

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПРОТОКОЛ MAC ДЛЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

**Валуйський С.В., Давидюк В.О.**

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»,

*E-mail: va.davidyuk@gmail.com*

### **Energy efficient protocol MAC for sensor networks**

In the scientific article is devoted to the idea develop the most energy-efficient MAC Protocol for wireless sensor networks. Given the rationale of the Protocol, a classification of the protocols and describes the conceptual implementation of the Protocol by using a quorum system.

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) наразі є дуже актуальною галуззю досліджень, насамперед через свою широку функціональність. Дані мережі можуть знаходити застосування у оборонній промисловості, науковій діяльності, моніторингу місцевості та процесів, медичних системах, робототехніці та ін. БСМ складаються з одного або кількох вузлів, що містять процесор, малопотужну радіочастину та пам'ять. У багатьох випадках дані вузли працюють автономно при обмежених ресурсах енергії. Звідси виникає проблема, що полягає у досягненні якомога більшого часу автономної роботи шляхом мінімізації енерговитрат вузла, тобто чим менше енергії витрачається, тим більшим є час роботи. Таким чином, збільшення часу роботи БСМ є першочерговою задачею розробників, адже дуже часто заміна батареї вузла є складним або навіть неможливим завданням.

Питання енергоефективності розглядаються щодо різних рівнів стеку протоколів TCP/IP, але найоптимальніше розглядати рівень контролю множинного доступу (Medium Access Control, MAC) через те, що даний рівень контролює безпосередньо радіочастину, котра потребує найбільше енергії. Від розподілу рівнем MAC часу активності, залежать витрати енергії вузла мережі. Таким чином, необхідно максимізувати тривалість сну вузла, при цьому підтримуючи максимальну пропускну здатність та мінімальну затримку в активних режимах. Крім цього, на відміну від MAC-рівнів інших мереж, котрі в першу чергу фокусуються на характеристиках передачі, головною задачею MAC сенсорних мереж є енергоефективність. Отже, правильний підбір параметрів MAC, а саме тривалості сну, часу прослуховування ефіру та прийомопередачі є ефективним шляхом збільшення часу роботи вузла.

Розділимо наявні протоколи MAC на дві категорії: з конкуренцією та без конкуренції. У першому випадку усі вузли розділяють спільний ресурс, через що виникають колізії. Задля уникнення цих небажаних явищ використовуються певні ймовірнісні підходи. Прикладом MAC-протокола з конкуренцією є Sensor-MAC (S-MAC), принцип роботи якого полягає в застосуванні часових періодів сну та прослуховування ефіру, тобто одну частину робочого часу вузол

знаходиться у неактивному режимі, при якому енергія не витрачається, іншу частину – слухає ефір на предмет вхідних передач. Уникнення колізій з різною ефективністю досягається за рахунок випадкового вибору часу передачі між вузлами. Друга категорія MAC-протоколів, без конкуренції, використовує загальноживані методи розділення каналів задля спільного використання ресурсів. Наприклад, протокол CDMA Sensor MAC (CS-MAC) використовує кодове розділення каналів для зв'язку між вузлами, маючи високу енергоефективність, низьку затримку, хорошу живучість та масштабованість. При цьому існують обмеження на протокол, а саме необхідність визначення місцеположення за допомогою GPS або інших технологій, відсутність мобільності та необхідність синхронізації.

Крім вищезазначених, існує ще багато різних протоколів MAC, але не існує єдиного стандартизованого протоколу для БСМ, адже кожен з них застосовується до різних функціональних задач. Розглянемо концепцію енергоефективного протоколу, що представлений у [1].

Розглянемо мережу, до якої буде застосовано протокол. Вона складається з множини вузлів, що рівномірно розподілені по площі, обмеженій колом, в центрі якого знаходиться центральний вузол. Представлений протокол, базується на системі кворумів. Кворумом називають набір елементів певної множини  $P$ , в якому ці елементи попарно взаємодіють. У даному випадку використовується сітковий кворум, котрий демонструє часові інтервали, у які вузли попарно мають вмикатись після сну. Застосування кворуму гарантує, що будь-які два сенсорних вузли будуть активні та зв'яжуться між собою у визначений інтервал часу. Графічна ілюстрація кворуму наведена на рис. 1.

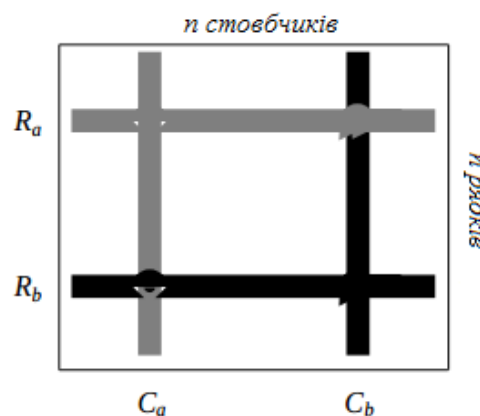


Рис. 1 Сітковий кворум

Тут зображено прилад сіткового кворуму, в якому  $n^2$  часових інтервалів представлені сіткою розміром  $n \times n$ , тобто кожен рядок та стовбчик визначають певний інтервал часу для кожного вузла. Наприклад, вузол А обирає рядок  $R_a$  стовбчик  $C_a$  в якості власного набору кворуму, вузол В таким самим чином обирає рядок  $R_b$  та стовбчик  $C_b$ . У даному випадку, наявні два перетини між

наборами вузлів А та В:  $R_a$  перетинає  $C_b$  та  $C_a$  перетинає  $R_b$ . Отже, в моменти часу, які відповідають перетинам, обидва вузли мають бути активні. Розміри сітки кожного вузла обираємо відповідно до величини навантаження на сенсорний вузол (per-sensor node communication trafficload, PSCT). Ідея полягає у тому, щоб збільшувати сітку з метою збільшення часу сну у випадку, якщо навантаження невелике, або ж зменшити розміри у випадку інтенсивного трафіку, аби вузол частіше активувався.

Введемо 6 порогових значень навантажень:  $T_1 \dots T_6$ , тобто можливі 7 розмірів сіток. Вибір розміру сітки відбувається таким чином:

Якщо  $PSCT \geq T_1$ , обираємо сітку  $1 \times 1$ ;

Якщо  $T_1 \geq PSCT \geq T_2$ , обираємо сітку  $2 \times 2$ ;

...

Якщо  $T_5 \geq PSCT \geq T_6$ , обираємо сітку  $6 \times 6$ ;

Якщо  $T_6 \geq PSCT$ , обираємо сітку  $7 \times 7$ ;

Вважатимемо, що мережа буде перевантажена, якщо навантаження трафіку на кожен вузол буде перевищувати 10 кбіт/с. Отже, для такого навантаження визначимо розмір сітки  $1 \times 1$  та оберемо  $T_1$  рівним 10 кбіт/с. Наступні порогові значення визначимо, як пропорційні до частоти пробуджень вузла. Якщо частота прийому пакетів зменшується в  $(2 \times n - 1) / n^2$  разів, порівняно з випадком перевантаження, сітку потрібно збільшувати до розмірів  $n \times n$ .

Маючи ці значення, сенсорний вузол обиратиме розмір сітки відповідно до власного навантаження. Варто зазначити, що оскільки у різних вузлів різні розміри сіток кворумів, необхідне їх певне узгодження.

У даній статті була обґрунтована необхідність пошуку більш енергоефективних протоколів рівня множинного доступу (MAC) безпроводних сенсорних мереж, наведена коротка класифікація протоколів, а також запропоновано концепцію протокола, що використовує систему кворуму для розподілу часу активності між вузлами сенсорної мережі. Опис даного протоколу дістане розвитку в подальших публікаціях.

### Література

1. Naveen Chauhan. A New Mac Protocol for Minimizing Energy Consumption in Multi-Hop Wireless Sensor Networks / Naveen Chauhan, Rakesh Bisht // International Journal of Engineering Research. – 2012. – vol.3. – issue 1. – P : 17-27
2. Wei Ye. An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks / Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin // Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. – 2002. – vol.3. – P. 1567-1576
3. Christian Cachin. Principles of Distributed Computing. ETHZ, Summer 2003 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.224.8384&rep=rep1&type=pdf>