

УДК 515.1

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ФРАКТАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ДЛЯ ГРАФІЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ У ДВОМІРНОМУ КОНФІГУРАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ

Балабан С.М., к.т.н.,

Чиж В.М.

*Тернопільський національний технічний університет
ім. Івана Пулюя (Україна)*

В роботі пропонується алгоритм побудови геометричних моделей безпроводових сенсорних мереж в основу якого покладено аналіз кількості інформаційних вузлів у мережі і особливостей їх реального розміщення у просторі.

Ключові слова: безпроводова сенсорна мережа, геометричне моделювання, чотириточковий симплекс, кластер, евклідов конфігураційний простір.

Постановка проблеми. Візуальне спостереження зміни параметрів сигналів інформаційних вузлів (ІВ) займає важливе місце серед засобів підвищення надійності і економічності безпроводових сенсорних мереж (БСМ). Ефективним інструментом для організації такого спостереження є геометричні моделі мереж у евклідовому конфігураційному просторі. Для створення геометричних моделей безпроводових мереж інформаційних вузлів доцільно використовувати алгоритми побудови, що враховують кількісні і якісні показники інформаційних вузлів, а також особливості їх розміщення у просторі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед відомих математичних і фізичних моделей безпроводових мереж інформаційних вузлів виділяються геометричні моделі, які дозволяють успішно вирішувати ряд складних технічних питань, що виникають на стадіях проектування, монтажу і експлуатації [1]. Так квадратна модель зручна для представлення в евклідовому конфігураційному просторі БСМ до складу якої входять однотипні інформаційні вузли. Використання гексагональної моделі БСМ дозволяє планувати оптимальні енергоефективні шляхи переміщення інформації. Використання геометричних моделей у вигляді планарних графів, всі внутрішні області яких є трикутники, дозволяє досліджувати параметри сигналів інформаційних вузлів, зокрема їх силу. Це дозволяє успішно передбачити, виявляти та локалізувати ряд

атак на БСМ, особливо небезпечними серед яких вважають атаки червоточини.

Використання у геометричних моделях безпроводових мереж інформаційних вузлів чотириточкових симплексів у вигляді ромбів передбачає трансформацію плоских елементів геометричної моделі у тримірні об'єкти і дозволяє візуалізувати величину зміни параметру сигналу інформаційного вузла [2]. Реалізувати таку візуалізацію можна методами стаціонарних і рухомих сигнальних точок. Метод стаціонарних сигнальних точок дозволяє організувати спостереження за параметрами сигналів необмеженої кількості інформаційних вузлів і особливо ефективний для аналізу сили сигналів при оцінюванні залишкової енергії ІВ з автономним живленням [3, 4]. За умов реалізації методу рухомих сигнальних точок геометрія симплекса змінюється в результаті зміни параметрів сигналів одного або декількох інформаційних вузлів тому що фізичні зв'язки, які характеризують параметри сигналів даних інформаційних вузлів, змінюють свою довжину. Зміна довжини фізичних зв'язків приводить до переміщення сигнальних точок які представляють ІВ у евклідовому конфігураційному просторі. Таким чином плоскі чотириточкові симплекси трансформуються у тримірні об'єкти, наприклад у піраміди.

У випадку створення геометричної моделі БСМ з обмеженою кількістю інформаційних вузлів, число яких не кратне чотирьом, наприклад трьом чи п'яти, або при необхідності забезпечити розміщення всіх інформаційних вузлів на кінцях малих осей симплекс-ромбів пропонується використовувати спосіб еталонних сигнальних точок [5, 6]. Для спрощення контролю за зміною параметрів сигналів інформаційних вузлів, що утворюють безпроводову мережу використовують кластерну модель розміщення сигнальних точок. Основою такої моделі є правильний шестикутник для побудови якого використовують вісімнадцять ІВ [7, 8]. Розроблений на основі кластерної моделі спосіб фіктивних сигнальних точок дозволяє оцінювати одночасну зміну параметрів сигналів ІВ, сигнальні точки яких розміщені в одному кластері.

Формування цілей статті. Розробка критеріїв вибору і алгоритму побудови геометричних моделей БСМ за умов врахування числа об'єктів мережі, їх розміщення у просторі і завдань, які необхідно вирішувати з допомогою побудованих моделей.

Основна частина. Типовою задачею для БСМ до складу яких входять інформаційні вузли з автономним живленням є оцінювання залишкової енергії джерел живлення. Як зазначено вище, для вирішення цієї задачі рекомендовано використовувати метод стаціонарних сигнальних точок, який реалізують на чотирьох точковій

симплексній геометричній моделі. Вказану модель можна створювати для мереж з довільною кількістю ІВ. Якщо для утворення наступного симплекса у мережі не вистарчає інформаційних вузлів, або їх розміщення у просторі не дозволяє утворити новий чотириточковий симплекс під час побудови геометричної моделі мережі використовують спосіб еталонних сигнальних точок.

Для створення геометричної моделі БСМ, яка нараховує вісімнадцять інформаційних вузлів доцільно використовувати кластерну модель. При меншій кількості інформаційних вузлів для побудови кластера рекомендовано використовувати еталонні сигнальні точки. При цьому мінімальна кількість реальних ІВ у кластері повинна забезпечувати наявність хоча б одного реального інформаційного вузла у кожному симплексі, який можна виділити у конфігурації кластера. Аналіз будови вісімнадцяти точкового шестикутного кластера показує, що мінімальна кількість реальних ІВ для його побудови рівна шести. При цьому всі сигнальні точки, які представляють у кластері реальні ІВ повинні знаходитися у вершинах внутрішнього шестикутника і характеризуватись п'ятьма функціональними зв'язками. Якщо число ІВ мережі перевищує вісімнадцять, але за кількістю і розміщенням у просторі не дозволяє створювати кластер, модель доповнюють окремими чотирикутними симплексами приєднуючи їх до кластера вершинами або сторонами.

Геометричну модель БСМ, кількість інформаційних вузлів якої дозволяє утворити два і більше кластери, будують за принципом самоподібності, який є основою побудови різного виду геометричних структур у фрактальній геометрії. Залежно від геометричних характеристик територій, поверхонь чи об'єктів на яких розміщені БСМ з великою кількістю ІВ, їхні геометричні моделі ділять на лінійні і площинні. Лінійні або ланцюгові геометричні моделі утворюють шляхом приєднання сусідніх кластерів вершинами або сторонами зовнішніх шестикутників. В результаті розбудови лінійної геометричної моделі зі спільними сторонами зовнішніх шестикутників з'являються сигнальні точки які характеризують шістьма фізичними зв'язками, що на порядок ускладнює аналіз можливих варіантів організації взаємних зв'язків між ІВ і в деяких випадках створює додаткові труднощі для програмування і аналізу роботи мережі (рис. 1).

Уникнути вказаного недоліку дозволяє побудова геометричної моделі зі спільними вершинами зовнішніх шестикутників (рис. 2).

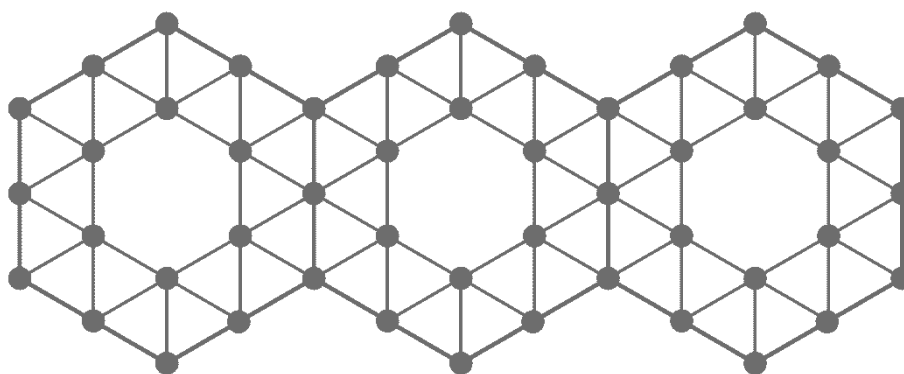


Рис. 1. Лінійна (ланцюгова) модель безпроводової мережі інформаційних вузлів зі спільними сторонами зовнішніх шестикутників

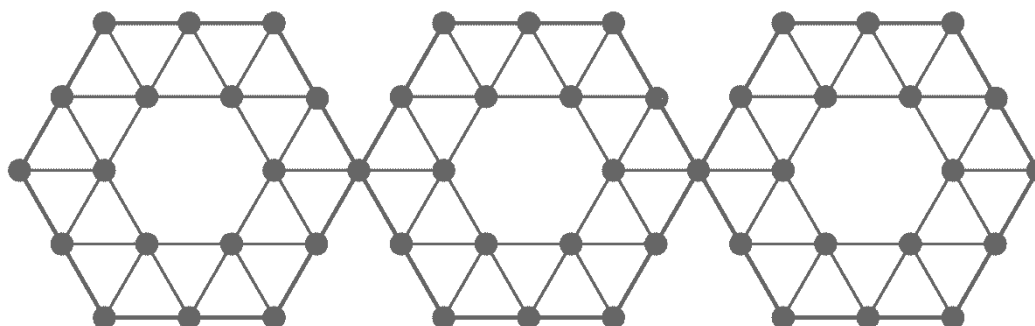


Рис. 2. Лінійна (ланцюгова) модель безпроводової мережі інформаційних вузлів із спільними вершинами зовнішніх шестикутників

Площинні геометричні моделі будують використовуючи принцип побудови фрактальних структур типу «сніжинки Коха». При цьому об'єднані сусідні кластери мають спільні сторони зовнішніх обвідних шестикутників, а центри послідовно побудованих кластерів розміщені на спіральній кривій (рис.3). Таку модель можна отримати об'єднуючи попередньо побудовані лінійні моделі зі спільними сторонами зовнішніх шестикутників. В запропонованій геометричній моделі мережі дві третини сигнальних точок характеризуються шістьма функціональними зв'язками. Як сказано вище, це ускладнює процес програмування і аналізу роботи мережі.

Значно зменшити у площинні геометричні моделі кількість сигнальних точок, які характеризуються шістьма функціональними зв'язками, можна використовуючи для її побудови попередньо побудовані лінійні моделі зі спільними вершинами зовнішніх шестикутників. В такому випадку одержують площинну геометричну модель зі зміщеними центрами вісімнадцяти точкових кластерів (рис.3).

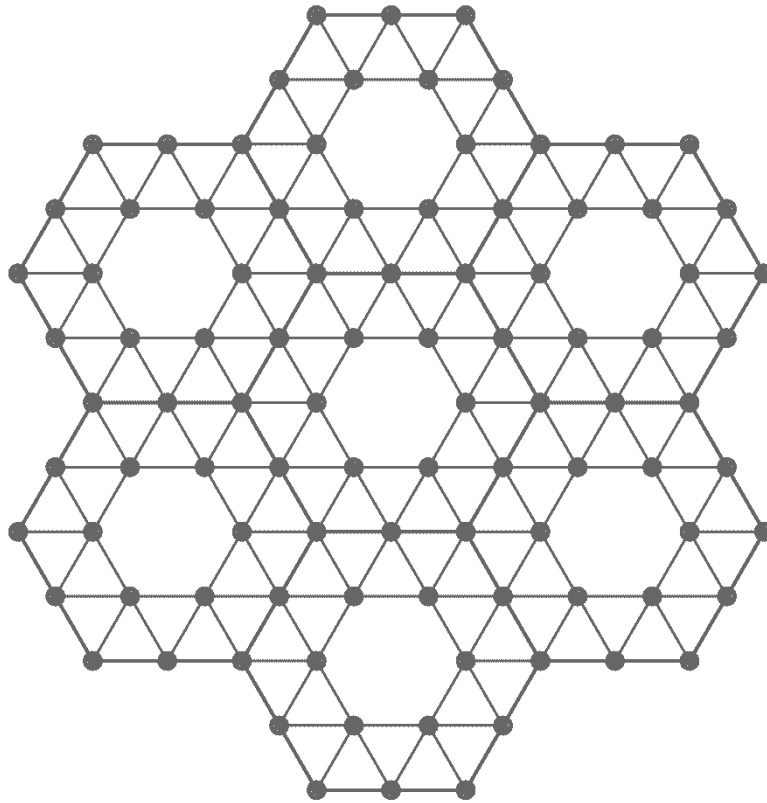


Рис. 3. Площинна модель БСМ зі спіральним розміщенням центрів кластерів

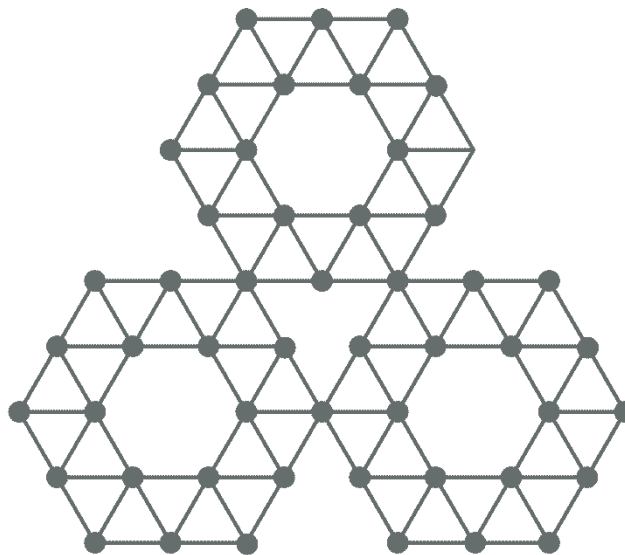
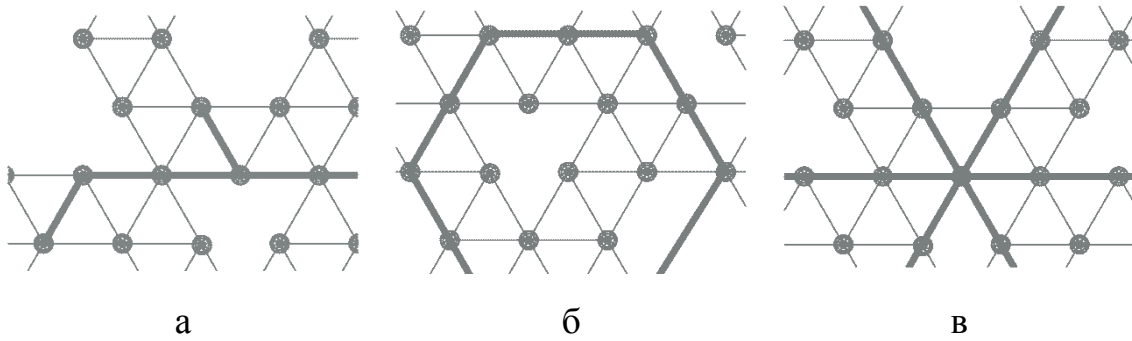


Рис. 4. Площинна модель безпроводової мережі зі зміщеними центрами кластерів

Даний метод об'єднання кластерів БСМ (рис. 4) дозволить, використовувати будь-яку логічну топологію для визначення напрямку потоків інформаційних ресурсів між вузлами БСМ. Зображення накладених існуючих топологій на геометричну модель мережі зображено на рис. 5.



а - топологія шина, б - топологія кільце, в - топологія зірка
Рис. 4. Топологія БСМ

Висновки. Описанні методи геометричного моделювання кластерних систем БСМ дає можливість масштабованості мереж, використання необхідної логічної топології інформаційно-комунікаційних мереж, що є важливими параметрами в само організаційних системах на базі БСМ.

Література

1. Інформаційна безпека в середовищі безпроводових сенсорних мереж: монографія / [Александр М.Б., Балабан С.М., Карпінський М.П. та ін.] – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 160 с. ISBN 978-966-305-054-6
2. Пат. 82896 Україна, МПК Н04W 12/12. Спосіб симплексного моделювання: патент на корисну модель / Чиж В.М., Демчишин О.І., Карпінський М.П., Балабан С.М.; власник патенту Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна), Академія технічно-гуманістична в Бельску-Бялей (Польща). – № и 2012 13971; заявл. 07.12.12; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. – 4 с.Оо.
3. Пат. 103955 Україна, МПК Н04W 12/12. Спосіб візуалізації параметрів сигналів інформаційних вузлів / Александр М.Б., Чиж В.М., Карпінський М.П., Балабан С.М., Карпінський В.М.; власник патенту Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна), Академія технічно-гуманістична в Бельску-Бялей (Польща). – № и 2015 05858 ; заявл. 15.06.15; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 11. – 6 с.
4. Чиж В. Метод стаціонарних сигнальних точок як засіб аналізу та візуалізації залишкової енергії інформаційних вузлів у безпроводових сенсорних мережах з автономним живленням / В. Чиж, М. Карпінський, С. Балабан // Матеріали 15-ї міжнародної науково-практичної конференції, "Прикладна геометрія та інженерна графіка" – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 4. – С. 225 – 232.
5. Чиж В.М. Контроль та візуалізація стану функціональної безпеки

- інформаційних систем із застосуванням безпроводових сенсорних мереж / В.М.Чиж, М.П. Карпінський, С.М. Балабан // Прикладная радиоэлектроника – Х.: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 2013 – Т. 12, № 2. – С. 356 – 362. – ISSN 1727-1290.
6. Пат. 93269 Україна, МПК Н04W 12/12. Спосіб кластерного моделювання безпроводової сенсорної мережі / Чиж В.М., Карпінський М.П., Балабан С.М.; власник патенту Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя (Україна), Академія технічно-гуманістична в Бельску-Бялей (Польща). – № u 2014 03919; заявл. 14.04.14; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18. – 6 с.
7. Моделювання безпроводових сенсорних мереж на підставі кластерів / В.М. Чиж, С.М. Балабан, О.М. Карпінська, В.М. Карпінський // Інформаційна безпека. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. Володимира Даля, 2013. – № 1 (9). – С. 155 – 164. – ISSN 2224-9613.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ УЗЛОВ В ДВУХМЕРНОМ КОНФИГУРАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Балабан С.Н., Чиж В.М.

В работе предлагается алгоритм построения геометрических моделей беспроводных сенсорных сетей в основу которого положен анализ количества информационных узлов в сети и особенностей их реального размещения в пространстве.

Ключевые слова: беспроводная сеть информационных узлов, геометрическое моделирование, симплекс, кластер, евклидово конфигурационное пространство

USING THE PRINCIPLES OF FRACTAL GEOMETRY GRAPHIC REPRESENTATION FOR INFORMATION WIRELESS NETWORK NODES IN THE DIMENSIONAL CONFIGURATION SPACE

Balaban S., Chizh V.

In this paper we propose an algorithm for constructing geometric models of wireless sensor networks which is based on analysis of the number of information nodes on the network features and their actual placement in space.

Keywords: wireless network information nodes, geometric modeling, simplex, cluster configuration euclidean space.