

МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗДРОВОНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Поліник С.А.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: host5x5@gmail.com

Modeling of wireless sensor networks

In the article the results of modeling of the wireless sensor networks for precision agriculture and ecological monitoring are considered. Key words: wireless sensor network, modeling.

Бездротові сенсорні мережі щороку все активніше проникають у всі галузі промисловості та сфери діяльності людини. На даний час вони широко використовуються не тільки для збору і обробки даних та керування промисловими об'єктами, але і у звичайному побуті у вигляді Інтернету речей (Internet of Things) [1]. Бездротова сенсорна мережа (БСМ) вже перестала бути тільки об'єктом наукових досліджень і перетворюється на масовий продукт, який випускають багато виробників. Саме це зумовило появу багатьох промислових стандартів, які розробляються різними міжнародними організаціями, наприклад, Міжнародною організацією по стандартизації (ISO), Інститутом інженерів електротехніки та електроніки (IEEE), Інженерною радою Інтернету (IETF) та Міжнародним союзом електрозв'язку (ITU). Результатом роботи провідних у галузі стандартизації організацій стало сімейство стандартів IEEE 802.15.4, які визначають особливості побудови мереж з невисокою пропускнуою здатністю.

Існуючі та проєктовані бездротові сенсорні мережі розрізняються як областями застосування, так використаними технічними рішеннями [2]. Тим не менш, можна виділити основні характеристики, які характерні більшості бездротових систем. Типова БСМ складається із великої кількості простих пристроїв або, іншими словами, вузлів для збору інформації та декількох більш складніших пристроїв, які ще називають координаторами, для обробки інформації та певного керування мережею. Кожний вузол здійснює періодичні вимірювання, первинну обробку інформації та передачу цих даних до координатора. В координаторі дані обробляються та зберігаються, а при необхідності передаються на вищий рівень або до іншої системи. Вузли можуть передавати виміряну інформацію не тільки напряму координатору, але при необхідності через інші проміжні вузли.

Слід зауважити, що специфіка БСМ передбачає можливість передачі даних від вузла до координатора через один або більше проміжних вузлів. При цьому надійність у передачі даних досягається не за рахунок встановлення надійного радіоканалу, а за рахунок підтвердження приймання кожного переданого пакету. Саме тому, для бездротових сенсорних мереж важлива розробка

необхідних протоколів мережевої маршрутизації.

Велика кількість областей застосування бездротових сенсорних мереж породжує певні проблеми, які полягають у тому, що дослідникам та розробникам мереж приходится працювати з великою кількістю обмежень та характеристик мереж у залежності від прикладної задачі. В такому випадку моделювання є єдиним підходом, коли можна завчасно розрахувати та оцінити характеристики мережі в залежності від топології мережі, оточуючого середовища, інфраструктури без розробки реально діючих вузлів мережі.

При моделюванні протоколи, схеми, топології та навіть ідеї можуть бути оцінені у великих масштабах досить швидко і дешево. Ізза складності та тривалості налаштування БСМ широке застосування отримали різноманітні системи імітаційного моделювання мереж, які дозволяють користувачам ізолювати різні фактори лише за допомогою налаштування параметрів.

Отримання точних результатів та висновків при моделюванні не є простою задачею. Основними ключовими аспектами при моделюванні БСМ є правильність імітаційної моделі та придатність конкретних інструментів для реалізації даної моделі [4]. До фундаментальних проблем відноситься вибір між точністю, продуктивністю та масштабованістю моделі.

При виборі системи моделювання БСМ слід звернути увагу на те, що система має дозволяти:

- підвищувати ефективність розробки БСМ;
- проводити експерименти без реального розгортання сенсорної мережі;
- проводити дослідження різних режимів роботи мереж;
- зменшувати затрати на розробку та розгортання мережі в майбутньому.

Будемо вважати, що всі кінцеві вузли нашої БСМ є апаратно та програмно ідентичні. Тому для створення моделі досить описати типовий вузол мережі, алгоритми його функціонування та взаємодії. Якщо використовувати імітаційне моделювання, то слід звернути увагу на два основних підходи до моделювання БСМ: агентноорієнтований та об'єктноорієнтований.

Об'єктно-орієнтований підхід. Кожний вузол представляється окремим класом зі своїм набором властивостей, які визначають набір методів та його поведінку. Середовище взаємодії визначається класом з параметрами, які не можуть бути описані в кожному вузлі. Ці параметри визначають цілу мережу на верхньому рівні, наприклад, кількість вузлів у мережі, протоколи передачі даних, протоколи маршрутизації тощо. Для моделювання середовища передачі даних розробляється відповідна модель радіоканалу. Крім того, для моделювання конкретної мережі слід розробити та використати додаткові моделі, наприклад, модель енергоспоживання вузла, модель явища, параметри якого зчитуються сенсором вузла тощо. Функціонування моделі вузла визначається поведінкою решти моделей, а модель бездротової сенсорної мережі визначається поведінкою моделей окремих вузлів.

Агентно-орієнтований підхід – метод моделювання, який вивчає функціонування децентралізованих агентів і як їхня робота впливає на роботу цілої системи. На відміну від системної динаміки, в цьому підході правила для агентів визначаються індивідуально і правила функціонування цілої системи є результатом спільної діяльності багатьох агентів. При такому моделюванні використовується підхід "знизу вверху". Агентноорієнтований підхід включає у себе елементи теорії ігор, складних систем, багатоагентних систем та еволюційного програмування. Також застосовується метод Монте-Карло, теорія ймовірності та математична статистика.

Агентноорієнтоване моделювання бездротових мереж у деякій мірі являє собою підвид імітаційного моделювання, в якому основну увагу приділено дослідженню стану глобальної системи в залежності від поведінки агентів, які є компонентами системи. У випадку бездротових сенсорних мереж цей підхід є доцільним, так як вузли мережі розподілені на великій території, активно взаємодіють з навколишнім середовищем та сусідніми вузлами, а поведінка та технічні характеристики окремого вузла безпосередньо впливають на функціонування та продуктивність цілої мережі.

Враховуючи вище вказане, можна зробити висновок, що вибір інструменту для моделювання БСМ, який би максимально точно враховував всі фактори та обмеження, є складною задачею. На даний час існує кілька програмних засобів, які дозволяють моделювати бездротові сенсорні мережі з урахуванням багатьох факторів. Найбільш відомими є Anylogic, TOSSIM, OPNET Modeler, Network Simulator (NS, NS2, NS3), GloMoSim, Worldsens, NetSim, OMNeT++, Castalia. Серед вказаних програмних інструментів є як платні, так і безплатні варіанти.

Література

1. *Recommendation Y.2060 "Overview of the Internet of things"* // International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, 2012.
2. *Shorey R., Ananda A., Mun Choon Chan, Wei Tsang Ooi. Mobile, wireless, and sensor networks: technology, applications, and future directions* // USA: A John Wiley & Sons, Inc. 2011. – 430p.
3. *Kryvonos Yu., Romanov V., Wojcik W., Galelyuka I., Voronenko A. Application of wireless technologies in agriculture, ecological monitoring and defense* // Proceeding of the 8th IEEE International conference on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2011. – Warsaw, Poland. – 2015, September 24–26.
4. *Борисенко А.С., Галкин П.В. Адекватность моделей беспроводных сенсорных сетей в средах имитационного моделирования* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4/ 9 (64). – С. 52–55.
5. <https://omnetpp.org>.
6. <http://castalia.forge.nicta.com.au/index.php/en/index.html>.
7. *Грудинская Г.П. Распространение радиоволн.* – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.
8. *Шабунин С.Н., Лесная Л.Л. Распространение радиоволн в мобильной связи: Методическое пособие.* – Екатеринбург: УГТУ, 2000. – 38 с.
9. *Pottie G.J., Kaiser W.J. Wireless integrated network sensors* // Commun. ACM, 43(5):51– 58. – 2000.