

Кисельов В.Б.

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

Туранська О.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПАКЕТА ДАНИХ МІЖ ДВОМА ВУЗЛАМИ В СИСТЕМІ CASTALIA

У статті розглянуто імітаційну модель безпроводної сенсорної мережі, побудовану в системі моделювання Castalia. На основі цієї моделі досліджено надійність передачі пакетів даних між двома вузлами та вплив перешкод на надійність комунікаційного середовища між двома вузлами в системі Castalia.

Ключові слова: безпроводна сенсорна мережа, модель, надійність.

Постановка проблеми. Сьогодні через не дешево обладнання та складність налаштування сенсорних мереж широке застосування отримали різні системи імітаційного моделювання. У наш час безпроводні сенсорні мережі (БСМ) є актуальною темою досліджень. Багато аспектів роботи і побудови таких мереж не стандартизовані. Створення стенду для тестування БСМ є дуже дорогим, а запуск реальних експериментів на стенді є ще і складним та займає багато часу. Крім того, стабільність значною мірою непередбачувана, оскільки багато факторів впливають на результати експерименту. Важко ізолювати один аспект дослідження від інших. Тому в галузі БСМ моделювання має велике значення для розвитку цієї сфери.

Аналіз досліджень і публікацій. Імітаційне моделювання має важливе значення для вивчення БСМ, будучи поширеним способом для тестування нових додатків і протоколів у цій галузі. Це привело до бурхливого розвитку систем моделювання БСМ останніми роками. Однак отримання точних висновків із результатів моделювання не є тривіальним завданням. Є два ключових аспекти в моделюванні БСМ: правильність імітаційної моделі і придатність конкретних інструментів для реалізації цієї моделі. Фундаментальною проблемою є вибір між точністю моделі та продуктивністю із масштабованістю.

Для моделювання було використано систему Castalia. Це система моделювання для безпроводних сенсорних мереж і мереж малопотужних вбудованих пристроїв. Вона заснована на платформі OMNeT++ [3] і використовується дослідниками і

розробниками, які хочуть випробувати свої алгоритми та/або протоколи в реалістичному середовищі безпроводного каналу з розширеною радіо-моделлю з реалістичною поведінкою вузла.

Постановка завдання. За допомогою системи Castalia необхідно дослідити надійність передачі пакета даних між двома вузлами, вплив перешкод на надійність комунікаційного середовища між двома вузлами та вплив потужності радіомодуля на надійність комунікаційного середовища між двома вузлами. Всі дослідження проводяться в системі Castalia.

Виклад основного матеріалу.

Дослідження надійності передачі пакета даних між двома вузлами в системі Castalia. Для простоти розгляду надійності передачі пакета між двома вузлами будемо розглядати безпроводну сенсорну мережу з дев'яти вузлів. Будемо вважати, що вузли розташовані в просторі на одній площині розміром 30 м на 30 м. Розташовані по сітці.

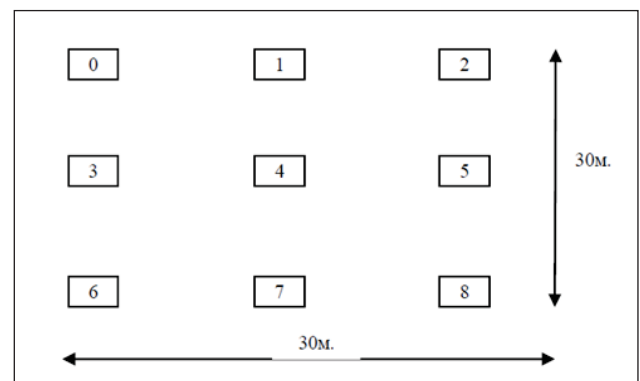


Рис. 1. Розташування вузлів

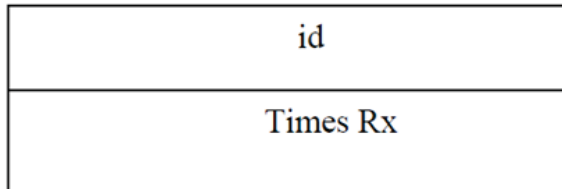
Для задання параметрів моделювання в системі Castalia використовуються конфігураційні файли. Розміщуватися такий файл повинен у папці цього моделювання (у нас `inter Nodes`), яка, у свою чергу, повинна міститися у папці `Simulations` системи Castalia. Для задання цієї просторової конфігурації використовуються параметри: `SN.field_x = 30`, `SN.field_y = 30`, `SN.numNodes = 9`, `SN.deployment = "3x3"`.

Час моделювання задаємо 100 с (параметр `sim-time-limit = 100 s`). Варто зазначити, що моделювання в системі Castalia відбувається не в реальному часі, тобто реальний час проведення експерименту буде не 100 с.

Для моделювання надійності передачі пакета даних між двома вузлами розроблений модуль додатку `InterNodes`, представлений файлами `interNodes.ned`, `interNodes.h`, `interNodes.cc`.

Кожний вузол з інтервалом 100 мс відправляє повідомлення на широкомовну адресу (утворюється рівномірний потік повідомлень), всього їх 100.

При цьому у кожного вузла заведена таблиця сусідів, що має структуру, представлену на рис. 2, де `id` – ідентифікатор вузла, `timesRx` – кількість пакетів, що прийшли від нього.



`newRec.timesRx = 1;`

Рис. 2. Структура таблиці сусідів

Під час отримання повідомлення від вузла лічильник повідомлень для нього інкрементується. Після закінчення моделювання інформація за отриманими повідомленнями заноситься у вихідні дані, щоб їх можна було проаналізувати.

За результатами моделювання в середньому кожен вузол отримав 88 пакетів. Таким чином, видно, що в ідеальних умовах комунікаційного середовища не всі пакети були отримані, тобто можемо говорити про надійність зв'язку між вузлами з певною ймовірністю.

У таблиці 1 показано, скільки пакетів отримав кожен вузол від інших. Стовпці представляють вузли, а рядки – записи з таблиці сусідів, дані якої були записані у висновок після закінчення моделювання.

Таблиця 1

Кількість пакетів, отриманих кожним вузлом

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	100	0	99	67	0	0	0	0
1	100	0	100	77	100	67	0	0	0
2	0	100	0	0	65	100	0	0	0
3	100	72	0	0	100	0	100	69	0
4	64	100	65	100	0	100	75	100	72
5	0	69	100	0	100	0	0	72	100
6	0	0	0	100	72	0	0	100	0
7	0	0	0	72	100	76	100	0	100
8	0	0	0	0	76	100	0	100	0

Послідовно проводячи моделювання, можна помітити, що результати його будуть відрізнятися, що зумовлено випадковим характером багатьох факторів. Можна повторювати багаторазово моделювання для зниження похибки. При цьому результати беруться середні.

Провівши це моделювання 100 разів, ми зрозуміли, що загалом отримані дані практично ідентичні тим, що отримані в перший раз. Тому конкретніше розглянемо їх.

Кожен стовпець у таблиці 1 являє собою вузол, а рядки відповідають числу пакетів, отриманих від конкретного вузла. Оскільки кожен вузол відправив по 100 пакетів, можемо говорити про ці числа спрощено як про ймовірності доставки повідомлень між вузлами.

Ця таблиця може бути представлена як матриця суміжності з вагами. Побудуємо граф (рис. 3), вершини якого будуть відповідати вузлам, спрямовані ребра – напрямам передачі повідомлень, а їхня вага дорівнює ймовірності доставки повідомлення.

Таким чином, ми розглянули модель надійності передачі пакетів між двома вузлами в середовищі без перешкод.

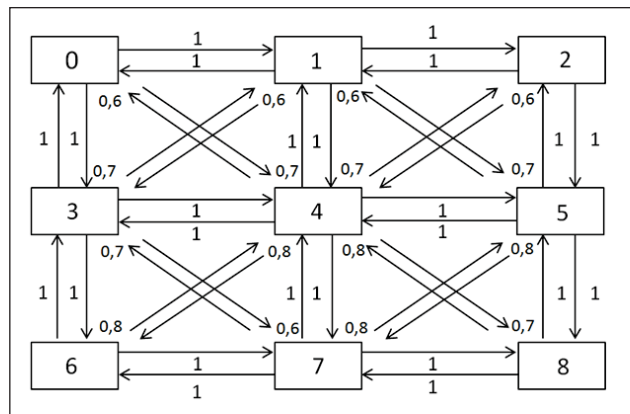


Рис. 3. Ймовірність доставки повідомлень між вузлами

Вплив перешкод на надійність комунікаційного середовища між двома вузлами в системі Castalia. Завадою називається стороннє обурення, що діє в системі передачі і перешкоджає правильному прийому сигналів.

Джерела перешкод можуть знаходитися як зовні, так і всередині самої системи передачі. Прикладами зовнішніх перешкод можуть слугувати предмети, що перешкоджають проходженню сигналу, атмосферні явища, прикладами внутрішніх – збої пристрою.

Для розгляду впливу перешкод ми визначили в налаштуваннях моделювання конфігурацію varySigma, за якої буде запущено моделювання з варіацією цього параметра (SN.wirelessChannel.sigma = {Sigma = 0,1,3,5}).

Для візуалізації використано команду CastaliaPlot, яка дає змогу будувати різні візуальні подання (графіки, діаграми і т. д.). З даних, що були отримані командою CastaliaResults [3]:

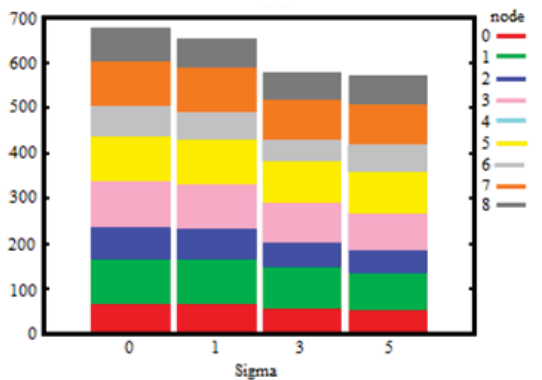


Рис. 4. Вплив завад на кількість отриманих пакетів

На рис. 4 представлена діаграма, що ілюструє, скільки пакетів отримав п'ятий вузол від інших, де Sigma – параметр, що відповідає за рівень перешкод; node – вузли, пронумеровані від 0 до 8 і позначені різними кольорами; число на осі ординат відповідає загальному числу отриманих повідомлень п'ятим вузлом, кожний кольоровий сегмент показує, скільки пакетів отримано від відповідного кольору вузла. Видно, що за відсутності перешкод було отримано близько семисот пакетів. Зі зростанням величини перешкод, починаючи з 3, кількість отриманих пакетів не падає значно, тобто можна відзначити, що надійність тут вже не залежить від рівня перешкод, що може

бути зумовлено хорошим протоколом каналного рівня.

Дослідження впливу потужності радіомодуля на надійність комунікаційного середовища між двома вузлами в системі Castalia. Для визначення впливу потужності радіомодуля визначимо в налаштуваннях моделювання конфігурацію varyTxPower, за якої буде запущено моделювання з варіацією цього параметра.

На рис. 5 представлена діаграма, що ілюструє, скільки пакетів отримав п'ятий вузол від інших, де TXpower – параметр, що відповідає за рівень потужності радіомодуля; node – вузли, пронумеровані від 0 до 8 і позначені різними кольорами; число на осі ординат відповідає загальному числу отриманих повідомлень п'ятим вузлом, кожний кольоровий сегмент показує, скільки пакетів отримано від відповідного кольору вузла. Видно, що за рівня потужності -5dBm було отримано близько семисот пакетів. Зі зростанням величини потужності, починаючи з -3dBm, кількість отриманих пакетів зростає до восьмисот, тобто можемо говорити, що надійність тут вже не залежить від рівня потужності радіомодуля.

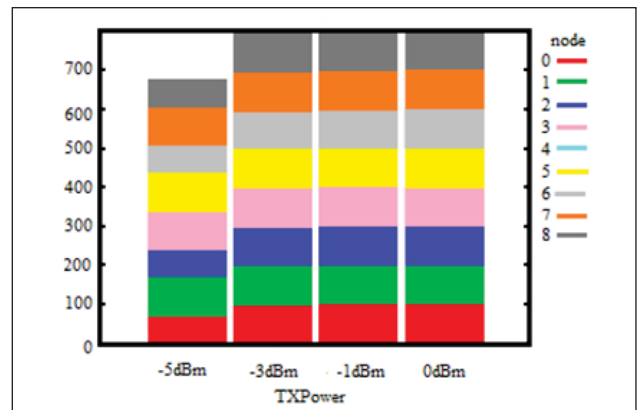


Рис. 5. Вплив рівня завад радіомодуля на кількість отриманих пакетів

Висновки. Запропоновано метод підвищення надійності безпроводних сенсорних мереж шляхом вибору оптимального алгоритму маршрутизації та підвищення надійності акумулятора датчика. Згідно з методом зроблені розрахунки. Їх можна вдосконалювати шляхом удосконалення результатів та підбору нових методів маршрутизації, точності позиціонування і налаштувань акумулятора датчиків.

Список літератури:

1. Акімов Є.В., Кузнецов М.Н. Вірогіднісні математичні моделі для оцінки надійності безпроводних сенсорних мереж // Електронний журнал «Труди МАИ». Випуск № 40 // URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/>.

2. Половко А.М., Гуров С. В. Основы теории надёжности. – СПб.: БХВ-Петербург 2006. – 560 с.
3. Castalia official site URL: <http://castalia.research.nicta.com.au>.
4. Баскаков С.С. Исследование способов повышения эффективности маршрутизации по виртуальным координатам в беспроводных сенсорных сетях // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2009. – № 2. – С. 112–124.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТА ДАННЫХ МЕЖДУ ДВУМЯ УЗЛАМИ В СИСТЕМЕ CASTALIA

В статье рассмотрена имитационная модель беспроводной сенсорной сети, построенная в системе моделирования Castalia. На основе этой модели проведено исследование надежности передачи пакетов данных между двумя узлами и влияния преград на надежность коммуникационного пространства между двумя узлами в системе Castalia.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, модель, надежность.

RESEARCH RELIABILITY OF WIRELESS SENSOR NETWORKS

This article examines the simulation model of wireless sensor network, built in Castalia modeling system. In this system was investigated the reliability of data packets transmission between two nodes and influence of interference on the reliability of communication environment between two nodes.

Key words: wireless sensor network, model, reliability.