

УДК 621.9:004.38

Вікт.В. ГНАТУШЕНКО, О.О. ПАЛТКО

Національна металургійна академія України

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ НА ЧАС ІСНУВАННЯ

Концепція бездротових сенсорних мереж привертає увагу через свою здатність до самоорганізації, автономності та високої відмовостійкості. В рамках дослідження отримав подальший розвиток підхід до вирішення задачі впливу радіуса передачі даних та переешкод на час життя бездротової сенсорної мережі. Імітаційне моделювання проведено за допомогою симулятора мереж Castalia з низьким енергоспоживанням, що дозволяє моделювати рівні передачі даних, фізичні процеси, дані про які збираються на вузлах. Проведений аналіз отриманих даних дає можливість зробити висновки, що надійність зв'язку між вузлами залежить від топології та рівень потужності сигналу суттєво не впливає на якість передачі даних. На споживання енергії вузлом впливає алгоритм роботи, який побудовано за моделлю збору інформації. При оцінці надійності передачі пакетних даних між вузлами спостерігається спочатку збільшення втрати пакетів через недостатній рівень сигналу; зі збільшенням рівня переешкод кількість доставлених пакетів збільшується, що може бути обумовлено використанням певних алгоритмів канального рівня. Для оптимізації часу існування бездротової сенсорної мережі необхідно брати до уваги як параметри передачі трафіку, так і розташування елементів та вплив переешкод.

Ключові слова: бездротова сенсорна мережа, параметр, модель, час існування.

Вікт.В. ГНАТУШЕНКО, А.А. ПАЛТКО

Національная металлургическая академия Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ВРЕМЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ

Концепция беспроводных сенсорных сетей привлекает внимание из-за своей способности к самоорганизации, автономности и высокой отказоустойчивости. В рамках исследования получил дальнейшее развитие подход к решению задачи влияния радиуса передачи данных и помех на время жизни беспроводной сенсорной сети. Имитационное моделирование проведено с помощью симулятора сетей Castalia с низким энергопотреблением, что позволяет моделировать уровни передачи данных, физические процессы, данные о которых собираются на узлах. Проведенный анализ полученных данных позволяет сделать выводы, что надежность связи между узлами зависит от топологии и уровень мощности сигнала существенно не влияет на качество передачи данных. На потребление энергии узлом влияет алгоритм работы, который построен по модели сбора информации. При оценке надежности передачи пакетных данных между узлами наблюдается сначала увеличение потери пакетов из-за недостаточного уровня сигнала; с увеличением уровня помех количество доставленных пакетов увеличивается, что может быть обусловлено использованием определенных алгоритмов канального уровня. Для оптимизации времени существования беспроводной сенсорной сети необходимо принимать во внимание как параметры передачи трафика, так и расположение элементов и влияние помех.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, параметр, модель, время существования

Vikt.V.HNATUSHENKO, O.O. PALTKO

National Metallurgical Academy of Ukraine

RESEARCH OF THE PARAMETERS WIRELESS SENSOR NETWORK FOR THE DURATION THE LIFETIME

The concept of wireless sensor networks attracts attention because of its ability to self-organization, autonomy, and high availability. The study was further developed approach to the impact of data-range problems and interference on the lifetime of wireless sensor network. Simulation is performed using the simulator Castalia networks with low power consumption that allows you to simulate data transfer rates, the physical processes for which data are collected on the nodes. The above analysis of the data leads to the conclusion that the reliability of communication between the nodes depends on the topology and the signal strength does not significantly affect the quality of the data. On the node energy consumption affects the algorithm, which is built on the model of information gathering. When evaluating the reliability of transmission of packet data is first observed increase in packet loss between the nodes due to insufficient signal strength; an increase in the number of delivered packets interference increases that can be caused by using a link layer specific algorithms. To optimize the lifetime of the wireless sensor network, you must take into account both the traffic parameters and location of components and the effect of noise.

Keywords: wireless sensor network, the parameter model, lifetime

Постановка проблеми

Бездротова сенсорна мережа (БСМ) – це розподілена мережа, що самоорганізується та складається з множини датчиків (сенсорів) і виконавчих пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Причому область покриття подібної мережі може становити від декількох метрів до декількох кілометрів за рахунок здатності ретрансляції повідомлень від одного елемента до іншого. Концепція бездротових сенсорних мереж привертає увагу через свою здатність до самоорганізації, автономності та високої відмовостійкості. БСМ мережі активно застосовуються в системах безпеки і військових додатках, в медицині для моніторингу здоров'я, пов'язаного з розробкою біологічних сенсорів, сумісних з інтегральними схемами сенсорних вузлів. Найбільшого поширення БСМ отримали в області моніторингу навколишнього середовища і живих істот.

Елементи БСМ взаємодіють один з одним і залежать один від одного таким чином, що відмови в окремих точках мережі можуть знизити інформаційну значимість переданих даних, при цьому працездатність системи зберігається. У реальних ситуаціях існують різноманітні природні і техногенні перешкоди, вплив яких призводять до відмов в окремих точках БСМ і до спотворення переданої інформації. На практиці потужність елемента живлення одного сенсора невисока, проте надмірна кількість сенсорів, а також правильна організація їх функціонування і топології сенсорної мережі дозволяє істотно збільшити час безперебійної роботи (час життя), забезпечити максимальний час функціонування вузлів, надійність і відмовостійкість.

Аналіз останніх досліджень

Проблемам, пов'язаним з максимізацією часу життя БСМ, присвячено чималу кількість публікацій [1–3]. Для повноцінного функціонування БСМ потрібна зв'язність обраної підмножини сенсорів [4–5]. Розглянуто питання вибору сукупності зв'язкових покриттів, що забезпечують максимальний час життя мережі і евристичний метод його рішення [6]. Ефективним способом продовження часу життя БСМ є можливість регулювання областей моніторингу і дальності передачі. В [7] запропоновано моделі покриття області сенсорами з адаптивними радіусами моніторингу та зв'язку. В [8] розглянуто нові моделі покриття з адаптивними радіусами моніторингу та зв'язку, які забезпечують істотний вигравш в економії енергії в порівнянні з відомими раніше. Наявність наведених проблем обумовлює актуальність задачі дослідження впливу перешкод, радіусу передачі на час повноцінного функціонування бездротової сенсорної мережі, що дозволить на практичному рівні знизити трудовитрати при впровадженні систем моніторингу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою роботи є збільшення часу існування БСМ за допомогою розрахунку впливу потужності передачі радіосигналу та оцінки перешкод з урахуванням можливості її практичного відтворення, а також проведення імітаційного моделювання, що забезпечує отримання оптимального рішення.

Основна частина

Надійність бездротових сенсорних мереж визначається багатьма факторами, найбільш суттєвими з яких є: надійність апаратного і програмного забезпечення вузлів, область розгортання мережі, взаємне розташування вузлів, період регламентного обслуговування мережі, інтенсивність збору і передачі інформації кінцевими вузлами, розмір переданих пакетів інформації.

Імітаційне моделювання проведено за допомогою симулятора мереж Castalia з низьким енергоспоживанням, що дозволяє моделювати рівні передачі даних, фізичні процеси, дані про які збираються в вузлах.

Модуль вузла є складовим. На рис. 1 показана внутрішня структура вузла. Суцільні стрілки означають передачу повідомлень і пунктирні – функції, які викликаються.

Вузли розташовані в просторі на одній площині в області розміру 45 м на 45 м (рис. 2). Час моделювання 100 с. Кожен вузол з інтервалом 100 мс відправляє повідомлення, утворюючи рівномірний потік повідомлень. При отриманні повідомлення від вузла, лічильник повідомлень для нього інкрементується.

В ідеальних умовах комунікаційного середовища без перешкод майже всі пакети були отримані (93–98%), тобто можемо говорити про надійність зв'язку між вузлами з певною ймовірністю.

Проведено імітаційне моделювання роботи БСМ при наявності перешкод (перешкода – стороннє втручання, що діє в системі передачі і перешкоджає правильному прийому сигналів) [7]. Джерела перешкод можуть перебувати як зовні, так і всередині самої системи передачі. Прикладами зовнішніх перешкод можуть служити предмети які перешкоджають проходженню сигналу, атмосферні явища, приклади внутрішніх – збої пристрою.

Величина перешкод в системі Castalia задається параметром SN.wirelessChannel.sigma, а сама величина перешкод розраховується за формулою [1]:

$$PL(d) = PL(d_0) + 10 \cdot \eta \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma$$

де $PL(d)$ – втрати передачі на відстань d , $PL(d_0)$ є відомим значенням втрати на початкової відстані d_0 , η – показник втрат, і X_σ є випадковою величиною зі стандартним відхиленням σ .

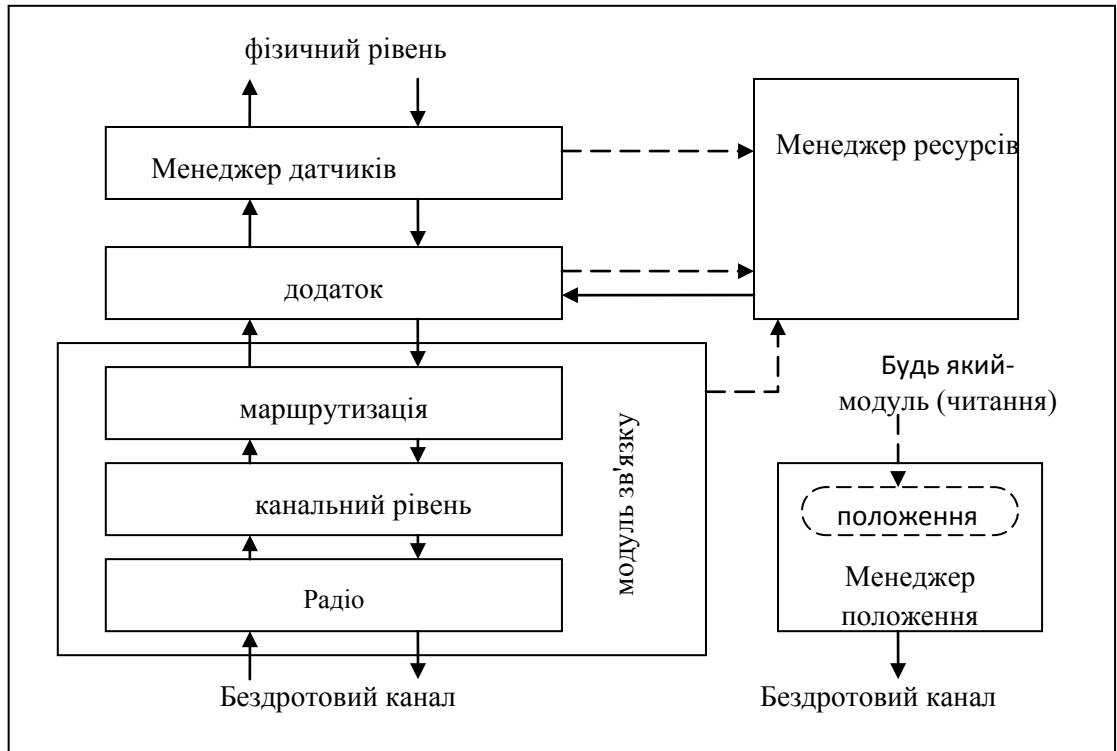


Рисунок 1 - Структура модуля вузла

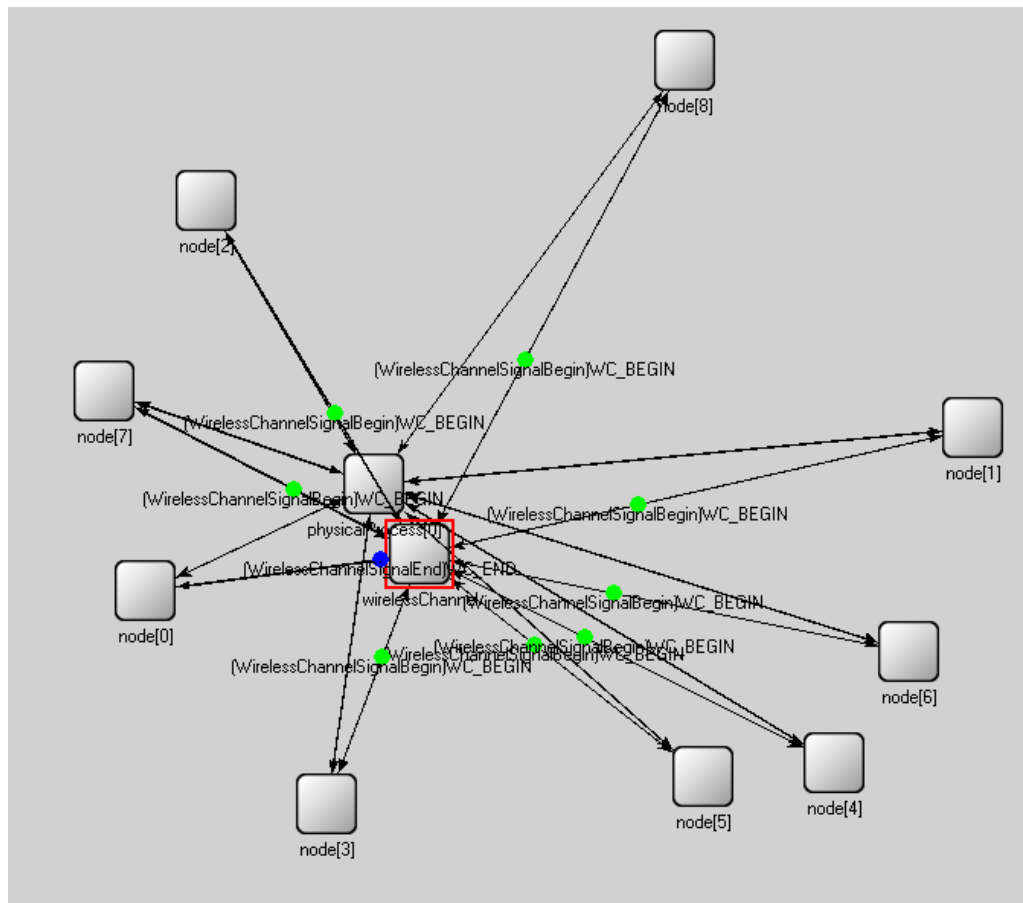


Рисунок 2 - Запуск моделювання в системі Castalia

На рис. 3 видно, що зі збільшенням параметра σ ймовірність доставки пакета зменшується, а значить і надійність, проте ж різкого зростання зниження немає. Із зростанням величини перешкод кількість

отриманих пакетів не падає значно, тобто можемо говорити, що надійність вже не залежить від рівня перешкод, що може бути обумовлено протоколом каналного рівня.

Sigma

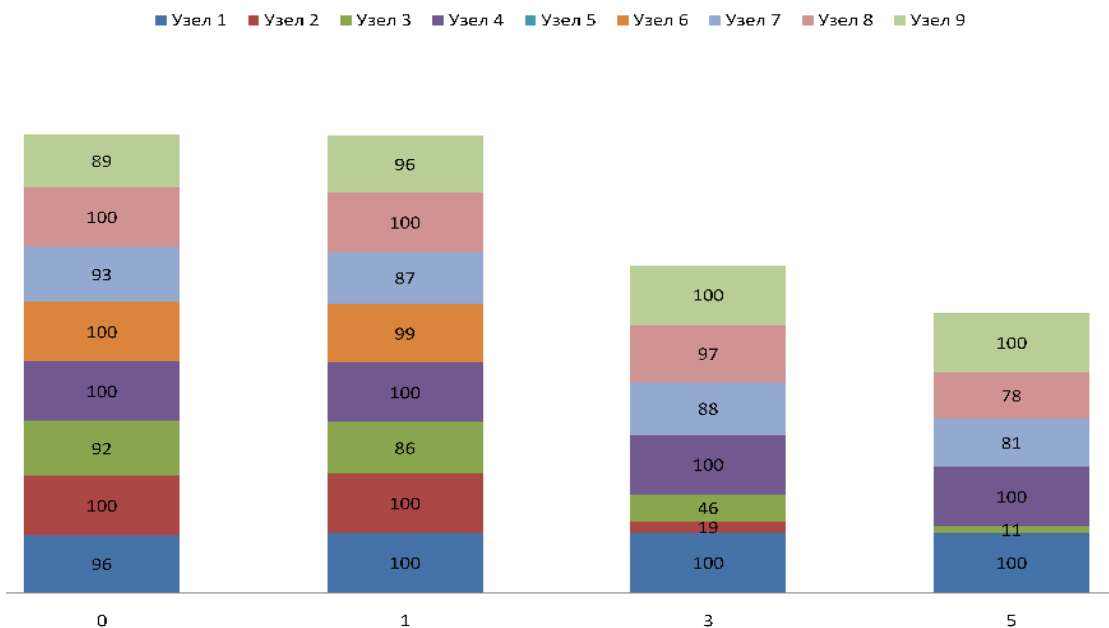


Рисунок 3 - Кількість пакетів, отриманих при різних рівнях перешкод

Проведено аналіз впливу потужності радіо-модуля при передачі повідомлень. На рис. 3 представлена діаграма, що ілюструє кількість пакетів які отримав п'ятий вузол від інших, де *TxPower* – параметр, який відповідає за рівень потужності радіо-модуля. Із зростанням величини потужності кількість отриманих пакетів зростає та остається подальше стабільною, тобто надійність вже не залежить від рівня потужності радіо-модуля.

TxPower

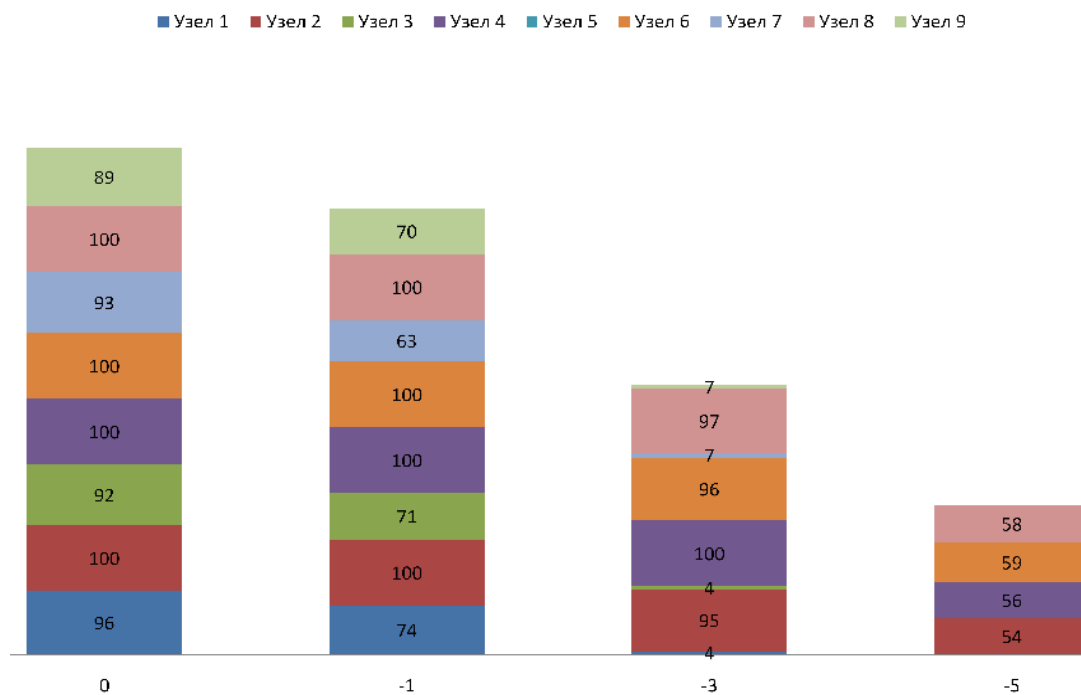


Рисунок 3 - Вплив рівня потужності радіо-модуля на число отриманих пакетів

Час існування бездротової сенсорної мережі залежить від часу роботи вузлів та припинення роботи одного вузла приводить до припинення роботи всієї мережі. Отже, розглянемо, яку кількість енергії споживає вузол БСМ.

Модуль споживаних ресурсів відображає кількість споживаної кожним вузлом енергію. Максимальний час роботи (в годинах), при використанні двох батарейок АА, кожного вузла розраховано у табл. 1.

Таблиця 1

Час роботи вузлів БСМ (годин)

node=0	103,8737		node=10	103,8768		node=20	103,8773		node=30	103,8697
node=1	103,8740		node=11	103,8727		node=21	103,8742		node=31	103,8745
node=2	103,8763		node=12	103,8725		node=22	103,8709		node=32	103,8692
node=3	103,8727		node=13	103,8714		node=23	103,874		node=33	103,876
node=4	103,8735		node=14	103,8740		node=24	103,8735		node=34	103,8694
node=5	103,8714		node=15	103,8725		node=25	103,8768		node=35	103,8709
node=6	103,8758		node=16	103,8747		node=26	103,8694			
node=7	103,8763		node=17	103,8742		node=27	103,877			
node=8	103,8727		node=18	103,8697		node=28	103,877			
node=9	103,8747		node=19	103,8714		node=29	103,7856			

При проведенні експериментів з різним рівнем перешкод та рівнем потужності радіо-модуля кількість спожитої енергії вузлом відрізнялась не більш чим 0,1%.

Висновки

В рамках дослідження отримав подальший розвиток підхід до вирішення задачі впливу радіуса передачі даних та перешкод на час життя БСМ. Проведений аналіз отриманих даних дає можливість зробити наступні висновки: при оцінці надійності передачі пакетних даних між вузлами спостерігається спочатку збільшення втрати пакетів через недостатній рівень сигналу; зі збільшенням рівня перешкод кількість доставлених пакетів збільшується, що може бути обумовлено використанням певних алгоритмів каналного рівня. Надійність зв'язку між вузлами залежить від топології, рівень потужності сигналу суттєво не впливає на якість передачі даних. на споживання енергії вузлом впливає алгоритм роботи, який побудовано за моделлю збору інформації. Для оптимізації часу існування бездротової сенсорної мережі необхідно брати до уваги як параметри передачі трафіку, так і розташування елементів та вплив перешкод.

Список використаної літератури

1. Dargie, W. Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice / W. Dargie, C. Poellabauer. — John Wiley and Sons, 2010. — 330 p.
2. Zhao, Q. Lifetime maximization for connected target coverage in wireless sensor networks / Q. Zhao, M. Gurusamy // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 2008. — Vol. 16(6). — P. 1378—1391.
3. Hnatushenko, Vict. Optimization model lifetime wireless sensor network / Alexandr Mihalyov, Victoriia Hnatushenko, Vladimir Hnatushenko, Nataliia Vladimirska // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced – IDAACS'2015 (Warsaw, Poland, September 24-26, 2015). — Vol. 2. — Warsaw, Poland. — P. 867—871.
4. Cardei, I.M. Energy-efficient connected-coverage in wireless sensor networks / I. Cardei, M. Cardei // Int. J. of Sensor Networks. — 2008. — Vol. 3(3). — P. 201—210.
5. Ерзин, А.И. Задача выбора совокупности связанных покрытий в беспроводных сенсорных сетях / А.И. Ерзин, В.В. Залюбовский // Труды ИВМиМГ СО РАН. Новосибирск. Серия: Информатика. — 2008. — Вып. 8. — С. 23—28.
6. Nguyen, N.D. Energy-efficient models for coverage problem using sensors with adjustable sensing range./ N.D. Nguyen, V. Zalyubovskiy, M.T. Ha, H. Choo // IEEE Wireless Communication and Networking Conference (WCNC 2010) (Sidney, Australia, April 18-21, 2010). — P. 1234—1267.
7. Marta, M. Improved sensor network lifetime with multiple mobile sinks / M. Marta, M. Cardei // Pervasive and Mobile Computing. — 2009. — Vol. 5(5). — P. 542—555.
8. Zalyubovskiy, V. Energy-efficient Area Coverage by Sensors with Adjustable Ranges / V. Zalyubovskiy, A. Erzin, S. Astrakov, H. Choo // Sensors. — 2009. — Vol. 9(4). — P. 2446—2460.