

ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗДРОВОТИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Здоровець Ю. В., Плахтєєв А. П.

*Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ", Харків, Україна**Розглядається концепція побудови бездротових мереж для рухомих об'єктів з використання сучасних технологій. Визначені основні вимоги для проектування бездротових мереж.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день концепція мереж зв'язку наступного покоління основної своєї мети досягла: створені гетерогенні мережі, що забезпечують користувачу надання будь-яких послуг телекомунікації. Крім того, пройшло вже більше десяти років з моменту прийняття Сектором стандартизації Телекомунікації Міжнародного Союзу Електрозв'язку (МСЕ-Т) перших рекомендацій по мережах зв'язку наступного покоління. За цей час з'явилися і досить широко поширилися самоорганізовані мережі, в тому числі всепроникаючі сенсорні мережі USN (Ubiquitous Sensor Networks) [1], цільові мережі автомобільного транспорту VANET (Vehicular Ad Hoc Networks) [2,3], медичні мережі MBAN (Medical Body Area Networks) і ін.

Все це вимагало створення нової концепції розвитку мереж зв'язку. Відповідно до нових рекомендацій МСЕ-Т такою концепцією стала концепція Інтернету Речей (IoT) [4], яка передбачає, що будь-яка річ, яка володіє можливістю бути підключеною до мережі та ідентифікуватися в ній по IP адресі. Таким чином, швидкий розвиток сучасних телекомунікаційних технологій, мереж зв'язку постійно входять в нову еру коли наявність інтелектуальних платформ стає невід'ємною частиною. Все це сприяє розвитку сучасних нанотехнологій в комп'ютерній промисловості, яка веде до підвищення продуктивності обчислювальних пристроїв при зменшенні їх розмірів і енергоспоживання, при цьому розвиваються технології інформаційної взаємодії для подальшого розвитку IoT.

В зв'язку з цим, важливою і актуальною задачею є проблема організації зв'язку між рухомими об'єктами, які використовуються для виконання робіт у важко доступних місцях: моніторинг оточуючого середовища, дослідження зон надзвичайних ситуацій, де виведена з ладу повністю або частково інфраструктура, в тому числі телекомунікаційні споруди.

Особливо актуальними є задачі підвищення якості обміну повідомленнями між абонентами мережі в процесі руху, в зонах з нестійким зв'язком, малонаселених пунктах, важкодоступних територіях, де доступ до Інтернет чи мобільний зв'язок відсутні [5,6]. Тому, в даний час, велика увага надається удосконаленню засобів передачі даних, мережевого обладнання, методів взаємодії між мережами та покращенню надання інформаційних послуг.

Тому, **метою роботи** є вибір технології побудови бездротової мережі (БМ) для інформаційного обміну

між рухомими об'єктами з урахуванням умов використання.

1. Аналіз бездротових мереж передачі даних

Розвиток бездротового зв'язку супроводжується безперервною зміною технологій, в основі яких лежать стандарти стільникового зв'язку GSM і CDMA та систем передачі даних IEEE 802 [7,8]. Існуючі типи БМ відрізняються один від одного радіусом дії, швидкістю з'єднання, технологією кодування даних. Серед них можна виділити наступні:

- а) мобільні мережі нових поколінь, зокрема LTE, 5G;
- б) система глобальної навігації, зокрема Global Positioning System (GPS);
- в) бездротові локальні і міські мережі, зокрема Wireless Fidelity (Wi-Fi) та Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX);
- г) енергопостачання через локальні мережі Power over Ethernet (PoE);
- д) БМ автоматизації WSN, зокрема ZigBee та EnOcean;
- е) впровадження Інтернет-адрес протоколу IPv6 в енергетично ефективних бездротових мережах автоматизації, IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN);
- ж) енергоефективні технології передачі даних на коротких відстанях, зокрема технологій Radio Frequency ID (RFID) Near Field Communication (NFC).

Вказані мережі забезпечують створення не тільки магістрально швидкісних ліній передач інформації шляхом розташування базових станцій, але й оперативний зв'язок зі стаціонарними мобільними абонентами. До переваг бездротового зв'язку можна віднести наступні:

1. мобільність. Бездротовий зв'язок забезпечує не прив'язану до приміщення мережу з доступом в Інтернет, що дає можливість користувачам переміщатися на території залишаючись підключеним до Інтернет;

2. швидкість та гнучкість побудови мережі. БМ можливо побудувати у важкодоступних місцях, тобто там, де не можна протягнути кабелі, БМ легка у встановленні та переміщенні;

3. зниження вартості експлуатації. В порівнянні із дротовими мережами БМ мають низьку вартість встановлення та легкість технічного обслуговування та ін.

Існуючі бездротові технології можуть бути класифіковані на чотири категорії: бездротові локальні мережі (WLAN), бездротові міські мережі

(MAN), бездротової персональної мережі (WPAN) і бездротової глобальної мережі (WWAN).

Сьогодні, найбільшого розповсюдження отримали БМ стандартів IEEE 802.11 a/b/g (Wi-Fi) та IEEE 802.15 (ZigBee, 6LoWPAN і UWB (Ultra Wideband)) (табл.1). Аналіз даних технологій БМ показує, що їх продуктивність (пропускна здатність) складає лише 25-50% від швидкості передачі, яка підтримується на фізичному рівні моделі мережевої

взаємодії OSI. Ключовими проблемами низької продуктивності є вплив електромагнітних перешкод, що призводить до необхідності повторної передачі мережевих пакетів і як наслідок – зниження пропускної здатності, великі накладні витрати, неоптимальний розподіл мобільних абонентів між точками доступу, що утворює інфраструктуру.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика технологій для організації зв'язку з рухомими об'єктами

Характеристики	Сімейство Wi-Fi	DSRC	Рухомий радіотелефонний зв'язок	Bluetooth ZigBee,
Стандарт	IEEE 802.11a/b/n/ac	IEEE 802.11p; IEEE 1609	DPRS, EDGE, UMITS, HSPA, LTE	IEEE 802.15.1; IEEE 802.15.4
Робочі частоти	2,4 ГГц (IEEE 809.11b/g/n); 5 ГГц (IEEE 809.11a/n/ac)	5,9 ГГц	900/1800 МГц	2,45 ГГц (IEEE 802.15.1); 868 МГц, 902-928 МГц, 2,45 ГГц (IEEE 802.15.4)
Швидкість передачі даних	54 Мбіт/с (IEEE 809.11a); 11 Мбіт/с (IEEE 809.11b); 54 Мбіт/с (IEEE 809.11g); 600 Мбіт/с (IEEE 809.11n); 1300 Мбіт/с (IEEE 809.11ac)	27 Мбіт/с	20 кбіт/с (GPRS); 59,2 кбіт/с (EDGE); 42 Мбіт/с (HSPA); 150 Мбіт/с (LTE)	до 0,7 Мбіт/с (IEEE 802.15.1); до 250 кбіт/с (IEEE 802.15.4)
Час встановлення з'єднання	Деякі секунди	250 мс	Деякі секунди	Деякі секунди
Затримка	-	До 50 мс	Від 500 мс до деяких секунд	-
Ширина каналу	Від 20 до 160 МГц	10 МГц	Від 200 кГц до 100 МГц	1 МГц (IEEE 802.15.1); 2 МГц (IEEE 802.15.4)
Дальність зв'язку	300 м (на відкритому просторі)	1 км	35 км (для 900 МГц)	до 75 м
Використання	побудова WLAN мережі	побудова однорангових мереж, DTN, глобальне геопозиціонування	послуги передачі мережею зв'язку загального користування (голос, відео та ін.)	побудова WPAN мережі

2. Система комунікації на дорогах

Побудувати систему комунікації неможливо без розробки і реалізації проектних рішень по формуванню середовища (комплексу) зв'язку, що враховує всі види взаємодії, від провідних (високошвидкісні оптоволоконні мережі), до бездротових (стандарты зв'язку, доступні від операторів стільникового зв'язку; радіозв'язок і, Інтернет).

Розглянемо систему комунікацій між транспортними засобами (ТЗ) на дорогах. В даний час над створенням і удосконаленням системи

комунікації між автомобілями працюють різні організації, серед яких державні транспортні установи, навчальні заклади США і Європи, автовиробники (Audi, BMW, Daimler, General Motors, Ford, Honda, Mercedes-Benz, Nissan, Opel, PSA, Toyota, Volkswagen, Volvo), виробники електронних компонентів (Bosch, Continental, Siemens) та інші компанії.

Комунікація на дорогах включає в себе взаємодію між ТЗ, а також між ТЗ і об'єктами інфраструктури. Дані, отримані від ТЗ, інфраструктури, як правило, відправляються на

сервер для централізованої спільної обробки. (рис. 1).

Існують наступні системи комунікації між ТЗ, в Європі це Car-to-Car (C2C), в США - Vehicle-to-Vehicle (V2V). Зв'язок ТЗ з об'єктами інфраструктури позначається як Car-to-Infrastructure

(C2I), Vehicle-to-Roadside (V2R), Vehicle-to-infrastructure (V2I). Але всі ці назви не розкривають суті системи комунікації, тому останнім часом використовують іншу назву – Vehicle-to-X (V2X). Під "X" розуміються ТЗ та об'єкти інфраструктури.

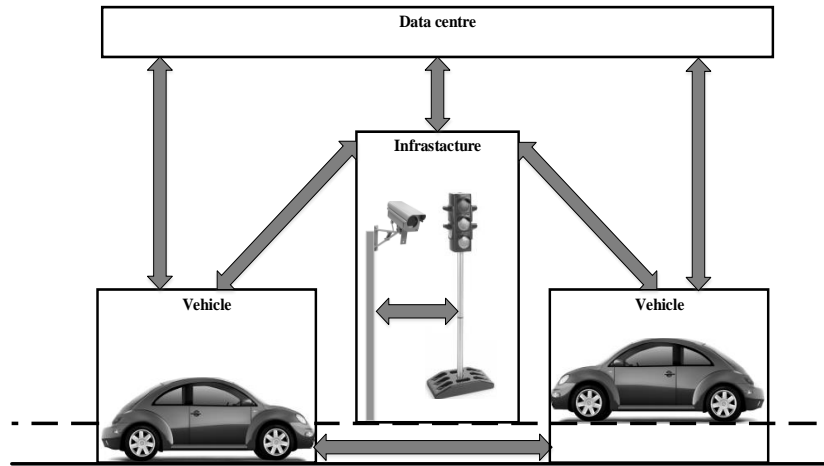


Рисунок 1 – Види взаємодії на дорогах

Система комунікації використовується в різних областях, серед яких забезпечення безпеки руху, автоматизація руху ТЗ, здійснення електронних платежів, доступ до глобальних інформаційних ресурсів, контроль та керування рухом.

Для реалізації з'єднання на ТЗ встановлюється ряд конструктивних елементів - антена, приймач, передавач, блок управління, які можуть бути об'єднані в єдиний WLAN-модуль. В якості модуля можна використовувати смартфон з відповідним програмним забезпеченням та синхронізований з ТЗ. Антена в модулі забезпечує бездротове з'єднання. Приймач і передавач відповідно приймають і передають інформацію. Основну роботу виконує блок керування. Він обробляє вхідні внутрішні (від ТЗ) і зовнішні (з мережі) сигнали і перетворює їх в керуючі вихідні сигнали, які, в свою чергу, транслюються на аудіосистему ТЗ і інформаційний дисплей.

В перспективі система комунікації між автомобілями повинна стати основною системою автоматизованого керування.

3. Проектування бездротових мереж для рухомих об'єктів

Оскільки, БМ в залежності від поставлених задач та характеристик моделюючої мережі використовують декілька топологій та більш ніж одну технологію для організації зв'язку [9], то при побудові БМ для зв'язку між рухомих об'єктів стандарту IEEE 802. можуть бути реалізовані наступні топологічні схеми організації мережі: централізована схема та децентралізована схема мобільної мережі (mesh-мережі) [10].

В першому випадку мережа складається з сукупності двох типів каналу зв'язку - учасники магістральних каналів зв'язку для доставки контенту безпосередньо в Центр керування та клієнтські канали для мобільних та стаціонарних абонентів мережі. В іншому випадку мережа має коміркову топологію (Ad Hoc), в якій кожна точка доступу не тільки надає послуги абонентського доступу, але й виконує функції маршрутизатора для інших точок доступу тієї ж мережі.

Режим Ad Hoc (Peer to peer) має наступні характеристики:

- незалежний набір базових послуг (IBSS);
- немає необхідності в центральній точці доступу;
- усі вузли повинні використовувати один і той же ідентифікатор SSID та канал;
- не масштабується.

В режимі інфраструктури мережа складається з сукупності двох типів каналу зв'язку - учасників магістральних каналів зв'язку для доставки контенту безпосередньо в Центр керування та клієнтських каналів для мобільних та стаціонарних абонентів мережі. Особливостями роботи централізованої схеми є:

- розширена зона обслуговування (Extended Service Set (ESS));
- необхідна центральна точка доступу;
- клієнти і точки доступу повинні використовувати один і той же ідентифікатор SSID;
- масштабованість.

Інфраструктурну мережу можна організувати за наступними топологіями: точка – точка, зірка, дерево, сітка. Оскільки до інфраструктури, яка відповідає за передачу даних ставлять досить високі

вимоги, тому, при проектуванні БМ необхідно врахувати наступні характеристики:

1. електромагнітне забруднення - радіовипромінювання точок доступу мобільних пристроїв;

2. дальність зв'язку – залежність потужності передавального сигналу, частотного діапазону, чутливості приймача і здатність його розпізнавати і усувати виникаючі помилки;

3. надійність функціонування БМ. Характеризується здатністю безпомилкової передачі інформації і стійкості до електромагнітних перешкод;

4. продуктивність – визначення пропускної здатності, яка доступна кожному абоненту в мережі в цілому та часовими параметрами (затримка передачі, час відгуку).

Також, конфігурація подібних мереж постійно варіюється, щоб швидко змінювати маршрути проходження інформаційного потоку, застосовуються mesh- технології. Оскільки, умови розповсюдження сигналів не постійні, на їх шляху з'являються і зникають різні перешкоди, тому слід використовувати кодування з динамічно змінюваними параметрами. Для прискорення процесу обміну даними, особливо між рухомими об'єктами, які знаходяться поруч, бажано, щоб інформація передавалася по найкоротшому шляху, минаючи, наприклад, сервер провайдера, а для реалізації подібної функції час входження в мережу повинно бути мінімальним. Дані вимоги можуть бути задоволені в рамках як існуючих бездротових технологіях, так і в тих, що знаходяться на стадіях розробки та дослідження.

Висновки

Розгортання та розвиток мереж бездротового зв'язку потребує вирішення складних та організаційних задач в умовах жорстких обмежень на використання частотних, економічних та апаратних ресурсів, тому для застосування БМ для IoT технологій потрібно вирішити наступні проблеми: масштабованості, локалізації, енергоживлення, сумісності, ізолюваності розгортання, динамічності додатків, стандартизації та безпеки.

Необхідно скоротити витрати на технічне обслуговування мереж, оскільки додатки IoT мають більш строгі вимоги для роботи в режимі реального часу, а незначні затримки в передачі даних можуть призвести до аварійних ситуацій.

Список використаних джерел

1. Recommendation X.1311“Security Framework for Ubiquitous Sensor Networks”. ITU-T, Geneva, February, 2011

2. Koucheryavy, Y. Research Challenges in Vehicular Ad hoc Networks / Y. Koucheryavy, J. Jakubiak // IEEE CCNC 2008, January 10–12, 2008. Las Vegas, USA.

3. Intelligent Transport Systems (ITS): an area to be strengthened in the Transport sector [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://www.unece.org/trans/theme_its - 03.03.2016

4. Miorandi, D. Internet of things: vision, applications and research challenges / D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, and I. Chlamtac // Ad Hoc Networks, vol. 10, no. 7, PP. 1497–1516, 2012.

5. В.Вишневикий, С.Портной, И.Шахнович. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. М.: Техносфера, 2010, 470с.

6. Vishnevsky V.M., Semenova O.V. Polling Systems: Theory and Applications for Broadband Wireless Networks. London: Academic Publishing, 2012. 317 p.

7. 802.11-2012 IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between Local and metropolitan area networks. Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. – IEEE Std., March 2012

8. Wu Q., Zheng J. Performance modeling and analysis of IEEE 802.11DCF based fair channel access for vehicle-to-roadside communication in anon-saturated state / Springer Wireless Networks, Volume 21, Issue 1, 2014. Pp. 1-11.

9. Doyle N.C., Jaber N.R., Tepe K.E. Complete architecture and demonstration design for a new combined WiMAX/DSRC system with improved vehicular networking efficiency / Ad Hoc Networks, vol. 11, issue 7, 2013. Pp. 2026-2048.

10. Chakraborty S., Nandi S. IEEE 802.11s Mesh Backbone for Vehicular Communication: Fairness and Throughput / IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 62, issue 5, 2013. Pp. 2193-2203

Аннотация

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Здоровец Ю. В., Плахтеев А. П.

Рассматривается концепция построения беспроводных сетей для подвижных объектов с использованием современных технологий. Определены основные требования для проектирования беспроводных сетей.

Abstract

DESIGNING WIRELESS TECHNOLOGY FOR MOBILE OBJECTS

Yu. Zdorovets, A. Plakhteyev

The concept of building wireless networks for mobile objects with the use of modern technologies is The basic requirements for the design of wireless networks is formulated.