

ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ВУЗЛОМ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Шпанчук О.О., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: oshpantshuk@gmail.com

Consumption of energy resources by a wireless sensor network

The article shows the methodology for calculating the energy consumption of terminal nodes, a router, and also calculates the lifetime of a wireless sensor network. This work will be useful when choosing the hardware to build the WSN.

Однією з головних вимог до бездротових сенсорних мереж (БСМ) є їх автономність, виконати яку можна, зменшивши енергоспоживання кожного вузла. Час життя вузла БСМ обмежений часом життя джерела живлення, і завдання зниження споживання енергії як ніколи стає важливим, а ефективність його рішення безпосередньо впливає на подальший розвиток бездротових сенсорних мереж.

Згідно зі специфікацією IEEE 802.15.4 [1], БСМ включає в себе три типи пристроїв: кінцеві пристрої (КП), маршрутизатори і єдиний координатор, який управляє і збирає всю інформацію з мережі. Відповідно до стандарту [1], роль координатора, в разі його виходу з ладу, повинен взяти на себе будь-який маршрутизатор. Однак таке трапляється вкрай рідко через те, що координатор БСМ, як правило, має стаціонарне джерело живлення і досить часто підключений до шлюзу, наприклад, ZigBee-Ethernet. На практиці свої автономні джерела живлення мають тільки КП і маршрутизатори. Отже, аналіз енергоспоживання необхідно проводити тільки їх.

В структуру вузла бездротової сенсорної мережі входить датчик, що сприймає

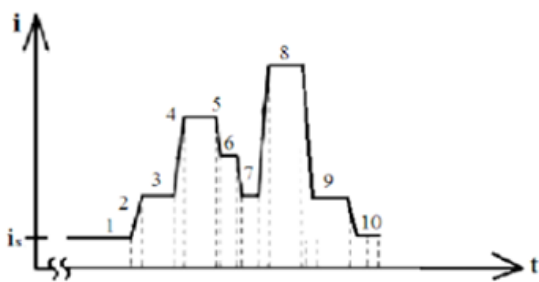


Рис. 1. Робота одного енергоцикла для вузла БСМ:

- 1) режим очікування;
- 2) ввімкнення прийомника;
- 3) прийом сигналу активації;
- 4) вимірювання контролюючих параметрів;
- 5) обробка результатів вимірювань;
- 6) включення передавача;
- 7) прослуховування каналу на наявність несучої;
- 8) передача результатів вимірювань;
- 9) виключення прийомника;
- 10) режим очікування.

дані від зовнішнього середовища, мікроконтролер, пам'ять, радіоприймач, автономне джерело живлення. Проаналізувавши енергоспоживання вузла, наведеного на рис. 1 [2], в момент установки адреси і пошуку координатора можна побачити що, основна частина енергії витрачається на прийом, прослуховування і передачу даних, а не на обробку або збереження даних.

Всі значення споживання енергії вузлом БСМ будуть залежати від внутрішньої архітектури самого вузла. Як було відзначено вузол БСМ складається з 5 основних компонентів. При цьому мікроконтролер, трансивер і пам'ять можуть виготовлятися і на одному кристалі, що сприяє як мініатюризації самого вузла БСМ,

так і зниження його енергоспоживання.

Енергоспоживання вузла E_e за один цикл, виходячи з проведеного аналізу, можна визначити як суму енергій споживання:

$$E_e = E_{sleep} + E_{MCU} + E_{rev} + E_{trans} + E_{ather}, \quad (1)$$

де E_{sleep} – енергія під час сну; E_{MCU} – енергія під час роботи мікроконтролера або обчислювального ядра приймача при його відсутності; E_{rev} – енергія під час прийому; E_{trans} – енергія під час передачі; E_{ather} – енергія в інших режимах (режим пробудження і ін.).

Маршрутизатор БСМ виконує роль «міні координатора» в межах довіреної йому області R. Він може безпосередньо або через проміжні вузли збирати інформацію, а також координувати її передачу. Таким чином, принцип його енергоспоживання такий як і у КП, але більше в результаті більш активної взаємодії з вузлами БСМ.

Енергоспоживання маршрутизатора, за один цикл, можна визначити за формулою (2):

$$E_r = E_e^k + \sum_{m=1}^m E_m + \sum_{a=1}^a E_a, \quad (2)$$

E_e^k – енергія, споживана маршрутизатором для зв'язку з координатором; E_m – енергія, споживана маршрутизатором для зв'язку з підлеглими йому злами БСМ в кількості m; E_a – енергія, споживана маршрутизатором для зв'язку з агрегатором мережі.

У виразі (2) величина значення R буде впливати, в основному, на E_m . Чим більше R тим більше E_m буде витратитися для зв'язку віддаленого вузла з маршрутизатором.

Для визначення середнього енергоспоживання вузлів в мережі необхідно визначити цикли роботи, які присутні в БСМ. Основний цикл роботи наведено на рис. 2.

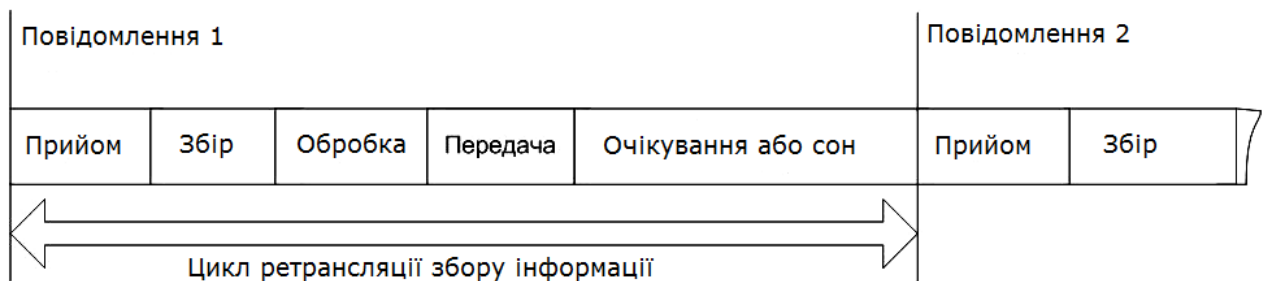


Рис. 2. Основний цикл роботи вузла БСМ при передачі повідомлення або пакета даних

Крім основного циклу роботи вузла БСМ існує ряд інших, але виходячи з імітаційного моделювання [3] і практичних досліджень [2] їх впливом на енергоспоживання всієї мережі можна знехтувати. Для оцінки ефективності алгоритмів збору інформації і використовуваних в БСМ протоколів маршрутизації потрібно знати час життя і енергоспоживання вузла і мережі в цілому. Величина енергоспоживання залежить від безлічі факторів, тому, для того щоб оцінити час життя мережі використовують моделі енергоспоживання [4], здатні реалістично описати споживання енергії мережею.

Енергоспоживання всієї мережі БСМ:

$$E_w = \sum_{k=1}^k E_k + \sum_{r=1}^r E_r + \sum_{e=1}^e E_e, \quad (3)$$

де E_k - енергія, споживана координатором k БСМ; E_r - енергія, споживана маршрутизаторами r ; E_e - енергія, споживана кінцевим пристроєм e .

Вирази (1) - (3) показують, нащо витрачають енергію джерела живлення, кінцеві пристрої, маршрутизатори і вся БСМ.

Аналізуючи рис.2 видно, що основний цикл роботи вузлів повторюється. Передача 1-го повідомлення, як правило, проходить за один цикл під час циклу активності мережі.

Визначимо енергоспоживання мережі з урахуванням циклів активності і часу їх роботи:

$$E_{all} = \sum_{k=1}^k E_k \cdot T_k + a \cdot \left(\sum_{r=1}^r E_r \cdot T_r + \sum_{e=1}^e E_e \cdot T_e \right), \quad (4)$$

де a - число циклів активності мережі; T_k - час, витрачений на роботу координатора; T_r - час, витрачений на роботу r -того маршрутизатора під час циклу активності; T_e - час, витрачений на роботу e -того кінцевого вузла під час циклу активності.

Зазвичай час життя мережі визначається часом життя пристрою, який першим вийде з ладу. Розрахуємо час життя мережі, якщо батарея має заряд E_b , то часу життя всієї мережі:

$$t = \frac{E_b}{E_w} T_a = \frac{E_b}{E_{all}}, \quad (5)$$

де T_a - час циклів активності мережі.

Висновок: За допомогою запропонованого підходу до аналізу енергоспоживання вузлів БСМ можна отримати оцінку пропускну здатності мережі без дорогого натурального моделювання та визначити придатність модулів різних виробників для проектованої мережі.

Література

1. IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (2009). IEEE Std. 802.15.4-2009, 1–39. Available at: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4d-2009.pdf/>.
2. Measuring Power Consumption of CC2530 With ZStack [Electronic resource] / Texas Instruments Application Note AN079. – Available at: <http://www.ti.com/lit/an/swra292/swra292.pdf/> – 10.06.2014 г. – Title from the screen.
3. Галкин, П. В. Адекватность моделей беспроводных сенсорных сетей в средах имитационного моделирования [Текст] / П. В. Галкин, А. С. Борисенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 4, № 9 (64). – С. 52–55.
4. Пушкарев, О. Использование конечных спящих узлов в сети ZigBee [Текст] / О. Пушкарев // Электронные компоненты. – 2011. – № 5. – С. 91–95