

## **МЕТОД БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ЗБОРУ ДАНИХ З ВУЗЛІВ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ АЕРОПЛАТФОРМАМИ**

**Романюк В.А.<sup>1</sup>, Лисенко О.І.<sup>2</sup>, Романюк А.В.<sup>2</sup>, Гримуд А.Г.<sup>1</sup>**

*1. Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут*

*2. Інститут телекомунікаційних систем „КПІ ім. Ігоря Сікорського”*

*E-mail: romval2016@gmail.com*

### **METHOD OF DIRECT COLLECTION OF DATA FROM NODES WIRELESS SENSOR NETWORK BY TELECOMMUNICATION AIRPLATFORMS**

Suggestions for improving the direct method of data collection from wireless sensor network nodes in the implementation of various targeted network management functions are considered.

Розглядається безпроводова сенсорна мережа (БСМ), вузли якої розміщені у важкодоступній або постраждалій в результаті надзвичайної ситуації території, в умовах відсутності телекомунікаційної інфраструктури загального користування. Характерними особливостями БСМ є: значна розмірність (сотні, тисячі вузлів), обмеженість ресурсів вузлів (енергії батареї, продуктивності процесора, пам'яті, потужності передавача, пропускної спроможності радіоканалу тощо). Збір інформації моніторингу з вузлів БСМ класичними методами не можливий (в умовах відсутності зв'язності між вузлами) або призводить до значних витрат енергії вузлів та малого часу функціонування мережі. В цих умовах для збору інформації моніторингу з вузлів БСМ застосовуються телекомунікаційні аероплатформи (ТА). Сенсорні вузли здійснюють моніторинг певних параметрів зовнішнього середовища або об'єктів зон свого покриття, зберігають отримані дані та чекають можливості їх передачі до ТА при її появі в зоні радіозв'язку. ТА облітають сенсорні вузли і збирають їх дані моніторингу.

Основними цільовими функціями управління при зборі даних з вузлів БСМ ТА можуть бути: мінімізація часу (граничний час) збору даних  $T_{зб}$ , максимізація часу (визначений час) функціонування мережі  $T_{ф}$  при реалізації процесу збору даних з вузлів ТА, мінімізація кількості задіяних ТА [1, 2].

Одним з основних методів збору даних з вузлів даного класу БСМ є метод безпосереднього (прямого) збору даних ТА з кожного вузла мережі. Його основна перевага – всі задачі організації збору даних покладені на ТА (тому низька вартість сенсорних вузлів). При цьому можливі три варіанти обльоту мережі ТА: кожний вузол мережі; вся територія мережі (можливі різні способи обльоту – зигзаг, спіраль, квадрати тощо); визначені кластери мережі. Очевидно, що при неоднорідному розміщенні вузлів на площі доцільно застосовувати кластеризацію мережі, потім – здійснювати обліт ТА вузлів в цих кластерах за розрахованою траєкторією та зібрати дані моніторингу.

Відмітимо, що час збору даних ТА залежить від: кількості кластерів та їх розташування на місцевості; кількості вузлів, їх параметрів та місць розміщення в кожному кластері; кількості та положення точок збору даних ТА

у просторі кластера; вимог до якості збору даних (з гарантією збору всіх даних або без гарантії), цільових функцій управління процесом збору даних тощо.

В існуючих роботах запропоновано знаходити „центри мас” кластерів та здійснювати обліт ТА мережі тільки через центри цих кластерів, що значно скорочує час обльоту, однак ці методи не враховують можливість мінімізації кількості кластерів за рахунок адаптації до радіуса  $R$  покриття (висоти польоту) ТА, стан енергії вузлів та не впливають на час функціонування БСМ (рис. 1).

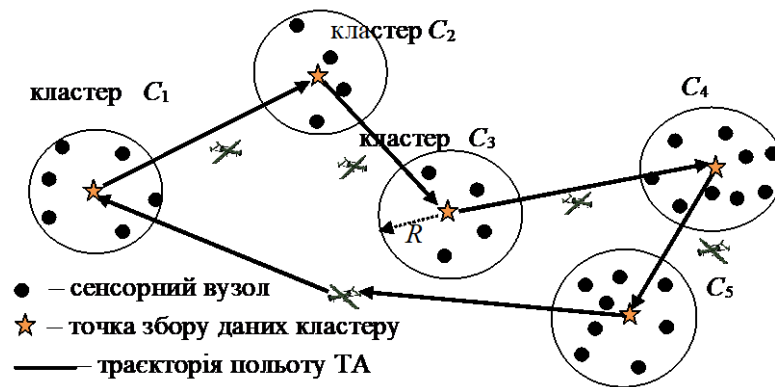


Рис. 1. Варіант переміщення ТА між точками збору даних в кластерах.

Пропонується вдосконалений метод безпосереднього збору даних моніторингу з вузлів безпроводової сенсорної мережі з їх кластеризацією телекомунікаційними аероплатформи, основними відмінностями якого є:

1. Для тимчасової кластеризації мережі в якості головного вузла кластеру запропоновано використовувати ТА, яка реалізує (на відміну існуючих центроїдних алгоритмів) модифікований ітераційний алгоритм кластерного аналізу FOREL-2 та знаходить мінімальну кількість точок збору даних в мережі та тим самим зменшує довжину маршруту обльоту (час збору).

Рішення по кластеризації може прийматися централізовано центром управління мережею (ЦУМ) при наявності інформації про стан вузлів БСМ або ТА при її відсутності в центрі управління. Центр управління мережею постійно коригує цільові функції управління в залежності від ситуації на мережі, вимог щодо якості збору даних та наявних ресурсів.

2. Рішення по траєкторії, швидкості переміщення (точки зависання) ТА в кластері, визначення цільових функцій управління і алгоритмів збору даних ЦУМ (або ТА) приймає окремо по кожному кластеру мережі.

3. Базовий маршрут обльоту точок збору даних будується за одним з відомих методів побудови найкоротшого шляху (рішення задачі комівояжера). Однак, для обльоту вузлів в кластерах запропоновані нові правила корегування базового маршруту обльоту та розроблені моделі розрахунку точок обміну між ТА і вузлами кластеру, які враховують пріоритет визначених цільових функцій управління мережею.

4. Застосування траєкторно-позиційної моделі обміну даними в радіоканалі між ТА і вузлами кластеру, яка враховує: стан вузлів (координати розташування, рівень енергії батарей, об'єм даних моніторингу); траєкторію переміщення (положення зависання) ТА; вимоги щодо забезпечення гарантії

обслуговування вузлів; пріоритет цільових функцій управління.

Траєкторна модель реалізована в новому гібридному (децентралізованому/централізованому) протоколі обміну даними між вузлами і ТА (модифікація IEEE 802.11), якій складається з 4-ох основних етапів: ініціалізація обміну ТА з сенсорними вузлами кластера; передача вузлами запитів на обмін (ЗО) з ТА; складання ТА графіка передач сенсорних вузлів за правилами та моделями, які визначають точки збору ТА у просторі та послідовність передач вузлів кластеру в цих точках; безпосередньо обмін даними моніторингу вузлів з ТА.

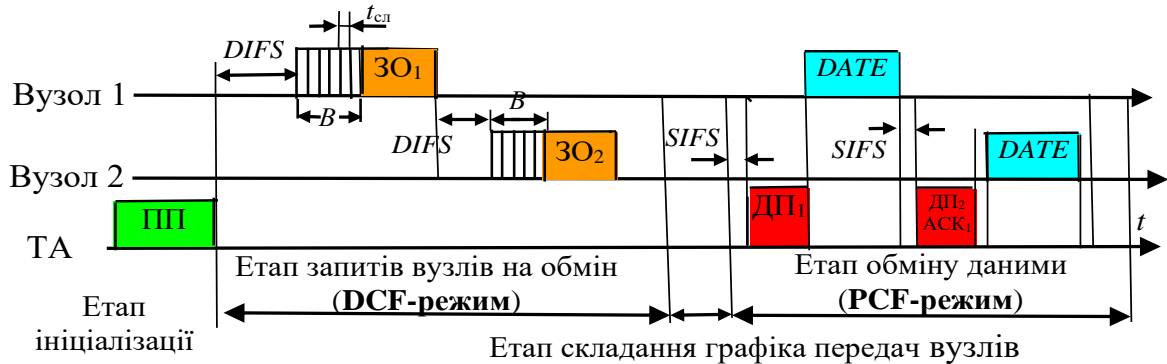


Рис. 2. Функціонування запропонованого гібридного протоколу.

Зменшення витрат енергії батарей вузлів досягається за рахунок:  
 визначення точок обміну на траєкторії польоту ТА, які знаходяться на найближчій відстані між вузлом і ТА;  
 здійснення передачі вузол-ТА з мінімальним рівнем потужності при забезпеченні необхідної швидкості обміну;  
 обльоту ТА перевантажених та/або „виснажених” вузлів.

Позиційна модель визначає точки збору даних ТА у просторі (для БПЛА роторного типу) кластера, які дозволяють мінімізувати загальні витрати енергії на передачу вузлів або загальний час передачі даних вузлів цього кластеру.

Для оцінки результатів функціонування алгоритму здійснена його програмна реалізація в середовищі MATLAB. Проведено експерименти і отримані залежності: часу збору даних, часу функціонування мережі від розмірності мережі, кількості вузлів в кластері, обсягу даних моніторингу при застосуванні різних методів безпосереднього збору даних.

Доведена перевага застосування вдосконаленого методу безпосереднього збору даних з вузлів БСМ ТА, якій дозволяє отримати вигравш у часі збору даних моніторингу мережі на 10 – 15% (за рахунок зменшення точок збору даних) та збільшити час функціонування мережі (за рахунок нових правил обльоту вузлів в кластерах та розрахунку точок обміну) на 12 – 17% у порівнянні з існуючими центроїдними методами безпосереднього збору даних.

#### Література

1. V.A. Romaniuk, O.I. Lysenko, A.V. Romaniuk, O.V. Zhuk Increasing the efficiency of data gathering in clustered wireless sensor // Information and Telecommunication Sciences, №1. – 2020. P. 102 – 107.
2. A.V. Romaniuk, V.A. Romaniuk, O.I. Lysenko, M.K. Sparavalo, O.V. Zhuk Synthesis of data collection methods by telecommunication airplatforms in wireless sensors networks// Information and Telecommunication Sciences, № 2. – 2020. P. 63 – 73.