

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО МЕТОДУ МОНІТОРИНГУ ЦІЛЕЙ У ЗОНАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Новіков В.І., Лисенко О.І.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com*

Evaluating effectiveness energy saving method for monitoring purposes in the control areas of wireless sensor networks

The results of evaluating the effectiveness of the energy-saving method for wireless sensor networks, in which the construction of the network topology is carried out by controlling the transmit power of the nodes WSN.

Електроживлення вузлів безпроводових сенсорних мереж (БСМ) у більшості випадків здійснюється від батарей. У зв'язку з цим в системі управління БСМ виділена підсистема управління витратами енергоресурсу вузлів [1]. Метою її функціонування є мінімізація та перерозподіл витрат енергоресурсу вузлами для максимізації тривалості функціонування БСМ.

Управління витратами енергоресурсу вузлів БСМ може бути реалізоване за рівнями еталонної моделі OSI з використанням різних методів, які в загальному випадку можна поділити на дві групи: методи збереження енергії батарей і методи управління потужністю передачі. В роботі [2] запропоновано новий енергозберігаючий метод моніторингу цілей у зонах спостереження сенсорів БСМ, який відноситься до першої групи методів і складається з трьох етапів:

1. Знаходження верхньої межі максимальної тривалості функціонування сенсорної мережі $T_{\Phi_{БСМ}}$ та матриці спостереження $|T|_{n \times m}$ (яка визначає інтервал часу, протягом якого сенсори спостерігають за цілями у зонах спостереження).

2. Визначення сесій спостереження – розбиття матриці спостереження $|T|_{n \times m}$ в послідовність матриць (сесій) спостереження $T_{n \times m} = T_1 + T_2 + \dots + T_t$, які не зменшують отримане значення максимальної тривалості функціонування сенсорної мережі та забезпечують виконання умови один сенсор – одна ціль.

3. Визначення маршрутів передачі зібраної інформації за сесіями спостереження.

Для підвищення ефективності енергозберігаючого методу моніторингу цілей в роботі [3] запропоновано використати в ньому нову енергозберігаючу процедуру побудови топології мережі шляхом управління потужністю передачі вузлів БСМ. Оцінка ефективності запропонованого енергозберігаючого методу моніторингу цілей у зонах спостереження БСМ включає наступні етапи:

1. Аналіз умов функціонування мережі і завдання початкових даних у вигляді: параметри БСМ (розмірність мережі: N – кількість вузлів мережі, Z – кількість цілей, діаметр мережі і площа розміщення); параметри вузлів

(початкові координати розміщення на місцевості – x_i, y_i , CV – середній ступінь зв'язності мережі, E^b – початковий енергетичний резерв сенсорів, $e^{Пд}, e^{Пр}, e^M$ – енергія, що необхідна для передачі, прийому та моніторингу однієї одиниці даних, F – швидкість (частота) передачі даних, t_{ij} – загальний час спостереження i -го сенсора за j -ою ціллю). Варіанти параметрів сенсорного вузла наведені в таблиці 1:

Таблиця 1. Варіанти параметрів вузла безпроводної сенсорної мережі.

Процесор	АТmega1281
Тактова частота	4 МГц
Оперативна пам'ять	8 Кбайт
Flash – пам'ять	128 Кбайт
Приймач – передавач	
Стандарт радіоканалу	IEEE 802.15.4
Діапазон частот	2400-2483,5 МГц
Швидкість передачі даних	до 250 Кбіт/с

2. Вибір показників ефективності функціонування БСМ. З позицій системного підходу необхідно оцінювати ефективність енергозберігаючої методики моніторингу за двома групами показників.

Глобальний показник. Моніторинг виступає в ролі підсистеми системи управління БСМ і тому, очевидно, необхідно оцінювати його ефективність за показниками функціонування самої мережі: тривалість функціонування мережі – $T_{ФБСМ} = \max \{ \min T_{Фi} \}$ – тривалість роботи мережі до моменту відмови вузла через нульову ємність його батареї. В загальному випадку $T_{ФБСМ}$ повинно визначатися відсотком працюючих сенсорів, які дозволяють виконувати функції БСМ. Але для порівняння з іншими методами тривалість функціонування мережі буде визначати надане визначення.

Локальні показники (L_1, L_2, L_3). Методика моніторингу вимагає додаткових тимчасових витрат і ресурсів мережі для передачі службової інформації, а також ресурсів зберігання і обчислення сесій спостереження. Тому необхідно оцінити ефективність за наступним локальними показниками:

- L_1 – алгоритмічна складність;
- L_2 – зв'язна складність (кількість повідомлень необхідних для реалізації процедури збору та розсилки інформації);
- L_3 – складність зберігання (об'єм необхідної пам'яті).

3. Проведення досліджень. Оцінка ефективності методики моніторингу проводиться з використанням наступних вихідних даних: розмірність мережі: $N = 100$, $M = 5 - 20$, енергія необхідна для передачі однієї одиниці інформації – 0, 12 мВт (100 м) – 36,3 мВт (400 м); енергія необхідна для прийому однієї одиниці інформації – 0,1 мВт. Протокол доступу до каналу – детермінований.

В таблиці 2 наведені параметри витрат енергії сенсорними вузлами в різних режимах роботи [4].

Таблиця 2. Витрати енергії сенсорними вузлами при різних режимах роботи.

Режими роботи	Струм, А	Потужність, Вт
Моніторинг	2,9 мА	8,7 мВт
Режим „сон”	1,9 мА	5,9 мВт
Вимкнений режим	1 мкА	3 мкВт

Оцінка ефективності методики моніторингу цілей за локальними та глобальними показниками проводилася в порівнянні з існуючим методом *surveillance method* (SM) та без використання методів моніторингу [5].

Результати дослідження оцінки ефективності розробленої методики моніторингу у порівнянні з існуючим методом SM та без використання методів моніторингу представлені на рис. 1.

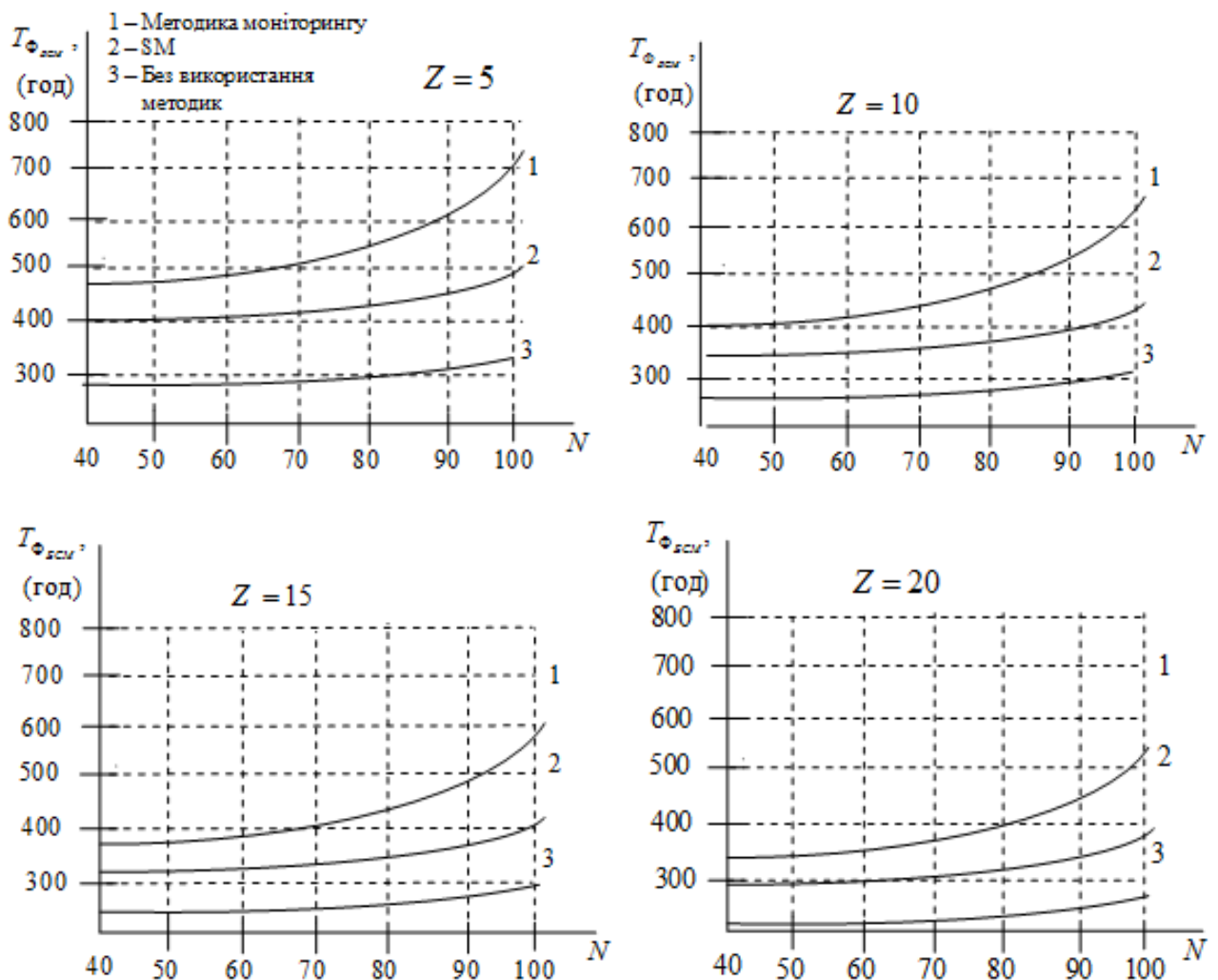


Рис. 1. Залежність тривалості функціонування $T_{\Phi_{БСМ}}$ БСМ від кількості сенсорних вузлів, кількості цілей та методів моніторингу ($R_M = const$; $R_{II} = const$).

На рис.1 зображена залежність тривалості функціонування сенсорної мережі $T_{\text{ФБМ}}$ при використанні різних методів моніторингу та наступних параметрів: кількості сенсорних вузлів $N = 40 \dots 100$, кількості цілей $Z = 5, 10, 15, 20$, радіус моніторингу R_M та передачі $R_{\text{П}}$ не змінний. З рисунку 1 видно, що при збільшенні кількості сенсорних вузлів значно збільшується тривалість функціонування сенсорної мережі. При цьому збільшується виграш запропонованої методики.

Оцінка ефективності методики моніторингу за локальними показниками в порівнянні з SM наведена в таблиці 3.

Таблиця 3. Характеристики методів моніторингу.

Назва методу	Алгоритмічна складність	Зв'язна складність	Складність зберігання
Методика моніторингу	$O(E \times n^3)$	$O(2d)$	$O(n^2)$
SM	$O(n^3)$	$O(2d)$	$O(n^3)$

Отримані результати показують, що застосування запропонованого методу забезпечує збільшення тривалості функціонування сенсорної мережі в середньому на 10-15% в порівнянні з існуючими методами.

Література

1. Лисенко О. І. Функціональна модель системи управління безпроводовою сенсорною мережею із самоорганізацією для моніторингу параметрів навколишнього середовища / О. І. Лисенко, К. С. Козелкова, В. І. Новіков, Т. О. Прищеп, А. В. Романюк // Системи обробки інформації. - 2015. - Вип. 10. - С. 222-225
2. Новіков В. І. Метод збільшення часу життя безпроводної сенсорної мережі з надлишковою кількістю вузлів під час стеження за цілями моніторингу / В. І. Новіков // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. - 2017. - Том 28 (67) № 2 - С. 38-43.
3. Алексеева І.В. ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТОПОЛОГІЇ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ МОНІТОРИНГУ ЦІЛЕЙ / І.В. Алексеева, О.І. Лисенко, , В.І. Новіков /Міжнародна науково-технічна конференція „Проблеми телекомунікацій”. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – С. 316 – 319. Доступно за адресою: <<http://conferenc.its.kpi.ua/proc/article/view/131557>>
4. Yan T. Differentiatedsurveillanceforsensornetworks / T. Yan, T. He, J. A. Stankovic // 1st Int. Conf. EmbeddedNetworkedSensorSystems. – LosAngeles. –2003. – pp. 51 – 62.
5. Жук О.В. Оцінка ефективності методики моніторингу цілей в безпроводній сенсорній мережі тактичної ланки управління / О.В. Жук, В.А. Романюк, О. Я. Сова // Труды Академії. – 2008. – № 7 (87). – С. 154 – 162.