

Л.Б. ЛІЩИНСЬКА

Вінницький торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

У роботі показано, що технологія RFID є найбільш придатною технологією для взаємодії з фізичними речами або їх відстеження під час реалізації Інтернету речей. Використання RFID-міток позитивно позначається на економії енергії: пристрою не потрібно відправляти дані про себе, зчитувач отримує всю необхідну інформацію з RFID-мітки, розташованої на корпусі. До мітки можна записати службову інформацію про функціонування пристрою або мережеву адресу. У сучасних радіочастотних мітках достатньо місця для зберігання інформації про мережеву адресу. Це особливо актуально з поступовим переходом від протоколу IPv4 на IPv6. Використання RFID-ідентифікації позитивно позначається на зручності зчитування. На відміну від QR-коду і штрих-коду, при роботі з RFID-мітками немає необхідності у точному позиціонуванні мітки: достатньо знаходитись у межах роботи пристрою запису і зчитування на відстані. Наведена загальна характеристика RFID-пристроїв, формулювання вимог до них, обґрунтування узагальненої структури RFID-пристрою, визначення робочих діапазонів частот.

Ключові слова: Інтернет речей, RFID-мітки, радіочастотні датчики

L.B. LISHCHYNSKA

Vinnytsia Trade and Economics Institute of Kyiv National Trade and Economics University

FEATURES OF THE USE OF RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION ON THE INTERNET OF THINGS

The paper shows that RFID technology is the most suitable technology for interacting with or tracking physical objects on the Internet of Things. The use of RFID tags has a positive effect on energy savings: the device does not need to send data about itself, the reader will receive all the necessary information from the RFID tag located on the body. You can record service information about the device's operation or network address. Modern RF tags have enough space to store network address information. This is especially true with the gradual transition from IPv4 to IPv6. The use of RFID identification has a positive effect on readability. Unlike QR code and bar code, when working with RFID tags there is no need for precise positioning of the tag: it is enough to be within the range of the recording and reading device at a distance. The general characteristics of RFID-devices, the formulation of requirements for them, the justification of the generalized structure of the RFID-device, the definition of operating frequency ranges are given. The conducted analysis shows that passive and semi-active microwave sensors with practically unlimited lifetime have significant advantages in the implementation of RFID device. The main advantages of such RFID devices are: the readability of the information does not require direct visibility of the RFID device, so they can be located inside an unshielded object (ensuring its secrecy and preservation); high speed of information removal, which allows to poll up to 1000 sensors per second or to conduct a parallel poll of sensors; the ability to obtain information and make the necessary correction to the operation of the sensor at a considerable distance; durability (especially for passive and semi-active sensors); high degree of security, which is achieved by the ability to encrypt data in sensors with memory elements; resistance to the environment, since the sensor can always be placed in a protective polymer shell.

Key words: Internet of Things, RFID tags, radio frequency sensors

Постановка проблеми

В останні роки у галузі цифрових технологій отримав швидкий розвиток Інтернет речей (Internet of Things, IoT). IoT є сукупністю мереж міжмашинної комунікацій і систем зберігання/обробки великих даних, коли за рахунок підключення датчиків і актуаторів (виконавчих механізмів) до мережі відбувається цифровізація різноманітних процесів та об'єктів. Використання отриманих даних дозволяє здійснювати оптимізацію процесів та об'єктів на підставі нових алгоритмів, а зворотний зв'язок з актуатором дозволяє реалізовувати цю оптимізацію на практиці без суттєвих витрат. Фактично Інтернет речей через цифровізацію процесів та об'єктів дозволяє зменшити витрати і підвищити продуктивність праці практично у будь-якій галузі. В основі складних процесів трансформації економіки і звичайному житті людей лежить підключення пристроїв до будь-якої мережі, локальної чи Інтернет. При цьому, підключення більшості пристроїв реалізується за рахунок використання радіозв'язку.

Технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) широко використовується у таких галузях, як транспорт і промисловість. Наприклад, технологія RFID може бути використана для відстеження і визначення місця розташування морських контейнерів, авіаційних вантажів, транспортних засобів, для відстеження різних товарів у межах підприємств або для інвентаризації складів. Також вона може бути використана в автомобільній промисловості для відстеження готових позицій у ланцюжку поставок запчастин і для відстеження конкретних деталей окремо в процесі виробництва. У зв'язку з перспективністю подальшого розвитку Інтернету речей, використання радіочастотної ідентифікації у його складі, різноманітним її реалізації, актуальною є проблема узагальнення основних понять і формування вимог до радіочастотних датчиків.

Мета дослідження

Метою роботи є загальна характеристика RFID-пристроїв, формулювання вимог до них, обґрунтування узагальненої структури RFID-пристрою, визначення робочих діапазонів частот.

Викладення основного матеріалу

Завдання, які вирішуються RFID-системами, можуть істотно відрізнятись. Відповідно модулі RFID залежать від потужності передавача і, відповідно, використовуюваного частотного діапазону.

RFID-пристрої працюють більш ніж у чотирьох основних частотних діапазонах, а саме:

- діапазон НЧ: зазвичай це смуга частот 125–134 кГц, цей тип RFID-пристроїв функціонує на дуже малій відстані (кілька см) і з низькою швидкістю передачі даних, що в основному зручно для автомобільних ідентифікаторів та ідентифікації тварин, і рідше для контактних карт контролю проходу на контрольно-пропускних пунктах (пропуску для персоналу);

- діапазон ВЧ: RFID-пристрої, що працюють з частотою 13,56 МГц, з дальністю дії до 1,5 м, що мають середню і високу швидкість передачі даних; цей тип RFID широко використовується для смарт-міток і смарт-карт для радіозв'язку ближнього поля (технологія NFC);

- діапазон УВЧ: зазвичай це смуга частот 865–868 МГц, яка забезпечує обладнання RFID цієї категорії дальність зв'язку до декількох метрів і більше, а також високу швидкість передачі даних; на побутовому рівні це дозволяє зчитувати сотні радіочастотних RFID міток одночасно, на сьогодні це тип RFID, який найбільш динамічно розвивається;

- діапазон НВЧ: діапазони частот 2,4 ГГц і 5 ГГц, які на міжнародному рівні визначені для безліцензійного використання промисловими, медичними і науковими високочастотними пристроями; цей вид RFID в основному призначений для обміну інформацією між активними радіочастотними мітками у реальному часі (наприклад, визначення місця розташування або збір оплати проїзду по платній автомагістралі).

Слід відзначити, що в діапазонах НЧ і ВЧ використовуються тільки пасивні радіочастотні мітки, у той час як у діапазонах УВЧ і НВЧ можливе використання як активних, так і пасивних міток. Найширше використання отримали RFID-пристрої, що являють собою різні комбінації первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) і схем генерації електромагнітних хвиль, які використовують різні види модуляції і діапазони частот [1–3]. Найбільш суттєвим питанням, яке у подальшому багато в чому визначає технічні параметри RFID-пристрою, є вибір технічних рішень для генератора: використання традиційних RC- і LC-генераторів на транзисторах або використання генераторів на базі негатронів [4].

Враховуючи, що зі зростанням частоти, ефективність більшості RFID-пристроїв зростає, перевагу доцільно віддавати схемам побудови генераторів на базі напівпровідникових негатронів [5], які мають можливість працювати на частотах у декілька десятків ГГц.

До них висуваються наступні вимоги: температурна стабільність; режимна стабільність; можливість режимної і температурної стабілізації; технологічність; висока гранична частота генерації; можливість електричного і механічного регулювання та підстроювання; незначна споживана потужність; низька напруга живлення; великий динамічний діапазон; незначні шуми. Залежно від специфіки вирішуваних завдань перелік цих вимог може бути розширений, але він є базовим для вибору найефективніших технічних рішень для більшості застосувань.

В основі роботи RFID-пристроїв [6] лежить принцип передачі даних, які записані на радіочастотну мітку (transponder – транспондер), розміщену на деякому віддаленні від зчитувального пристрою (reader – рідер). Відмінність полягає лише у тому, що у цьому використанні повинна передаватися не фіксована, раніше записана інформація, а динамічна інформація про стан об'єкту. Проте, як і транспондери, RFID-пристрої можна поділити на: активні (із вбудованим джерелом живлення); напівактивні (отримують живлення від енергії, яка наведена на RFID-пристрій зчитувачем); пасивні (не вимагають для роботи енергії джерела живлення і використовують модуляцію віддзеркаленого сигналу).

Дальність зчитування інформації залежить від багатьох чинників: активний або пасивний RFID-пристрій; потужність опромінення RFID-пристрою; частотний діапазон, у якому працює система. Зазвичай, чим вище частота, тим більше дальність і роздільна здатність РЧД.

Від початку масового впровадження RFID-технології, ціна виробництва міток значно знизилася і продовжує далі зменшуватись. Різниця у вартості придбання радіочастотних міток і друку штрих-кодів вже практично немає, але економічна перевага RFID-міток буде очевидною у тих галузях, де важлива швидкість роботи зі зчитуваними даними.

Тому серед перспективних рішень точної ідентифікації пристроїв і захистом від копіювання можна виділити: постійний перезапис службового поля даних при кожному зверненні до пристрою, результат запису формується за закритим ключем, який відомий буде тільки тій групі пристроїв запису і зчитування, яка буде займатися зчитування міток; такий спосіб не вирішує проблему копіювання RFID-мітки, але дозволяє виявити пристрій, яке було скопійовано або змінено; використання RFID-міток з унікальним ID, що є апаратним рішенням від копіювання. Найбільш ефективним рішенням забезпечення унікальної ідентифікації за допомогою RFID-міток є комбінація різних способів захисту даних від копіювання. Комбінація різноманітних рішень дозволяє значно збільшити унікальність ідентифікації і забезпечує базовий контроль доступу до даних.

Пристрої NFC здатні приймати і передавати дані одночасно, що дозволяє контролювати радіочастотне поле і виявляти невідповідності при обміні даними. У таблиці 1 наводиться порівняння двох технологій радіочастотної ідентифікації: RFID і NFC.

Порівняння технологій радіочастотної ідентифікації: RFID і NFC [7]

Характеристики технології	RFID	NFC
Діяльність сигналу	До 20 м	До 20 см
Двостороння зв'язок	Вкрай обмежений, залежить від моделі мітки	Можливий
Взаємодія з пристроями	Обмежено пасивною поведінкою RFID-мітки	Використовується NFC-сумісними пристроями (мобільні телефони, планшети) для передачі даних/емуляції RFID
Обсяг передачі даних	Обмежено пам'яттю	Залежить від використовуваного пристрою
Шифрування	Відсутнє	Рівень шифрування залежить від обчислювальної потужності IoT-пристрою

З огляду на обмежену обчислювальну потужність пристроїв Інтернету речей, необхідність збільшення тривалості роботи за рахунок економії споживання енергії, бажано використовувати прості і компактні методи ідентифікації.

Серед апаратних рішень основне положення займає саме технології радіочастотної ідентифікації.

NFC в зв'язці з сумісним пристроєм є більш гнучким інструментом для реалізації унікальної ідентифікації IoT-пристроїв у порівнянні з технологією RFID. RFID дешевше, ніж NFC і рекомендується до використання у тих системах, де охорона безпеки даних не є критично важливою.

Висновки

Різноманітні визначення Інтернету речей у кінцевому підсумку зводяться до інтеграції фізичних речей з цифровим світом Інтернету. Технологія RFID є найбільш придатною технологією для взаємодії з фізичними речами або їх відстеження. Використання RFID-міток позитивно позначається на економії енергії: пристрою не потрібно відправляти дані про себе, зчитувач отримує всю необхідну інформацію з RFID-мітки, розташованої на корпусі. До мітки можна записати службову інформацію про функціонування пристрою або мережеву адресу. В сучасних радіочастотних мітках достатньо місця для зберігання інформації про мережеву адресу. Це особливо актуально з поступовим переходом від протоколу IPv4 на IPv6. Використання RFID-ідентифікації позитивно позначається на зручності зчитування. На відміну від QR-коду і штрих-коду, в ході роботи з RFID-мітками немає необхідності у точному позиціонуванні мітки: достатньо знаходитись у межах роботи пристрою запису і зчитування на відстані.

Проведений аналіз показує, що при реалізації RFID-пристрою суттєві переваги мають пасивні і напівактивні датчики НВЧ діапазону, які мають практично необмежений час експлуатації. Основними перевагами таких RFID-пристроїв є: для зчитування інформації не потрібна пряма видимість RFID-пристрою, тому вони можуть розташовуватися усередині не екранованого об'єкту (забезпечуючи його потаємність і збереження); висока швидкість зняття інформації, що дозволяє опитувати до 1000 датчиків у секунду або здійснювати паралельне опитування датчиків; можливість отримання інформації і внесення необхідної корекції у роботу датчика на значному віддаленні; довговічність (особливо для пасивних і напівактивних датчиків); високий ступінь безпеки, що досягається можливістю шифрування даних у датчиках з елементами пам'яті; стійкість до дії докільця, оскільки датчик завжди можна помістити у захисну полімерну оболонку.

Література

1. Lishchinska L.B. Negatron-based inductive sensors / L.B. Lishchinska, S.V. Miroshnikova, M.V. Varaban, N.A. Filinyuk // Вісник Черкаського державного технічного університету. – 2009. – Спецвип. С. 60–62.
2. Ліщинська Л.Б. Інформаційні пристрої і системи на узагальнених перетворювачах імітансу / Л.Б. Ліщинська // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 4 (226). – С. 132–134.
3. Ліщинська Л.Б. Генераторні сенсори на базі негатронів / Л.Б. Ліщинська, С.В. Мірошникова, М.А. Філінюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 2(18). – С. 186–194.
4. Ліщинська Л.Б. Радіочастотні датчики дистанційного контролю стану об'єкту / Л.Б. Ліщинська // Sensor Electronics and Microsystem Technologies. – 2010. – Vol.1(7). № 4. – С. 27–36.
5. Філінюк М.А. Основи негатроніки. Том 1. Теоретичні і фізичні основи негатроніки : монографія. / Філінюк М.А. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 456 с.
6. RFID-технология радиочастотной идентификации. URL: [http:// www.datakrat.ru/tehnologii_3.html](http://www.datakrat.ru/tehnologii_3.html)
7. Воеводин Ю.В. Обзор уникальных аппаратно-программных параметров различных технологий Интернета вещей / Ю.В. Воеводин, Р.В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2015. – Вып. 4(12). – С. 40-47.

References

1. Lishchinska L.B., Mirosnikova S.V., Baraban M.V., Filinyuk N.A. Negatron-based inductive sensors. *Visnik Cherkaskogo derzhavnogo tehnicnogo universitetu*. 2009. Spetsvip. pp. 60–62.
2. Lishchynskaya L.B. Information systems and devices based on generalized converter immitance. *Herald of Khelnytskyi National University*. 2015. Volume 226. Issue 4. Part 1. pp. 132–134.
3. Lishchynska L.B., Mirosnikova S.V., Filinyuk M.A. Generatorni sensori na bazi negatroniv. *Optiko–elektronni informatsiyno–energetichni tehnologiyi*. 2009. Issue 2(18). pp. 186–194.
4. Lishchynskaya L.B. Radio frequency sensors of the controlled from distance control of the state of object. *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*. 2010. Vol.1(7). №4. С. 27–36.
5. Filinyuk M.A. *Osnovi negatroniki. Tom 1. Teoretichni practuchni osnovu negatroniki: Monografya*. Vinnitsya: UNIVERSUM–Vinnitsya, 2006. 456 p.
6. RFID-tehnologiya radiochastotnoy identifikatsii. URL: [http:// www.datakrat.ru/tehnologii_3.html](http://www.datakrat.ru/tehnologii_3.html)
7. Voevodin Yu.V., Kirichek R.V. *Obzor unikalnyih apparatno-programmnyih parametrov razlichnyih tehnologiy Interneta veschey. Informatsionnyie tehnologii i telekommunikatsii*. 2015. Vol. 4(12). pp. 40-47.

Рецензія/Peer review : 17.4.2020 р.

Надрукована/Printed : 16.6.2020 р.

Стаття рецензована редакційною колегією