузі будуть змушені змінити свій підхід до виробництва товарів і надання послуг. Для електронної промисловості і сфери інформаційних технологій ці дані мають велике значення, оскільки щорічний приріст населення Землі наразі становить приблизно 0,9-1,09%. Темп зростання населення Землі досяг свого піку в 1962 році, коли він становив 2,6% на рік, і з того часу під впливом низки факторів повільно знижується.

Ключові слова: Інтернет речей; глобальні мережі; сенсорні пристрої; безпроводова інтегрована мережа давачів; топологія mesh (петля); технологія M2M.

Вступ

Останнім часом дедалі більша увага приділяється до систем Інтернету речей. Пов'язано це з тим, що використання даної технології дає можливість працювати з великими обсягами інформації, і для цього необхідно використовувати пристрої, що дають змогу обробляти, передавати та одержувати інформацію за короткий період часу. Окрім високої швидкості передавання даних технологія Інтернету речей є дуже зручною у використанні цих пристроїв, так само вони багатофункціональні і компактні. Сьогодні тема радіоінтерфейсу системи взаємодіючих пристроїв платформи Інтернету речей є актуальною і пов'язана з тим, що наразі ринок Інтернету речей стрімко зростає. Широкої популярності набуло впровадження «розумних будинків», призначених для автоматизації процесів щодо забезпечення комфортного проживання.

У сучасному світі популярними є Інтернет-речі невеликих розмірів з розширеним функціоналом і можливістю працювати одночасно з безліччю інших пристроїв по безпроводовій технології передавання даних. Один із таких «гаджетів» є, наприклад, Smart watch або розумний годинник. У разі

незручності ознайомлення з повідомленнями або іншою інформацією на дисплеї телефону розумний годинник дає змогу користувачеві мобільного пристрою отримувати інформацію з телефону, дублювати смс-повідомлення і дзвінки. Розумні годинники компактніші, ніж більшість сучасних смартфонів, і спосіб їх використання дозволяє швидше ознайомитися з важливою інформацією, що надходить на телефон. Затримка часу, протягом якої інформація передається на розумний годинник, становить доли секунди.

Основна ідея Інтернету речей полягає в організації взаємодії різноманітних предметів у навколишньому середовищі людини, передаванні інформації, що обробляється цими пристроями, і забезпеченні безперервного з'єднання. Взаємодія речей реалізується за допомогою вже наявних і розроблюваних інформаційно-комунікаційних технологій. Технологія IoT перебуває на ранній стадії розроблення і активних досліджень. На міжнародному рівні така система вже набуває рис сформованої технології — одночасно ведуться активні роботи у сфері стандартизації архітектури, технічних компонентів, додатків, з урахуванням

© С. О. Мішурняєв, К. П. Сторчак, С. Р. Куфтеріна, 2020

специфіки інформаційної взаємодії необхідних нових моделей і алгоритмів, сприяючи проектуванню оптимальних рішень IoT.

У загальному вигляді модель IoT передбачає наявність у кожній фізичній речі, як мінімум, елемента обладнання для комунікації і деяких опційних можливостей, наприклад можливості введення, зберігання і оброблення даних або вимірювання будь-яких параметрів.

Основна частина

Інтернет речей як технологія бере початок від територіально-розподілених сенсорних мереж, котрі спочатку розвиваються як локальні сенсорні мережі і, згодом, мають вихід у глобальні мережі Інтернет і GSM. У сенсорній мережі їх визначено як «розподілені мережі, що складаються з маленьких безпроводових вузлів вузької спеціалізації, у великій кількості розосереджених (випадково) на деякій поверхні або області». Таким чином, сенсорні мережі засновано на спільній роботі великої кількості мініатюрних вузлів — сенсорних пристроїв (СП), розподілених в деякій області з досить високою щільністю. У ділянці покриття радіосигналу для кожного СП має бути як мінімум ще одне СП — сусід. Чим більше «сусідів» у кожного з СП, тим більш високу точність і надійність має сенсорна мережа.

спільно з іншими вузлами виконувати поставлені завдання спостереження. Завдяки наявності цього модуля в складі СП замість передавання вихідних (сірих) даних їх оброблюють простим обчисленням для подальшого отримання лише необхідних і частково оброблених даних.

Передавач (трансивер) утворює інтерфейс СП із мережею.

Більшості сенсорних пристроїв необхідно з досить високою точністю визначати своє місцезнаходження. Із цією метою в схему СП інтегрується модуль визначення місця розташування. За потреби переміщення СП у схему вбудовується мобілізатор. Усі ці модулі, як правило, розміщуються в одному корпусі. Розмір корпусу може бути від кількох десятків кубічних сантиметрів і до кубічного сантиметра, він має бути досить легким, щоб залишатися в повітрі.

Окрім розмірів, до СП висуваються й інші жорсткі вимоги:

- мати низьке енергоспоживання;
- повинні взаємодіяти з великою кількістю таких самих СП на малих відстанях;
- мати низьку собівартість;
- перебувати в автономному режимі, тобто без нагляду;
- адаптуватися до навколишнього середовища.

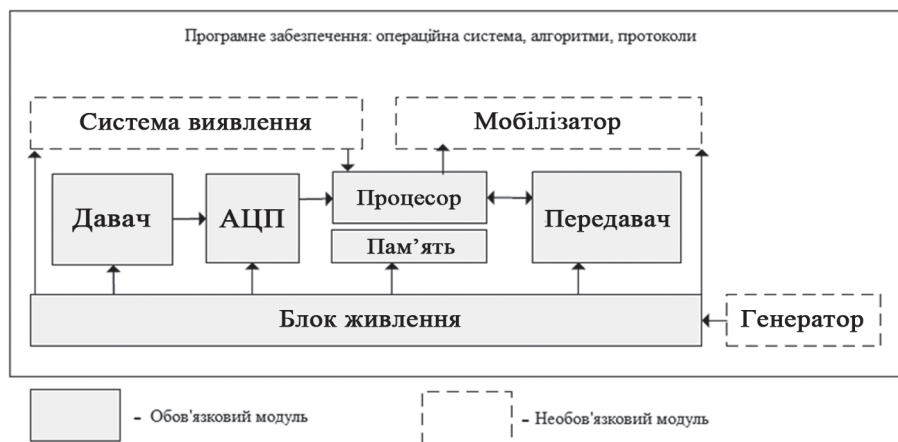


Рис. 1. Компоненти СП

Сенсорний пристрій складається з чотирьох основних компонентів (рис. 1): блоків збору, оброблення, передавання даних і живлення. Так само в складі СП можуть бути модулі визначення місцезнаходження, силовий генератор і мобілізатор. Їх наявність залежить від того, для яких цілей проектується сенсорна мережа.

Модуль збору даних складається з давача і аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Аналоговий сигнал, що видається давачем у результаті спостережуваного явища, перетворюється в цифровий сигнал за допомогою АЦП, а цифровий сигнал надходить уже в блок оброблення.

Модуль оброблення, що складається з процесора і пам'яті, реалізує процедури, які дають змогу

Блок живлення — це один із основних елементів СП. Оскільки сенсорні пристрої можуть бути недоступними через періодичний перехід у «сплячий» режим, то життя сенсорної мережі залежить від живлення окремих СП. Живлення є обмеженим ресурсом, наприклад, загальний запас енергії смарт-вузла становить близько 1 Дж. Для безпроводової інтегрованої мережі давачів (WINS) середній рівень заряду для забезпечення тривалого часу роботи має бути меншим за 30 LA. Збільшити термін експлуатації сенсорних мереж можна, використовуючи заряджання батареї, наприклад, отримуючи енергію з навколишнього середовища, тобто сонячні батареї.

Передавач СП може бути пасивним чи активним оптичним пристроєм або радіочастотним

передавачем. Для радіочастотного передавання необхідні процеси модуляції сигналу за певної смуги пропускання, фільтрація, демодуляція, реалізація яких у СП робить їх більш складними і вартісними. Окрім того, можливі втрати під час передавання даних між двома вузлами через те, що антени розташовано близько до землі. Проте радіозв'язок є кращим вирішенням, оскільки передавання даних здійснюється на низьких частотах (як правило, менших за 1 Гц), а періодичність циклів передавання часто відбувається через малі відстані. Ці можливості дають змогу використовувати низькі частоти. Проектування радіопередавачів із низьким енергоспоживанням є технічно складним завданням.

Окрім розглянутої класичної архітектури СП можливі й інші, що зумовлено, наприклад, необхідністю не тільки проведення моніторингу або контролю вимірюваних характеристик, а і впливом на об'єкт вимірювань. Такий елемент, який має можливість впливу на об'єкт, називається актором, архітектуру якого наведено на рис. 2. На відміну від сенсорного вузла в архітектурі актора присутній активний елемент, що взаємодіє із зовнішнім середовищем під керуванням контролера прийняття рішень про вплив на навколишнє середовище, наприклад пристрій введення інсуліну хворим на діабет. Ще однією особливістю сенсорних мереж є спільна робота окремих сенсорних пристроїв завдяки наявності в них модуля оброблення.

Сьогодні процесори постійно удосконалюють, зменшуючи їхні габаритні розміри і збільшуючи їхню потужність, але оброблення і зберігання даних у СП як і раніше залишається слабким місцем СП. Більшість завдань, пов'язаних із моніторингом, вимагають визначення місця розташування СП. Із цією метою як один із варіантів у кожному вузол вбудовується модуль системи глобального позиціонування GPS, що працює з точністю до 5 м, або інший варіант — тільки деякі СП використовують GPS, які допомагають іншим пристроям визначати своє місцеперебування в просторі.

Розміщення СП не обов'язково попередньо розраховувати. Дана властивість дає змогу розміщувати сенсорні пристрої випадковим чином, наприклад у важкодоступних місцевостях, або оперативного розгортати мережу у разі надання допомоги на певний час. Це означає, що протоколи сенсорної мережі й алгоритми роботи СП повинні мати можливість самоорганізації, яка і реалізується за допомогою системи визначення місця розташування.

Взаємодії СП один із одним у рамках однієї сенсорної мережі утворюють *топологию mesh* (англ. Mesh — петля, осередок мережі, отвір сита), тобто сенсорні пристрої об'єднуються численними сполуками, що утворюють порожнисту топологію. Самоорганізована мережа з топологією mesh дозволяє реалізувати такі можливості:

- створення зон суцільного інформаційного покриття великої площі;
- масштабованість мережі, тобто збільшення площі зони покриття і щільності інформаційних потоків у режимі самоорганізації;
- використання безпроводових транспортних каналів для зв'язку в режимі «кожний із кожним»;
- стійкість мережі до втрати окремих елементів.

Ще одна технологія, наявна в ідеї Інтернету речей — це *технологія M2M* (*Machine to Machine*). M2M — це загальна назва технологій, що дають змогу машинам здійснювати обмін інформацією між собою або передавати її в односторонньому порядку в автоматичному режимі між пристроями без участі людини. Це можуть бути проводові і безпроводові системи моніторингу давачів або будь-яких параметрів пристроїв. Або, наприклад, банкомати чи платіжні термінали можуть автоматично передавати інформацію по GSM-мережах. Технологія M2M також використовується в системах безпеки і охорони, системах охорони здоров'я та системах позиціонування рухомих об'єктів на основі систем ГЛОНАСС/GPS.

Досконалість і поширення даної технології дозволило використовувати її в будь-якому мобільному пристрої, зокрема і вузлах сенсорних мереж.



Рис. 2. Компоненти акторного вузла

Вважається, що завдяки саме цій технології виник термін «Інтернет речей», тобто якась відокремлена обчислювальна середа, що складається з пристроїв, які самостійно взаємодіють один із одним і надають користувачеві результати своєї спільної діяльності. Отже, термін сенсорний пристрій, інтегрований в який-небудь об'єкт — «річ», так само стали називати «інтернет-річчю».

Висновки

У роботі здійснено огляд та аналіз наявних вирішень щодо реалізації взаємодії компонентів платформ Інтернету речей, що дало можливість почати розроблення власного підходу. Розглянуто технології, за якими відбувається реалізація Інтернету речей, а також було подано схеми компонентів сенсорних пристроїв і опис кожного модуля, що знаходиться в цьому пристрої. Проведено огляд існуючих тенденцій розвитку концепції Інтернету речей, обґрунтовано актуальність розвитку даного напрямку, показано можливі варіанти застосування технологій Інтернету речей у різних галузях науки і техніки. Розглянуто технології, на котрі може спиратися апаратна частина Інтернету

речей, їх плюси і мінуси та потенційні вразливості до навмисних електромагнітних впливів.

Наведено актуальність даної теми, а саме популярність, котру набувають Інтернет-речі, а також структуру інтерфейсу. Показано імітаційну модель інформаційної взаємодії, оснований на мультиагентному підході, сформованому з урахуванням фундаментальних характеристик технології, а також побудовано комплекс математичної моделі, до якої належить вірогідна модель установки інформаційної взаємодії в мережі Інтернету речей із топологією mesh, котра дає можливість оцінити абсолютні і вірогідні характеристики інформаційної взаємодії. Приведено вірогідні алгоритми структурної організації Інтернету речей, що реалізують формування альтернативних маршрутів, самоорганізовані розміщення сенсорних пристроїв.

Список використаної літератури

1. Алиев Т. И. Основы моделирования дискретных систем. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009.
2. Алпайдин Э. Машинное обучение: искусственный интеллект. Москва: Альпина Паблишер: Точка, 2017.

С. О. Мишурняев, К. П. Сторчак, С. Р. Куфтерина

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАДИОИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Рассмотрено и исследовано разработку радиоинтерфейса системы взаимодействующих устройств платформы Интернета вещей. Целью работы является исследование структуры радиоинтерфейса системы домашней автоматизации с удобством внесения изменений в логику работы для неподготовленного пользователя. Изучено функциональность имеющихся компьютерных плат и наборов датчиков, их возможности и способы взаимодействия. Проведен обзор и анализ имеющихся решений по реализации взаимодействия компонентов и радиоинтерфейсов систем Интернета вещей. Разработан подход к получению, обработке и передаче информации в рамках платформы Интернета вещей. Реализовано прототип системы на основе разработанного подхода и радиоинтерфейса.

Ключевые слова: Интернет вещей; глобальные сети; сенсорные устройства; беспроводная интегрированная сеть датчиков; топология mesh (петля); технология M2M.

S. O. Mishurniaev, K. P. Storchak, S. R. Kufferina

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE RADIO INTERFACE OF A SYSTEM OF INTERACTING DEVICES OF THE INTERNET OF THINGS (IoT) PLATFORM

In the article, the development of the radio interface of the system of interacting devices of the Internet of Things platform was examined and investigated. The purpose of the work is to investigate the structure of the home automation system radio interface with the convenience of making changes to the logic of operation for the unprepared user. Functionality of existing computer boards and sensor sets, their capabilities and methods of interaction have been studied. The review and analysis of existing solutions for the implementation of the interaction of components and radio interfaces of Internet of Things systems is conducted. An approach to receiving, processing and transferring information within the Internet of Things platform has been developed. The prototype of the system is implemented based on the developed approach and the radio interface. The relevance of this topic is due to the fact that at the moment the Internet of Things market is growing rapidly, the introduction of «smart homes» designed to automate the processes of providing comfortable living, security and resource saving became popular. The Internet of Things, both term and concept, appeared relatively recently, in 1999 at MIT Kevin Ashton. His presentation talked about how widespread introduction of RFID tags would change logistics at Procter & Gamble. On the one hand, quite a few freeware software products have been created for a wide range of users who want to implement home automation, and on the other, in order to modify the system for their needs, the user needs to have the programming skills to create a barrier to daily implementation.

The Internet of Things will capture virtually every segment in the industry, business, healthcare and consumer products. It is important to understand the implications as well as why these completely different industries will have to change their approach to the production of goods and services. For the electronics industry and the information technology industry, this data is of great importance, as the annual population growth of the Earth is currently around 0.9-1.09%. The population growth rate of the Earth reached its peak in 1962, when it was 2.6% per year, and since then under the influence of a number of factors has been slowly declining.

Keywords: Internet of Things; WANs; Sensor Devices; Wireless Integrated Sensor Network; MESH Loop; M2M Technology. ✓