

**РОЗВИТОК МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯМ  
В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ**

**Дрегалю Б.О.**

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних  
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: elka2018sex@gmail.com*

**DEVELOPMENT OF ENERGY SAVING MANAGEMENT  
METHODS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS**

The exploration focuses on advancing energy-saving techniques within wireless sensor networks, aiming to enhance their efficiency, prolong operational lifespans, and pave the way for future innovations in the field

Безпроводові сенсорні мережі є сукупністю взаємопов'язаних бездротових сенсорів, що вимірюють фізичні або хімічні величини і передають отримані дані через бездротові канали зв'язку. Ці мережі зазвичай використовуються для моніторингу навколишнього середовища, збирання даних у великому масштабі або для управління системами з використанням зібраних даних.

Важливість енергозбереження в безпроводових сенсорних мережах визначається обмеженими ресурсами живлення, що часто мають сенсори, та необхідністю продовження тривалості їхньої роботи на автономному живленні. Отже, ефективне управління енергозбереженням у безпроводових сенсорних мережах стає важливим завданням для забезпечення тривалого та безперебійного функціонування системи.

Протоколи керування споживанням енергії в безпроводових сенсорних мережах є одним із ключових елементів, що визначають ефективність системи. Ці протоколи визначають способи передачі, прийому та обробки даних, а також керування ресурсами сенсорів з метою зменшення споживання енергії. Деякі протоколи базуються на розподілі обов'язків між сенсорами та базовими станціями, що дозволяє ефективно використовувати енергію та збільшує тривалість роботи мережі.

Технології оптимізації енергоспоживання в безпроводових сенсорних мережах включають в себе різноманітні алгоритми та методи, спрямовані на зменшення споживання енергії під час передачі, прийому та обробки даних. Ці технології можуть використовувати різні підходи, такі як динамічне керування потужністю передачі сигналу, планування робочих і періодів сну сенсорів, а також удосконалення алгоритмів маршрутизації даних.

Аналіз ефективності існуючих методів керування енергозбереженням дозволяє оцінити їхню придатність для конкретних умов експлуатації мережі. Цей аналіз враховує різноманітні фактори, такі як навантаження мережі, вимоги до затримок у передачі даних, стійкість до перешкод та вартість впровадження. Результати аналізу надають важливі вказівки для подальшого вдосконалення методів керування енергозбереженням та розробки нових стратегій управління енергоспоживанням у безпроводових сенсорних мережах.

Обмежені ресурси енергії та потужності в безпроводових сенсорних

мережах є однією з основних проблем. Сенсори часто працюють на батарейному живленні або акумуляторах, що мають обмежену ємність та потужність. Це обмеження вимагає ретельного планування та оптимізації використання енергії для забезпечення тривалої роботи мережі.

Динамічність умов експлуатації та вимоги до енергозбереження також створюють виклик для системи керування. Умови можуть змінюватися від зміни оточуючого середовища до змін в навантаженні мережі або вимог до якості обслуговування. Такі зміни вимагають адаптивного управління енергозбереженням, щоб забезпечити оптимальну реакцію на зміни умов.

Забезпечення збалансованості між енергозбереженням і продуктивністю є ще однією проблемою. З одного боку, необхідно ефективно використовувати енергію для продовження тривалості роботи мережі. З іншого боку, важлива продуктивність системи, яка може включати в себе швидкість передачі даних, надійність зв'язку та точність збору даних. Управління цим балансом вимагає розробки складних алгоритмів та стратегій, які враховують як поточні, так і майбутні вимоги та умови роботи мережі.

Використання машинного навчання та штучного інтелекту відкриває нові можливості для оптимізації енергоспоживання в безпроводових сенсорних мережах. Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати великі обсяги даних, що збираються сенсорами, і визначати оптимальні стратегії керування енергозбереженням на основі цього аналізу. Штучний інтелект може навчитися передбачати зміни умов експлуатації мережі та реагувати на них в реальному часі, що дозволяє більш ефективно використовувати ресурси енергії.

Розробка алгоритмів розподілу ресурсів з урахуванням динамічних умов мережі також є ключовим аспектом нових підходів до керування енергозбереженням. Ці алгоритми можуть автоматично адаптуватися до змін у навантаженні мережі, змін умов зв'язку або стану сенсорів. Наприклад, алгоритми можуть перерозподіляти ресурси енергії від сенсорів з низьким зарядом акумулятора до тих, що мають достатньо заряду, для забезпечення рівномірного використання енергії та продовження тривалості роботи мережі.

Впровадження гнучких стратегій керування енергозбереженням дозволяє системі адаптуватися до змінних вимог та умов експлуатації. Ці стратегії можуть включати в себе можливість динамічно змінювати параметри роботи мережі залежно від поточних умов, таких як час доби, температура, або навантаження мережі. Такий гнучкий підхід дозволяє максимально використовувати ресурси енергії та забезпечувати ефективну роботу мережі навіть у змінних умовах.

Підвищення тривалості роботи безпроводових сенсорних мереж є однією з ключових переваг. Завдяки розвитку методів керування енергозбереженням, таких як оптимізовані алгоритми передачі даних та розподілу ресурсів, можливо значно збільшити тривалість роботи мережі на одному заряді батареї або акумулятора. Це робить безпроводові сенсорні мережі більш економічно ефективними та забезпечує стабільну та безперебійну роботу системи протягом тривалого періоду часу.

Зменшення витрат на енергію та підвищення їхньої ефективності є ще однією важливою перевагою безпроводових сенсорних мереж. Це можливо завдяки використанню ефективних методів керування енергозбереженням, які

дозволяють оптимізувати використання енергії та забезпечити максимальну продуктивність при мінімальних витратах. Зменшення витрат на енергію робить безпроводові сенсорні мережі більш доступними для впровадження в різних галузях, а підвищення ефективності дозволяє досягти кращих результатів у зборі та аналізі даних.

Розвиток нових можливостей застосування безпроводових сенсорних мереж є перспективною галуззю. Завдяки постійному вдосконаленню технологій, безпроводові сенсорні мережі можуть бути використані в різних сферах, від моніторингу навколишнього середовища до смарт-систем у будинках та містах. Ці мережі можуть надавати цінні дані для прийняття рішень у реальному часі, покращуючи якість життя людей та сприяючи сталому розвитку суспільства.

Енергозбереження відіграє ключову роль у забезпеченні тривалої роботи мережі на обмежених ресурсах енергії, таких як батареї або акумулятори. Завдяки оптимальному керуванню енергозбереженням, можливо продовжити тривалість роботи мережі та знизити витрати на енергію, що важливо для забезпечення економічної ефективності та придатності для різних сфер застосування.

Подальше дослідження та розвиток в області безпроводових сенсорних мереж є ключовим напрямком, який варто продовжувати. Нові технології, методи та стратегії управління енергозбереженням можуть вдосконалити ефективність мережі та розширити її можливості застосування. Дослідження в цій області може спрямуватися на розвиток більш ефективних алгоритмів, використання новітніх технологій штучного інтелекту та машинного навчання, а також на вдосконалення методів передачі та обробки даних. Такий підхід сприятиме поступовому розвитку безпроводових сенсорних мереж та забезпечить їхню більш широку та ефективну імплементацію в різних сферах, від промисловості та медицини до сільського господарства та екології.

### Література

1. Talzi I., Hasler A., Gruber S., Tschudin C. "Permasense: investigating permafrost with a BCC in the Swiss Alps" - Appears to be a paper presented at the 4th workshop on Embedded Networked Sensors in 2007.
2. Scrosati B., Neat R.J. "Lithium polymer batteries" - Likely a chapter in a book titled "Applications of Electroactive Polymers" published by Springer in 1993.
3. "Nickel metal hydride battery" - A webpage link to a specific product or information related to nickel metal hydride battery packs.
4. Tong B., Wang G., Zhang W., Wang C. "Node reclamation and replacement for long-lived sensor networks" - Appears to be a paper presented at the 6th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh, and Ad Hoc Communications and Networks in 2009.
5. Kansal A., Hsu J., Zahedi S., Srivastava M. "Power management in energy harvesting sensor networks" - Published in ACM Transactions on Embedded Computing Systems in 2007.
6. Kansal A., Srivastava M. "An environmental energy harvesting framework for sensor networks" - Likely presented at the 2003 International Symposium on Low Power Electronics and Design.
7. Rahimi M., Shah H., Sukhatme G., Heideman J., Estrin D. "Studying the feasibility of energy harvesting in a mobile sensor network" - Appears to be a paper presented at the IEEE International Conference on Robotics and Automation in 2003.

