

# Структурний аналіз сенсорних мереж

К.т.н., доц. О. Кузьмін, студ. Д. Киричук, студ. Ю. Логазяк

Lviv Polytechnic National University, 22/806 Bandera St., Lviv-13, 79013, Ukraine

**Abstract.** In this paper discusses the comparison sensor networks cluster structure obtained through the use of three-color and four-color heuristic algorithms. The results of studies of the structures obtained at different densities coverage area of the sensor network.

**Key words:** sensor, network, cluster, algorithm.

В безпроводних сенсорних мережах робота приймача і передавача потребує найбільших витрат електроенергії. Обмеженість заряду вузлів робить необхідним застосування нестандартних схем функціонування безпроводних сенсорних мереж. Для оптимізації енерговитрат застосовуються різні схеми побудови мережі та протоколи взаємодії між сенсорами. Одною із схем організації сенсорної мережі, яка дозволяє зменшити енерговитрати на передачу даних, є кластеризація [1]. В сенсорних мережах кластерної структури передача інформації відбувається через сенсори, які являються головами кластерів. Наведені нижче алгоритми формують структуру системи передачі даних сенсорної мережі у вигляді дерева, коренем якого є приймаюча станція, а вершинами є сенсори (голови кластерів). В роботі проводиться аналіз структур сенсорних мереж, побудованих за алгоритмами, основаними на трьохколірній та чотирьохколірній евристиці. Аналіз проводиться з метою отримання відповіді на питання який з наведених алгоритмів дає меншу кількість голів кластерів при однаковій щільності покриття сенсорами зони дії мережі. Таким чином можна виявити, який з алгоритмів є кращим з точки зору заощадження енергії на передачу даних.

Для досягнення мінімальних витрат енергії, необхідно вирішити наступні задачі:

знайти мінімальну кількість вузлів (сенсорів), які є головами кластерів;

сформувати найкоротшу мережу з даних голів кластерів.

Це задачі комбінаторної оптимізації. Для знаходження оптимального рішення потрібно мати глобальну інформацію про мережу. Оскільки кожен вузол має лише локальну інформацію, використовується евристичний підхід, який забезпечує наближене рішення задачі.

Алгоритми знаходження топології мережі базуються на жадібному  $\log(n)$  – наближеному алгоритмі [2]. На кожному етапі вузол вибирається з виявлених вузлів, які охоплюють максимальне число виявлених вузлів. Всі вузли, які отримали запит топології, вважаються покритими.

Розглянемо алгоритм на основі трьохколірної евристики.

Колір вузла описує його стан таким чином:

- чорний - вузол, який є головою кластера;
- сірий - вузол, що покривається принаймні одним чорним вузлом;
- білий - вузол, не покритий мережею.

Спочатку всі вузли є білими. Після роботи алгоритму кожен вузол, що отримав запит топології, стає чорним або сірим, в залежності від його стану в мережі.

Процес роботи алгоритму полягає в наступному:

Вузол, який ініціює запит топології, стає головним і йому присвоюється чорний колір.

Всі вузли стають сірими, коли отримують запит від чорного. Кожен сірий вузол передає запит для всіх своїх сусідів з затримкою, що обернено пропорційна його відстані до чорного вузла, від якого він отримав запит.

Якщо білий вузол отримує запит від сірого, він стає чорним з певною випадковою затримкою. Якщо на протязі часу затримки цей вузол отримує запит від чорного вузла, він стає сірим. Випадкова затримка обернено пропорційна відстані до сірого вузла, від якого даний вузол отримав запит.

Тепер всі вузли чорні або сірі, вони ігнорують інші запити топології.

Алгоритм на основі чотирьохколірної евристики полягає в наступному.

Колір вузла описує його стан таким чином:

- чорний - вузол, який є головою кластера;
- сірий - вузол, що покривається принаймні одним чорним вузлом;
- білий - вузол, не покритий мережею.
- темно-сірий - вузол, не покритий жодним сусіднім чорним вузлом і який знаходиться на відстані двох стрибків від чорного вузла. Білий вузол стає темно-сірим, коли отримує запит від сірого.

Спочатку всі вузли є білими. Коли відбувається організація сенсорної мережі, вузли стають чорними, темно-сірими, сірими або білими.

Процес роботи алгоритму полягає в наступному:

Вузлу, який ініціює запит присвоюється чорний колір і відбувається передача службових пакетів в радіусі покриття сенсора.

Всім білим вузлам присвоюється сірий колір, коли вони отримують пакет від чорного вузла. Сірі вузли передають пакети сусіднім з затримкою обернено-пропорційної відстані до чорного вузла, від якого був отриманий запит.

Коли білий вузол отримує пакет від сірого йому присвоюється темно-сірий колір. Вузол передає пакети сусідам і активізує таймер для того, щоб стати чорним. Затримка обернено-пропорційна відстані до сірого вузла, від якого отримано пакет.

Коли білий вузол отримує пакет від темно-сірого він стає чорним вузлом з деякою випадковою затримкою. Якщо, в той же час, вузол отримує пакет від чорного йому присвоюється сірий колір.

Темно-сірий вузол очікує певний обмежений проміжок часу, поки одному з його сусідів не буде присвоєно чорний колір. Коли час спливає, темно-сірому вузлу присвоюється чорний колір, тому що немає чорного вузла, який покриває його.

Коли вузлам присвоєно сірий або чорний кольори, вони ігнорують “розвідувальні” пакети.

Для аналізу структури сенсорних мереж розроблені імітаційні моделі, які дозволяють будувати кластерну топологію сенсорної мережі та проводити її дослідження. Нижче наведений програмний продукт для дослідження сенсорних мереж, побудованих за трьохколірним евристичним алгоритмом, розроблений під платформу .Net на мові C# з використанням технології WPF [3]. Програмний продукт для дослідження сенсорних мереж, побудованих за чотирьохколірним евристичним алгоритмом, описаний в роботі [4].

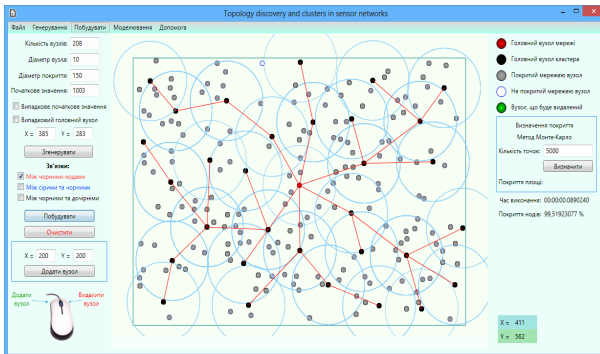


Рис.1. Модуль побудови сенсорних мереж

На рис.1 представлений інтерфейс модуля побудови сенсорної мережі. Модуль дозволяє будувати сенсорну мережу за такими параметрами:

- область, в якій розміщуються сенсори майбутньої мережі;
- радіус дії сенсора;
- розміри сенсора;
- кількість сенсорів мережі.

Реалізована можливість додавання вузлів, їх видалення, відображення зв'язків між вузлами, визначення площі покриття мережею заданої області за методом Монте-Карло. Побудовану сенсорну мережу можна зберегти на диску в форматі xml для подальшого її відтворення з метою проведення досліджень.

На рис.2 наведений інтерфейс модуля моделювання роботи сенсорної мережі.

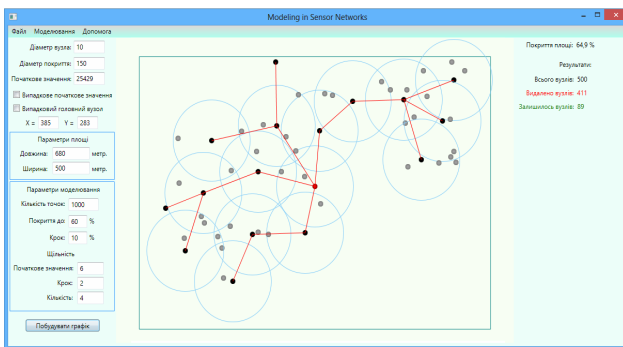


Рис.2. Модуль моделювання

Модуль моделювання дозволяє проводити крім структурного аналізу дослідження функціонування

сенсорних мереж в умовах відмови окремих сенсорів. В результаті таких досліджень можна провести аналіз життєвого циклу сенсорної мережі.

Дослідження проводились при таких вхідних даних.

Мережі формувались на площі розміром 680\*500 м<sup>2</sup>, що складає 340000 м<sup>2</sup>. Щільність визначалась як кількість вузлів на 10000 м<sup>2</sup>.

Радіус покриття одним сенсором становить 75 м.

Дослідження проводилось для одинадцяти щільностей: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.

Результатом дослідження стала середня кількість активних вузлів (голів кластерів). Для знаходження усередненої величини дослідження проводилось 100 разів при різних початкових значеннях генератора випадкових чисел.

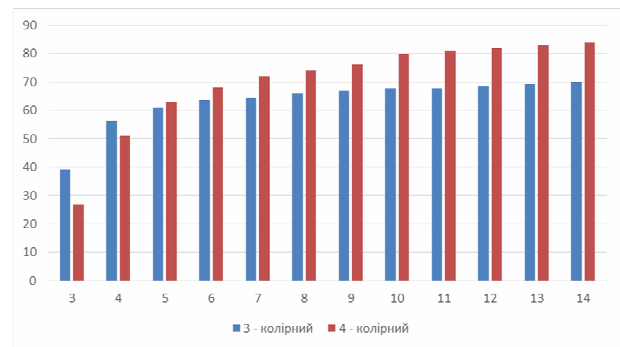


Рис.4. Кількість активних вузлів для трьохколірного та чотирьохколірного евристичних алгоритмів

Кількість вузлів для кожної щільності: 3 – 102, 4 – 136, 5 – 170, 6 – 204, 7 – 238, 8 - 272 9 – 306, 10 – 340, 11 – 374, 12 – 408, 13 – 442, 14 – 476.

Результати вказують на перевагу чотирьохколірного евристичного алгоритму при щільностях менше 4/10000 м<sup>2</sup> і перевагу трьохколірного евристичного алгоритму при щільностях більше 4/10000 м<sup>2</sup>. При використанні трьохколірного алгоритму не відбувається такого швидкого зростання кількості активних вузлів при збільшенні загальної кількості вузлів, як при використанні чотирьохколірного. Це дозволяє зробити висновки про перевагу трьохколірного алгоритму над чотирьохколірним у формуванні структури сенсорної мережі.

[1]. David Culler, Deborah Estrin, Mani Srivastava, “Overview of Sensor Networks”, IEEE Computer Society, p. 9, 2004.

[2]. Anna Hać, “Wireless Sensor Network Designs”, John Wiley & Sons Ltd. pp.184-231, 2003.

[3]. Дослідження життєвого циклу безпроводної сенсорної мережі кластерної структури, побудованої за триколірним евристичним алгоритмом. Кузьмін О., Киричук Д., Кузьмін С. Вісник НУ “Львівська політехніка”, № 751, Комп’ютерні науки та інформаційні технології. Львів, 2013, с.199-202.

[4]. The Analysis of Working Time of Wireless Sensor Networks, Built with Four-Color Heuristic Method. Kuzmin Olexander, Logazyok Yuri, Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, Proceedings of the IXth International Conference MEMSTECH 2013, 16-20 April, 2013, Polyana, Ukraine, pp.125-126.