

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБМІНУ ДАНИМИ В СЕНСОРНИХ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖАХ

професор, к.т.н., Новоселов С.П., старший викладач Сичова О.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,  
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14  
E-mail: oksana.sychova@nure.ua

**Abstract.** In the given work the structure software module sensor network and the data transmission algorithm between the sensor network components were developed. For the experimental research a software model has been developed. The program allows you to simulate the placement of base stations indoors or at the automation facility. Studies have shown that to build a reliable touch network, even stations need to be placed evenly, and in some cases it is necessary to add new network elements to overcome the problem areas of message distribution. This will increase the reliability of the network when one or more base stations are out of order.

**Вступ.** Інтенсивний розвиток мікроелектроніки дозволив вирішити завдання створення дешевих, багатофункціональних пристроїв, що мають малі габарити і здатні передавати телеметричну інформацію по радіоканалу на короткі відстані. Вони стали базовими елементами в структурі бездротових сенсорних мереж. Відмінною особливістю сенсорів є мініатюрні розміри і низька собівартість. Це дозволяє використовувати їх у великій кількості для створення мережі збору і бездротової передачі телеметричних даних.

Передача даних відбувається поетапно – від одного пристрою до іншого, а маршрути передачі формуються автоматично таким чином, щоб за кінцеве число пересилань по мережі між найближчими вузлами пакет з даними був переданий на шлюз, який має з'єднання з сервером. У разі виходу з ладу одного або декількох вузлів, структура мережі автоматично змінюється, забезпечуючи можливість доставки інформації з усіх працюючих сенсорів до шлюзу.

Метою досліджень є розробка алгоритму обміну повідомленнями та проведення експериментальних досліджень принципів обміну даними в сенсорних мережах.

**Основна частина.** Експеримент проводився методом імітаційного моделювання. В якості імітаційної моделі виступає розроблена програма, за допомогою якою можна візуально оцінити процес побудови зав'язків між сенсорними модулями. Програма може виконувати такі функції:

- надавати оператору змогу вільно розміщувати базові сенсорні модулі (базові станції) на поверхні імітаційного поля;
- надавати можливість оператору видаляти непотрібні модулі з імітаційного поля;

- автоматично прокладати маршрути взаємодії між сенсорними модулями в залежності від стану кожного модуля;
- графічно відображати побудовані маршрути передавання інформації між модулями сенсорної мережі;
- мати можливість змінювати стан кожного модуля (активний чи неактивний);
- відображати у вигляді списку всі додані сенсорні модулі на імітаційне поле;
- відображати протокол дослідження.

На основі принципу побудови реального модулю сенсорної мережі було побудовано програмний модуль імітаційної моделі. Структурна схема моделі програмного аналога сенсорного модуля наведена на рис. 1.

До складу моделі програмного аналога сенсорного модуля входять:

- інтерфейс одержання повідомлення (аналог приймача);
- блок обробки повідомлення (аналог мікроконтролера);
- інтерфейс відправлення повідомлення (аналог передавача);
- блок відображення інформації;
- блок зберігання даних.

Через інтерфейс одержання повідомлення до програмного модуля надходять повідомлення від інших програмних сенсорних модулів.

Блок обробки повідомлень аналізує отриману інформацію, обробляє її та в залежності від алгоритму роботи та адреси, що міститься в повідомленні передає її до інших модулів сенсорної мережі.

Інтерфейс відправлення повідомлення використовується для спілкування з іншими модулями програмного середовища.

За допомогою блоку відображення інформації оператору надається графічна інформація про стан програмного модуля імітаційної системи.

Блок зберігання даних використовується для побудови звіту про стан проведеного експерименту.

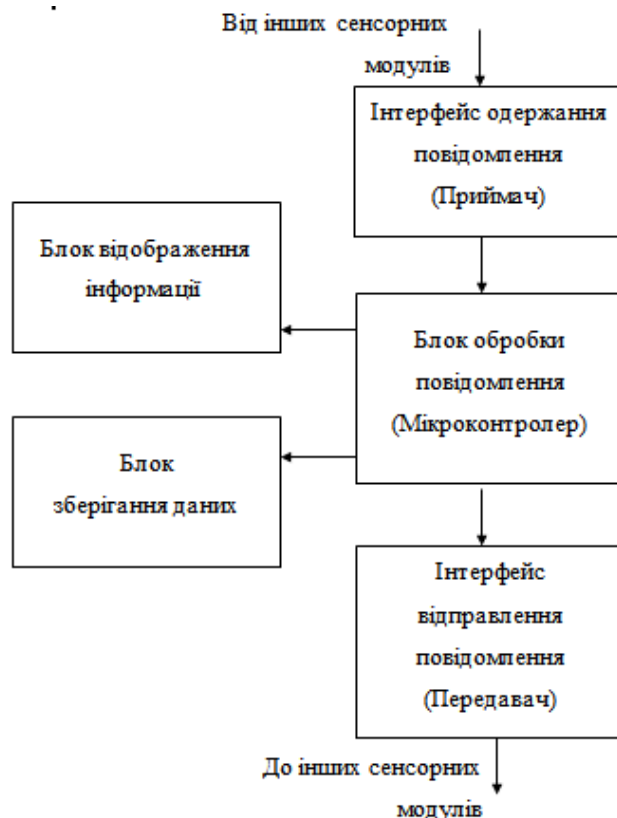


Рисунок 1 – Структурна схема моделі програмного аналога сенсорного модуля

В процесі роботи сенсорної мережі передбачено використання двох типів повідомлень. Перший тип – повідомлення, що виникають при першому включенні мережі, або при перебудові її зав'язків.

При першому включенні, необхідно виконати ініціалізацію базових станцій і побудувати структуру мережі. Для цього майстер-станція виробляє послідовне опитування всіх адрес базових станцій і запам'ятовує адреси відповіді вузлів.

Алгоритм передачі даних між компонентами сенсорної мережі розділений на два незалежних потоки.

Перший потік – періодичний обмін повідомленнями між модулями мережі з метою визначення часу передачі повідомлення між міткою і видимими базовими станціями. Отримана інформація зберігається у вигляді таблиці в пам'яті базових станцій.

Другий потік – періодичне опитування всіх активних базових станцій з метою отримання відомостей про час передачі повідомлення до працюючих міток. На підставі отриманих даних розраховується оптимальний маршрут доставки даних між елементами сенсорної мережі.

На рис. 2 показано порядок передачі даних в сенсорній мережі. Як можна бачити з наведеного рисунку, в роботі використовується ширококомовний принцип передачі даних між компонентами мережі. Розглянемо приклад посилки запиту від базової станції та отримання відповіді від компонента сенсорної мережі.

На першому етапі виконується формування пакета і відправка запиту базовою станцією. У пакет додається унікальний ідентифікатор запиту.

На другому етапі сусідні з базовою станцією вузли отримують запит. Кожен пристрій, отримавши запит, аналізує його. Визначається унікальний ідентифікатор і порівнюється з тим, який зберігався в пам'яті. Якщо такий запит уже був отриманий, то він ігнорується.

Далі перевіряється факт приналежності запиту даному датчику. Якщо немає, то через певний час затримки  $t_1$  виконується подальше пересилання запиту іншому компоненту мережі.

Затримка робиться для того, щоб виключити накладення сигналів в мережі. Вона вибирається випадково, але в межах заданих параметрів.

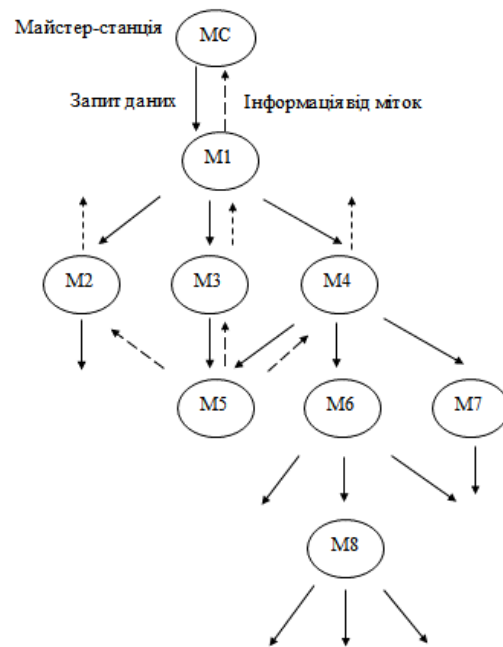


Рисунок 2 – Принцип передачі даних в сенсорній мережі

Таким чином, сигнал поширюється за всіма компонентами мережі, поки не буде знайдений адресат.

На третьому етапі один з пристроїв, який отримав сигнал, є ціллю для даного запиту. Цей пристрій виконує ту команду, яка містилася в запиті і формує пакет для зворотного відправлення. У пакет додається новий унікальний ідентифікатор, щоб інші пристрої мали можливість передавати цей пакет. Перед відправкою пакету знову робиться затримка на час  $t_2$  для гарантування завершення поширення першої хвилі даних.

Четвертий етап – це передача відповідних даних від датчика до базового блоку. Він виконується аналогічно попереднім.

Для виконання експериментальних досліджень побудуємо структуру сенсорної мережі, яка складається з 10 базових станцій.

На рис. 3 показано приклад довільного розташування станцій на поверхні імітаційного поля.

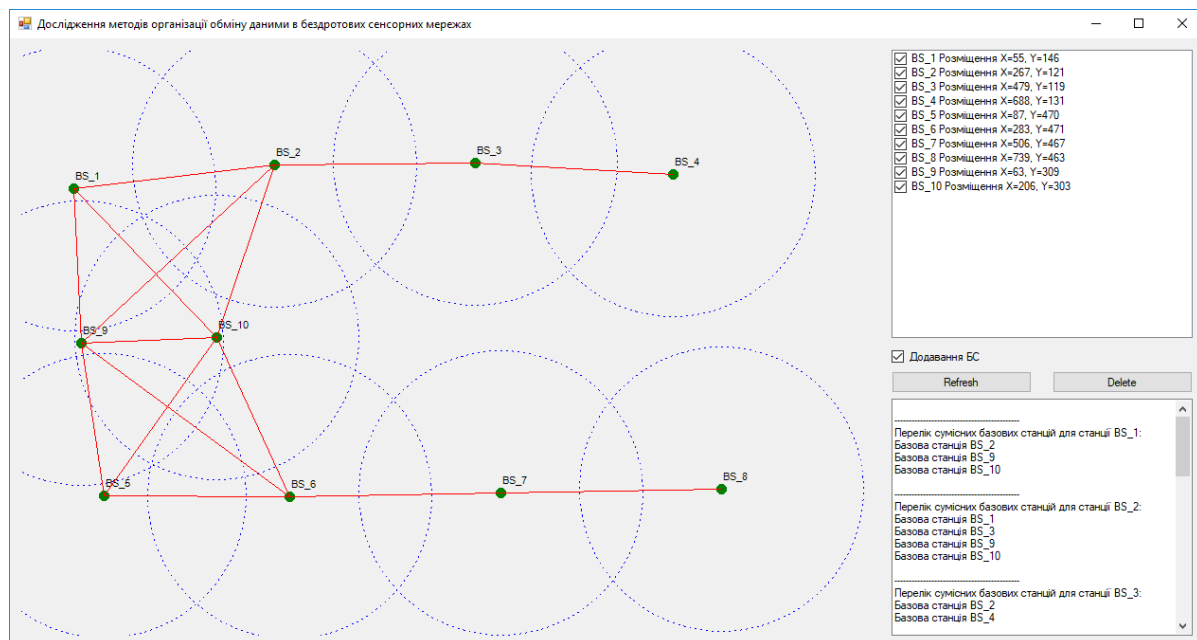


Рисунок 3 – Приклад розташування станцій на поверхні імітаційного поля

Як можна бачити з наведеного рисунку, розташовані модулі мають зв'язок один з одним в межах радіусу дії. Радіус дії показано пунктиром. Якщо базові станції активні і радіус дії дозволяє їм обмінюватись даними, між ними будується маршрут передачі повідомлень. На рисунку це тонкі лінії між базовими станціями.

Наступний експеримент показав, що дана конфігурація мережі не є оптимальною та може зруйнуватись при виключенні певної базової станції.

На рис. 4 показано приклад стану мережі при виході з ладу базової станції №2. Як можна бачити, через базову станцію №2 передавались повідомлення до станцій №3 та №4. При вимкненні базової станції №2 зв'язок було втрачено і уся гілка станцій була втрачена.

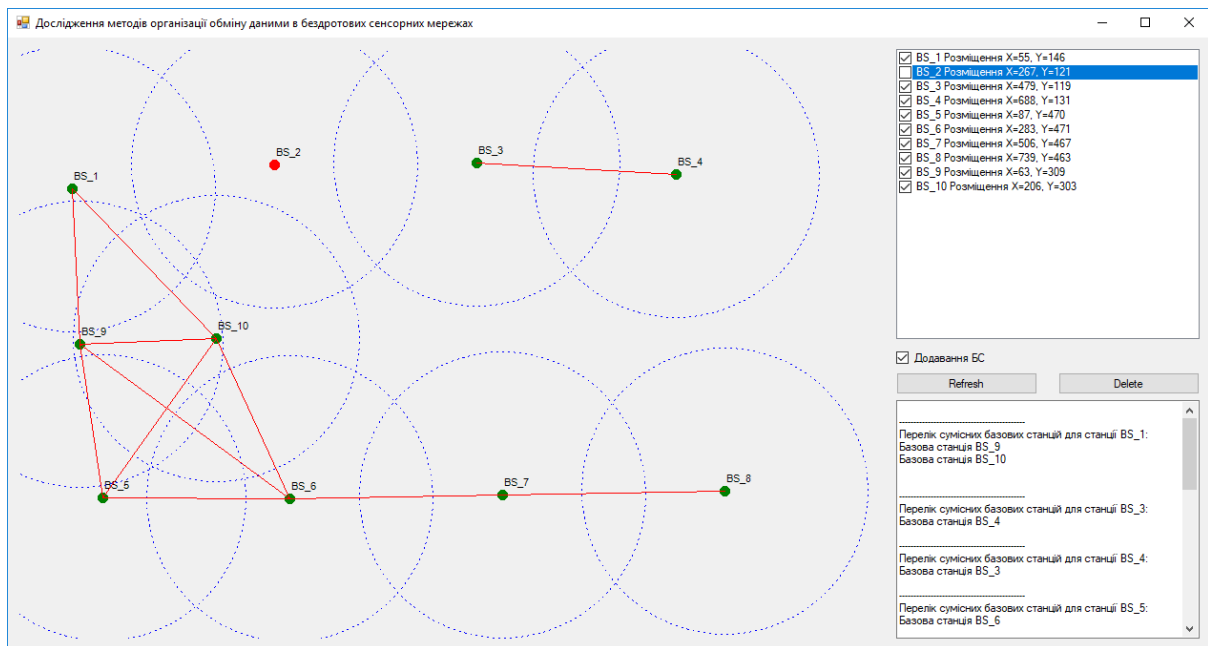


Рисунок 4 – Стан мережі при виході з ладу базової станції №2

Таким чином, для побудови надійної сенсорної мережі потрібно рівномірно розміщувати базові станції, а в деяких випадках треба додавати нові елементи мережі для перекриття проблемних напрямків розповсюдження повідомлень. Це дозволить підвищити надійність мережі при виході за ладу однієї або декілька базових станцій.

**Висновки.** В даній роботі було розроблено структуру програмного модуля сенсорної мережі та алгоритм передачі даних між компонентами сенсорної мережі. Для проведення експериментальних досліджень принципів обміну даними в сенсорних мережах розроблено програмну модель на мові програмування C#. Програма дозволяє моделювати розміщення базових станцій в приміщенні, або на об'єкті автоматизації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С. П. Новоселов, Е. В. Рак Метод построения таблицы маршрутизации для беспроводной сенсорной сети // Технологический аудит и резервы производства, 2013. – №2/1 (10) – С. 42-44.
2. S. P. Novoselov, O. N. Donskov, "Study of Mobile Device Wireless Control Technology in the Visible Range of the Electromagnetic Radiation", Third International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2016 - Conference Proceedings, art. no. 7905355, pp. 123-124.
3. G. V. Záruba, M. Huber, F. A. Kamangar and I. Chlamtac, "Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi - Fi access point", 2006.
4. R. Zemek, D. Anzai, S. Hara, K. Yanagihara, K. Kitayama, "RSSI - based Localization without a Prior Knowledge of Channel Model Parameters", 2008.