

МОДЕЛЮВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МЕТОДОМ RSSI

Власова В.О.¹, Скорик Ю.В.²

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, E-mail: viktoria.vlasova@nure.ua¹, yuliia.skoryk@nure.ua²

Анотація – У роботі розроблена імітаційна модель для оцінки точності позиціонування елементів на етапі ініціалізації гомогенної бездротової сенсорної мережі (БСМ), яка дозволяє визначити середньоквадратичне відхилення координат, що визначаються за методом RSSI і за розробленим методом на основі корегувальних коефіцієнтів. Дослідження моделі показало, що можливе її використання для досить точного визначення розрахунку місця розташування вузлів БСМ, що розраховується за методом RSSI та для обчислення коригуючих коефіцієнтів.

Ключові слова – модель, ініціалізація, мот, гомогенний, позиціонування

I. Вступ

На сьогоднішній день простим і доступним методом перевірки і дослідження алгоритмів взаємодії елементів мережі або функціонування мережі в цілому є імітаційне моделювання на ПК. Для цього можуть використовуватися готові програмні продукти, або створюватися нові, що враховують специфічні вимоги.

Прикладами наявних симуляторів бездротових сенсорних мереж (БСМ) можуть бути [1-3], але вони не вирішують задачу емуляції фази ініціалізації і визначення місцезнаходження об'єктів сенсорної мережі, а тільки моделюють стек протоколів (включаючи маршрутизацію), енергоспоживання, приймач, канал зв'язку (в тому числі ландшафтні особливості) і взаємодію між об'єктами. Симулятор позиціонування БСМ, описаний в [4], має широку функціональність і моделює 6 алгоритмів позиціонування, але не містить модель позиціонування за алгоритмом RSSI (Received Signal Strength Indication – Індикація рівня прийнятого сигналу) і реалізація алгоритму уточнення за способом на основі коригуючих коефіцієнтів [5] ускладнена і недоцільна. Тоді, робота зі створення симулятора взаємодії об'єктів мережі в процесі позиціонування на етапі ініціалізації є актуальною.

II. Обмеження моделі

Через те, що модель імітує тільки процес позиціонування, то введені наступні основні обмеження моделі розглянутої мережі:

- коефіцієнт ослаблення рівний коефіцієнту ослаблення для вільного простору ($k = 20$), а додаткове загасання має детерміновані значення для різних напрямків;

- сенсорне поле являє собою квадрат (для спрощення геометричних обчислень);

- базові станції (БС) розміщуються в кутах сенсорного поля;

- антени БС мають стандартну діаграму спрямованості напівхвильового диполя в дальній зоні (варіант виконання XBee-PRO XSC RF Module з диполем).

Сам процес імітаційного моделювання передбачає абстрагування математичної моделі від реальності, тому що поперше абсолютно всі аспекти роботи складної системи неможливо врахувати і передбачити, а по-друге - не всі аспекти мають істотний вплив на об'єкт. Тому, при створенні даної моделі був зроблений ряд припущень. Подальший аналіз моделі підтвердив її адекватність в порівнянні з реальними бездротовими сенсорними мережами.

III. Компоненти моделі

1. Модель сенсорної мережі

- мережа складається з вузлів, які випадковим чином рівномірно розподілені на квадратному двовимірному сенсорному полі площею S і чотирьох супервузлів - БС, що розміщені в кутах поля; при цьому кожна БС містить чотири додаткових вузла (однотипних мотам сенсорного поля), які є виносними антенами для даної БС;

- число резервних мотів $N_{m,p} = 50\%$;

- максимальний розмір поля обмежується дальністю дії БС і дорівнює площі до 46,08 км² або довжині сторін до 6,788 км (відповідно до обраної БС в п. 2)

- глобальні відстані/координати вважаються абсолютно точними і є еталонами для оцінки точності визначення місця розташування.

2. Модель БС

- в якості БС використовується модуль XBee-PRO XSC RF Module через те, що його характеристики найбільш відповідають вимогам для гомогенної польової мережі;

- БС в широкоповному режимі покривають все поле;

- дальність дії у відкритому просторі 9,6 км з диполем;

- діаграма спрямованості відповідає стандартній діаграмі спрямованості диполя (симетричного вібратора);

- конструкція виносних антен представлена в [5].

3. Модель мота

- в якості вузлів модельованої мережі використовується модуль XBee RF Module;

- дальність дії у відкритому просторі 60 м;

- вимір контрольованого параметра точковий;

- інформація для позиціонування представляє собою масив даних від восьми розрядного індикатора RSSI, де містяться квантовані значення рівня прийнятого пілот-сигналу від чотирьох БС і окремих аналогічних масив для зберігання рівнів сигналу від сусідніх мотів;

- моти є матеріальними точками.

4. Модель каналу

При передачі радіосигналу в реальному середовищі поширення має місце спотворення сигналу, характер якого визначається типовими для даного середовища умовами. Характеристика каналу зазвичай визначається за структурою прийнятого пілот-сигналу, який піддався спотворень при проходженні від передавача до приймача. Спотворення в каналі зв'язку залежать від часу, несучої частоти, орієнтації антен тощо. Крім цього на сигнал накладаються характерні для радіоканалу спотворення: багатопроміневість, затінення, шуми, перехресні перешкоди тощо. Тому, модель каналу, адекватна реальному, є окремою і самостійною темою дослідження, яка виходить за рамки даного аналізу.

Згідно з [6] існує безліч способів моделювання багатопроміневого поширення радіохвиль. Однак, з огляду на те, що ступінь складності даної моделі не впливає на показники ефективності методу позиціонування [5], була обрана найпростіша модель - адитивна зміна рівня сигналу на деяку випадкову величину в обраному діапазоні, яка може бути як позитивною, так і негативною. Таким чином, модель містить спрощений еквівалент каналу зв'язку і враховує вплив загасання сигналу і наслідків багатопроміневого поширення радіохвиль:

- поширення радіохвиль в моделі описується формулою загасання

$$A = (k + \Delta) \cdot \lg\left(\frac{4\pi df}{c}\right), \quad (1)$$

де k - коефіцієнт ослаблення сигналу (для вільного простору $k = 20$), Δ - компонента, що показує ослаблення сигналу в реальному середовищі, d - відстань між джерелом і приймачем сигналу, f - частота сигналу, c - швидкість світла.

- багатопромінева похибка носить псевдовипадковий характер в діапазоні від 0 до 1 у.о. довжини (наприклад, метр);
- коефіцієнт ослаблення для умов моделювання обраний рівним 20 (для вільного простору);
- Частота $f = 2,4$ ГГц відповідно до стандарту [7].

5. Модель сенсорного поля

- фізичні параметри сенсорного поля не змінюються протягом часу ініціалізації мережі;
- сенсорне поле рівне, без перешкод;
- вузли сенсорної мережі однотипні і рівноправні і можуть виступати в якості вимірників, ретрансляторів, маршрутизаторів, координаторів (мережа гомогенна).

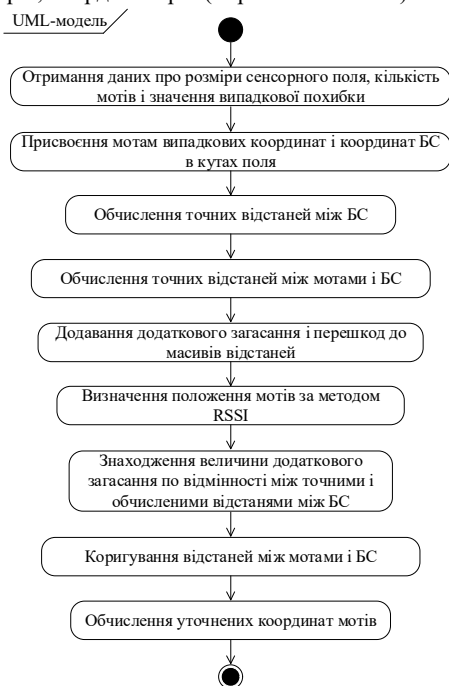


Рис.1. UML-модель процесу позиціонування

IV. Моделювання процесу позиціонування

На основі способу позиціонування [5], обмежень (п. II) і розробленого алгоритму взаємодії елементів мережі на етапі ініціалізації [8] була розроблена модель процесу позиціонування для дослідження алгоритму визначення координат з додатковою можливістю обчислення коригуючих коефіцієнтів для підвищення точності локалізації об'єктів БСМ за допомогою методу на основі потужності прийнятого сигналу (рис. 1).

V. Висновки

В результаті моделювання отримане відхилення обчислених координат в середньому 43,47 м для максимальної відстані між вузлами 100 м. У [7] стверджується, що у відкритому просторі (поза приміщенням) точність алгоритму RSSI становить приблизно $0,5d$, що підтверджує адекватність моделі і її відповідність теоретичним даними. За результатами моделювання можна зробити висновок, що застосування методу підвищення точності методу RSSI коригуючими коефіцієнтами дозволяє отримати точність координат $0,65-0,98$ м, тобто до $0,001d$ вже на етапі ініціалізації

мережі без застосування допоміжних модулів визначення місця розташування, окремих маяків і без додаткових енерговитрат. Не дивлячись на те, що метод RSSI характеризується збільшенням похибки в залежності від віддалення від елемента мережі, що позиціонує, запропонований метод коригуючих коефіцієнтів для RSSI, не має такої залежності. З результатів моделювання видно, що похибка рівномірна на всьому сенсорному полі.

VI. Список літератури

- [1] В.Г. Гавриленко, А.Ю. Ельцов, А.А. Кирюшин, С.В. Лобанов, А.Н. Садков. Детальное моделирование физического уровня в симуляторе беспроводных сенсорных сетей// Радиотехника и электроника. 2009. Т. 54. №4. С. 465-475.
- [2] S. Park, A. Savvides, M. B. Srivastava. SensorSim: A Simulation Framework for Networks// MSWIM'00 Proceedings of the 3rd ACM international workshop on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems. 2000. P. 104-111.
- [3] F.G. Marmol, G.M. Perez. TRMSim-WSN, Trust and Reputation Models Simulator for Wireless Sensor Networks// IEEE International Conference on Communications, Communication and Information Systems Security Symposium. 2009. P. 1-5.
- [4] A. Naguib. Wireless Sensor Network Localization Simulator v1.1 [Electronic resource]. 2011. Режим доступу: <http://www.codeproject.com/Articles/225536/Wireless-Sensor-Network-Localization-Simulator-v1>.
- [5] Vlasova V.A. Method of localisation of wireless sensor network nodes at the initialization phase// CriMiCo'2013, 23rd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings. 2013. P. 294-295.
- [6] Recommendation ITU-R P.1411-6 (02/2012): Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz. P Series: Radiowave propagation. International Telecommunication Union. ITU-R: Radiocommunication Sector. 2012. 35 p.
- [7] IEEE Std. 802.15.4-2003. IEEE Standard for Information technology, Telecommunications and information exchange between systems, Local and metropolitan area networks. Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). IEEE Computer Society, NY, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 2003. 670 p.
- [8] А.Н. Зеленин, В.А. Власова. Фаза инициализации в беспроводных сенсорных сетях// Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. 2012. №26 С. 55-61.