

## **СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НЕОДНОРІДНИМИ БЕЗПРОВОДОВИМИ СЕНСОРНИМИ МЕРЕЖАМИ**

**Романюк В.А., Лисенко О.І., Алексєєва І.В., Романюк А.В., Новіков В.І.**  
*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*  
*E-mail: lysenko.a.i.1952@gmail.com*

### **Control system of heterogeneous wireless sensor networks**

The article is devoted to developing a new architecture of wireless sensor networks control system with heterogeneous sensors capable to self-organization of information exchange and responsive to operating conditions that can not be predicted in the design process.

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) – це сукупність розподілених на території мініатюрних безпроводових сенсорних вузлів (стаціонарних і мобільних), призначених для збору інформації про параметри оточуючого середовища і передачі цієї інформації на спеціальні інформаційні центри.

Простота установлення, відносна дешевина та висока ефективність БСМ сприяла широкому застосуванню в різноманітних галузях: сільському господарстві, промисловості, охороні навколишнього середовища тощо [1]. Проте наведені приклади застосування БСМ передбачають їх попередню інсталяцію и налаштування, що часто неможливо в умовах моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, територій в зонах стихійного лиха (техногенних аварій), а також при веденні активних бойових дій в тактичній ланці управління військами.

БСМ критичного застосування неоднорідні і можуть складатися з сукупності сенсорів (і відповідно мереж) різних типів: стаціонарних, мобільних, повітряних, підводних тощо, що дозволяють здійснювати моніторинг значної кількості фізичних параметрів на значних територіях (просторах). Особливістю вузлів сенсорних мереж є обмеженість їх ресурсів (енергетичних, обчислювальних, пам'яті, радіо). Сенсорні вузли повинні здійснювати тривалий моніторинг заданих параметрів середовища і передачу одержаної інформації моніторингу до споживачів, забезпечити розподілене кооперативне функціонування в умовах обмежених ресурсів, підтримувати задану продуктивність мережі, мінімізувати витрати енергії тощо. Для реалізації даних функцій з заданою якістю в умовах несприятливих зовнішніх впливів в складі БСМ повинна входити система управління (СУ).

Класичні підходи, пов'язані з побудовою систем управління мережами, орієнтовані на статичні умови їх функціонування і передбачають наявність виділеної мережі обміну службовою інформацією [2]. Підходи до побудови СУ мережами класу MANET [3] не враховують значну обмеженість ресурсів вузлів БСМ, хоча можуть слугувати основою при створенні СУ БСМ. В роботі

пропонується нова архітектура побудови системи управління БСМ з різномірними сенсорами критичної інфраструктури.

Виходячи з особливостей СУ і вимог, що до неї пред'являються, можна визначити основні принципи її функціонування: адаптивність, функціональність, ієрархічність, розподіленість і координація взаємодії, оптимальність.

Пропонується нова функціональна модель системи управління мережею, яка враховує наступний цикл управління:

1. Збір інформації про стан мережі (при цьому системі управління необхідно приймати рішення за обсягом, типом, способом, рівнями, функціями збору службової інформації).

2. Аналіз даної інформації – ідентифікується ситуація в мережі, визначаються: рівень виконання мережею своїх функцій, необхідність керуючого впливу, цілі управління з подальшою деталізацією їх на підцілі.

3. Прийняття рішення (здійснюється вибір способу моніторингу, обчислення маршруту, вибір методу передачі, способу розсилання службової інформації тощо).

4. Реалізація рішення (здійснюється розсилання службової інформації, резервування ресурсу, установлення потужності передачі тощо).

Функціональна модель складається з наступних основних підсистем (рис.1): збору та зберігання інформації про стан мережі, аналізу і прийняття рішень окремо по моніторингу и процесу передавання даних, інтелектуалізації та координації, управління витратами енергоресурсу вузлів, реалізації рішень по управлінню мережею.



Рис. 1. Функціональна модель системи оперативного управління БСМ.

1. Підсистема збору і зберігання інформації про стан мережі здійснює збір інформації про стан мережі та її збереження в базі даних.

2. Підсистема аналізу і прийняття рішень по процесам моніторингу та передачі даних, яка включає наступні функції:

- управління розгортанням – збір інформації про об'єкти спостереження, визначення методів (способів) розміщення вузлів, вибір типу і кількості сенсорних вузлів з урахуванням параметрів і середовища моніторингу тощо;

- управління покриттям – визначення типу покриття об'єкту, вибір моделі покриття в залежності від ступеня і коефіцієнта покриття;

- управління спостереженням – розрахунок активних сенсорних вузлів, сесій спостереження сенсорів і мережевої зв'язності тощо;

- управління якістю моніторингу.

Процес прийняття рішень по управлінню моніторингом включає наступну послідовність дій: аналіз об'єкту моніторингу – вибір способу моніторингу – визначення функції управління – визначення рівня реалізації OSI для процесу передачі .

Управління процесом передачі містить наступні етапи (рис. 2):

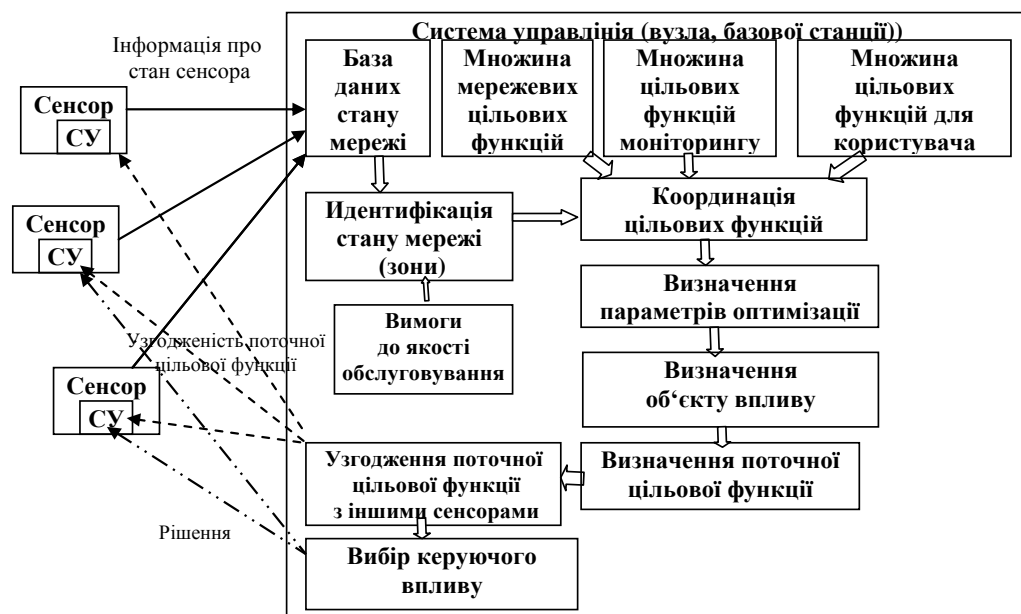


Рис. 2. Процес прийняття рішення системою управління.

1. Збір інформації про стан мережі (СУ приймає рішення про обсяг, частоту, глибину способу збору інформації).

2. Аналіз інформації про стан мережі. СУ ідентифікує ситуацію в мережі (зоні и самому вузлі), перевіряє виконання мережею своїх функцій і визначає необхідність керуючої дії.

3. Виявлення цілі управління з наступною деталізацією її на підцілі і прийняття рішення.

Система управління БСМ визначає поточну множину параметрів оптимізації – мережевих і користувальницьких, об'єкти управління (вузол, зона, напрямок), поточну цільову функцію (функції) управління (маршрутизація, енергозабезпечення тощо), узгоджує (координує) її з сусідніми

сенсорними вузлами (якщо вузли одного рангу) або призначає її підпорядкованим сенсорним вузлам (якщо це центр управління БСМ або головний вузол зони БСМ), вибирає керуючу дію по етапах.

3. Підсистема реалізації рішення здійснює установаження певних параметрів мережі: потужності передавання вузлів, способу моніторингу, резервування ресурсу, розсилання службових повідомлень тощо.

4. Підсистема координації інтелектуалізації. В умовах змішаного управління (частка функцій виконується централізовано центрами управління БСС, а друга децентралізовано – вузлами) можна визначити дві взаємозалежні групи цілей: мережеві (зонові) – оптимізація мережевих або зонових показників ефективності, користувальницькі – досягнення заданої якості передачі між сенсорними вузлами та шлюзами, тобто оптимізація за напрямком передачі.

До мережевих (зонних) цілей управління можна віднести оптимум наступних параметрів  $C_i = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ :

$C_1$  – ступінь покриття території моніторингу сенсорними вузлами (рухомими чи стаціонарними);

$C_2$  – час функціонування БСМ (її зони) у разі її автономної роботи;

$C_3$  – продуктивність всієї БСМ чи її зони;

$C_4$  – структурна надійність (зв'язність) мережі, її зон;

$C_5$  – кількість ресурсів (стаціонарних та мобільних сенсорів, аероплатформ тощо), які необхідно задіяти для досягнення певної мети;

$C_6$  – потужність передач вузлів мережі чи її зони;

$C_7$  – обсяг службового трафіка, який генерується для збору інформації про стан БСС;

$C_8$  – час планування, розгортання, відновлення БСМ;

$C_9$  – параметри безпеки і т.д.

Для координації управління по моніторингу і передавання (по рівням OSI) пропонується введення надбудови координації (cross-level).

Пропонується введення в підсистему координації і інтелектуалізації базу методів управління, кожен з яких ефективний при різних ситуаціях на мережі. Методи управління розбиті на дві підгрупи: за рівнями OSI і функціями управління.

На етапі оперативного управління за прийнятими критеріями ефективності СУ постійно оцінює стан сенсорної мережі і вживає заходів (у відповідності до плану і реальної ситуації) по утриманню її показників ефективності функціонування в заданих межах або здійснюється їх оптимізація.

В умовах обмеженості інформації про стан мережі, її неповноти для ідентифікації ситуації і прийняття рішень по вибору методів управління пропонується використовувати методи штучного інтелекту.

Під час прийняття рішень система управління повинна: ідентифікувати ситуацію – стан мережі (зони, напрямку), визначити цільові функції управління і вибрати з множини можливих методів управління оптимальний (раціональний) для даної ситуації і заданої цілі управління з урахуванням можливих обмежень ресурсів сенсорних вузлів.

Кількість і конкретні задачі оперативного управління визначаються

характеристиками і умовами функціонування мережі, а також прийнятими технологічними рішеннями на етапі її проектування.

Пропонується нова архітектура побудови системи управління неоднорідними БСМ, яка передбачає: для неоднорідної мережі – координацію і інтелектуалізацію процесів прийняття рішень для кожного класу БСМ; для кожної мережі БСМ – координацію і інтеграцію рівній OSI по цілям і функціям управління (рис. 3).



Рис. 3. Рівні та функції системи управління БСМ.

5. Підсистема управління витратами енергоресурсу вузлів реалізує одну з основних задач управління БСМ. Повинна бути реалізована при моніторингу і передачі даних з координацією по всіх моделях OSI.

Для рішення задач управління різномірними сенсорними мережами критичної інфраструктури запропоновані принципово нові підходи до побудови системи управління даними мережами. Запропонована нова архітектура побудови системи управління даними мережами. Її особливостями є: розбиття задач управління на функціональні підзадачі (збору інформації, моніторингу, передачі даних, управління енергоспоживанням, реалізацією рішень). Для підвищення якості рішень, що приймаються і, відповідно, ефективності функціонування даних мереж запропоновано здійснювати координацію цільових функцій управління і інтелектуалізувати процес прийняття рішень по вибору методів управління в залежності від ситуації на мережі.

### Література

1. Chatterjee, A. Practical Applications Of Wireless Sensor Network Based On Military, Environmental, Health And Home Applications: A Survey / Ananya chatterjee, Manjusha Pandey // International Journal of Scientific & Engineering Research. - 2014. - Vol. 7, no. 1. – pp. 1043-1050.
2. Mani Subramanian, 'Network Management: Principles and Practice 2nd Edition, Kindle Edition, 2012.
3. Minochkin, A. Control System of Mobile Ad-hoc Networks / A. Minochkin, V. Romanyuk // In Proc. of International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2008), Lviv, 2008. pp. 414 – 415.