

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ В БЕЗДРОВОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

**Квашенко Л.О., Кононова І.В.**

*Інститут телекомунікаційних систем, КПІ ім. Ігоря Сікорського*

*E-mail: larissa.verbitskaya@gmail.com*

### **Analysis of energy saving methods in wireless sensor networks**

The basic methods of energy conservation in wireless sensor networks are investigated. The methods of reducing power consumption are analyzed and it's an important factor for a special or distributed, managed or self-organized sensor networks, in wireless sensor networks for data transmission.

Досліджено особливості збереження енергії в бездротових сенсорних мережах. Проаналізовані найбільш поширені методи зменшення енергоспоживання, які є важливим фактором для спеціальної або розподіленої сенсорної мережі, керованої або само організованої, в бездротових сенсорних мережах для передачі даних.

Бездротова сенсорна мережа складається з просторово розподілених автономних пристроїв, що використовують датчики для моніторингу умов навколишнього середовища. Система включає в себе шлюз, який забезпечує бездротовий зв'язок з проводовими пристроями і розподіленими вузлами [2, с. 1].

Розглянемо структуру вузла бездротової сенсорної мережі (БСМ), яка включає в себе чотири компоненти: чутливий елемент, який використовується для дослідження фізично-вимірюваного параметра; аналого-цифровий перетворювач, який перетворює аналогові сигнали в цифрові; блок обробки, що виконує базову обробку та обчислення даних; блок живлення, що відповідає за термін служби вузла датчика. На енергоспоживання мережі впливають деякі факторів, наприклад операції пов'язані з покриттям мережі, управлінням топологіями часу виконання, розподілом вузлів, адмініструванням вузлів, розгортанням мережі. Завдяки унікальним характеристикам БСМ, які відрізняються від характеристик звичайних мереж, ці задачі вирішуються, але існують більш складні енергоємні операції – маршрутизація пакетів даних [3, с. 1–3].

*Метою* даної роботи є підвищення енергоефективності БСМ щодо відношення до протоколу маршрутизації зв'язку.

Розглянемо протокол маршрутизації з урахуванням місцеположення (PRRP – Position Responsive Routing Protocol) та порівняємо його роботу з роботою протоколів LEACH (Low-energy adaptive clustering hierarchy – низькоенергетична адаптивна ієрархія кластеризації) і CELRP (кластерний протокол маршрутизації енергоефективного розташування) [4, 5, с. 1].

PRRP призначений для зведення до мінімуму енергії, що споживається в кожному вузлі, за рахунок зменшення часу, за який вузол датчика (сенсора)

знаходиться в неактивному стані прослуховування та зменшення середньої відстані зв'язку по мережі.

Основним внеском PRRP є новий спосіб вибору заголовка кластера (ЗК) в БСМ. Порівнюючи його з існуючими протоколами, такими як LEACH і CELRP, де ЗК вибирається випадковим чином серед інших вузлів на основі їх відповідної залишкової енергії. Проводячи аналіз PRRP були розглянуті різноманітні параметри, такі як відлік, рівень енергії і середній розмір сусідніх вузлів від ЗК вузла, який показав, значне поліпшення в порівнянні з вищезгаданими протоколами з точки зору енергоефективності та продуктивності.

Розглядаючи концептуальну модель мережі для реалізації PRRP, яку показано на рис. 1 можна побачити, що у даній моделі всі вузли розташовані випадковим чином у форматі сітки.

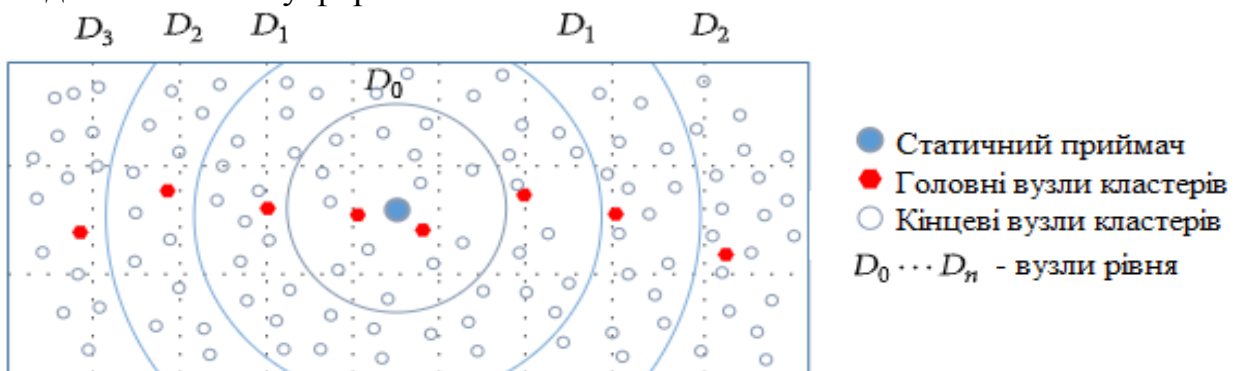


Рис. 1. Концептуальна модель мережі для реалізації PRRP

Статичний приймач знаходиться в центрі мережі, а сенсорні вузли в мережі розділені на різні групи кластерів з обох сторін приймача. З рисунка видно, що рівні визначаються в радіусах навколо приймача в межах від  $D_0$  до  $D_1$ . Сигнал з рівнем енергії  $E_0$  передається з приймача в мережу у тому випадку, якщо він приймається тільки вузлами, розташованими поблизу приймача. Після прослуховування сигналу ці вузли дадуть відповідь на приймач і будуть зареєстровані як вузли рівня  $D_0$ . Приймач оголосить сигнал з енергією передачі  $E_1$ , за умови що  $E_1 > E_0$ . Вузли, крім  $D_0$ , повинні реагувати на цей сигнал, утворюючи вузли рівня  $D_1$  і процес буде повторюватися, доки не буде сформовано задану кількість рівнів.

Проаналізуємо далі використання енергії, що споживається головними вузлами кластера і кінцевими вузлами, які можуть бути пов'язані з тривалістю життя вузла ЗК, який існує у трьох режимах: отримання вибірок даних від вузлів-учасників; передача власних даних; режим очікування. Термін служби каналу ЗК можна розрахувати, як кількість інтервалів вибірки ( $N_s$ ):

$$N_s = \frac{E_{in} - E_{th}}{E_t + kE_r + (T_s - (k + 1)T_t)P_s}$$

де:  $E_{in}$  - початкова енергія,  $E_{th}$  - порогова енергія (мінімальна енергія для участі в наступному раунді маршрутизації),  $E_r$  - енергія спожита під час

прийому,  $E_t$  - енергія спожита при передачі одного зразка даних,  $T_t$  - час для передачі вибірок,  $P_s$  - положення приймача,  $T_s$  - час передачі і час прийому для кожного зразка,  $k$  - вузол каналу ЗК,  $T_s - (k + 1) * T_t$  - час для прийому вибірок.

Таким чином, з проведеного аналізу, можна сказати, що PRRP має мінімізувати відстані між вузлами і шлюзом для економії енергії під час передачі даних. Більшість вузлів залишаються в режимі очікування для економії енергії. Кожен вузол в PRRP буде передавати дані найближчому вузлу, тому відстань передачі є найкоротшою, як наслідок буде споживатися менше енергії для передачі даних, для цього приймач необхідно розміщувати в центрі мережі, а не на одному кінці, на відміну від LEACH і CELRP.

У цілому, PRRP аналогічний протоколу LEACH, де будь-який вузол може зв'язуватися з приймачем, а алгоритм збору або передачі даних є графіком, заснованим на часі. Відмінність полягає лише в тому, що в LEACH кластери і голови кластера формуються в межах кожного кластера для передачі даних (рис. 2).

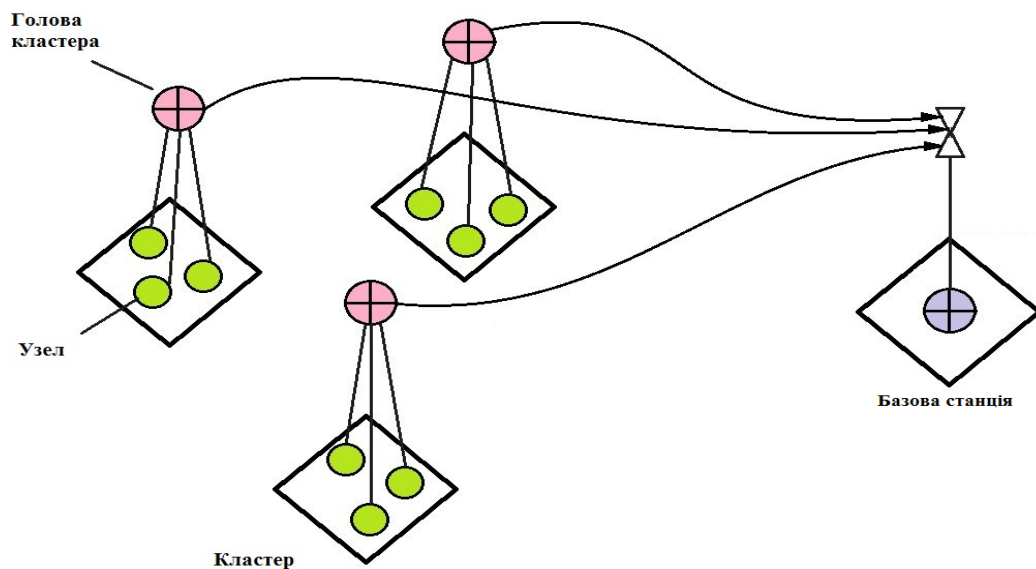


Рис. 2. Кластерне формування вузлів в LEACH.

Проводячи порівняльну оцінку продуктивності між LEACH і PRRP можна зробити висновок, що в LEACH є два типи вузлів датчиків, такі як вузол без класу і голова кластера, у той час як в PRRP існує три типи вузлів датчиків, таких як шлюзові вузли, кінцеві вузли і некінцеві вузли. Результати моделювання показують, що вузли PRRP «живуть» довше і використовують максимально енергію для більш тривалого періоду часу, після 10-ти раундного тестового запуску (рис. 3) показано, що останній вузол протоколу LEACH помирає після 275 секунд, тоді як вузли PRRP починають помирати тільки після 350 секунд.

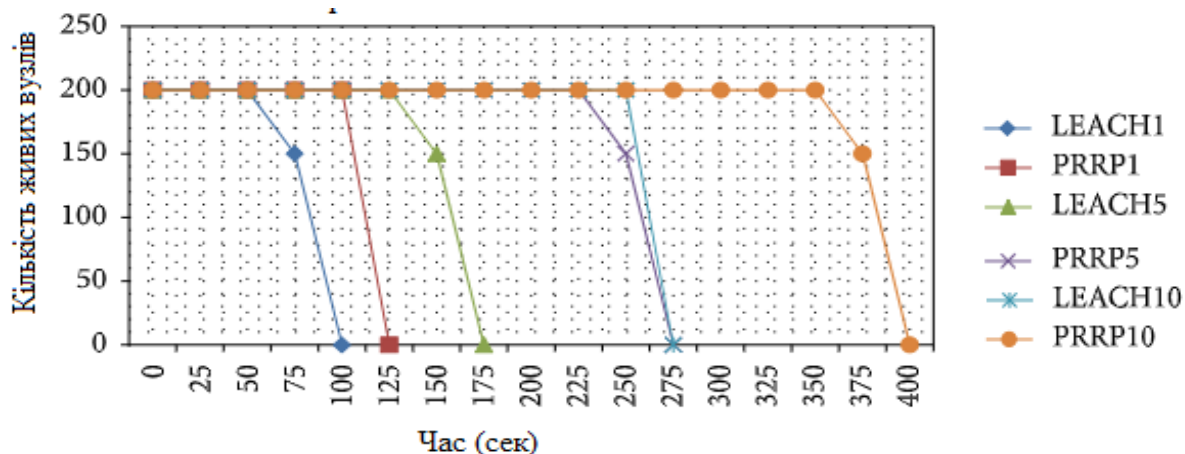


Рис. 3. Результати моделювання.

Далі необхідно провести аналіз на основі пропускної здатності. Для цієї задачі необхідно порівняти пропускну здатність мережі з точки зору доставки пакетів даних у приймач, що показано в табл. 1.

Таблиця 1. Порівняння між PRRP і LEACH з точки зору пропускної здатності.

Періоди	PRRP	LEACH	Поліпшення при PRRP у %
1 період передачі даних	15834	3607	4.38 разів
5 період передачі даних	53950	13045	4.13 разів
10 період передачі даних	64100	25640	2.50 разів

За отриманими результатами, можна побачити суттєве поліпшення пропускної здатності мережі для всіх раундів. PRRP економить велику кількість енергії під час фази передачі даних, протягом декількох періодів. Отже, зі збільшенням кількості раундів підвищується пропускну здатність мережі [3, с.14].

В даній роботі проведено оцінку PRRP та LEACH, яка показує, що існують істотні фактори впливаючі на зниження енергоспоживання мережі.

Проведений аналіз показав, що якість PRRP оцінюється на основі терміну служби, енергоспоживання та пропускної здатності мережі. PRRP виграє в порівнянні з LEACH (поліпшення терміну служби мережі, за рахунок зменшення споживання енергії, підвищення пропускної здатності мережі). Пропускна здатність збільшується в 2,5 рази, термін служби мережі підвищується більш ніж на 50%, а енергоспоживання на пакет знижується до 50%.

### Література

1. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7045751>.
2. <http://www.ni.com/white-paper/7142/en/>.
3. <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/9278701/>.
4. [https://en.wikipedia.org/wiki/Low-energy\\_adaptive\\_clustering\\_hierarchy](https://en.wikipedia.org/wiki/Low-energy_adaptive_clustering_hierarchy).
5. Нурхяті, Сена ХеЧой, Кен Ой Лі «A Cluster Based Energy Efficient Location Routing Protocol in Wireless Sensor Networks», 2011р.