

МАРШРУТИЗАЦІЯ З ГАРАНТОВАНОЮ ДОСТАВКОЮ В 3D БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Стрихалюк Б.М., Климаш Ю.В.

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

E-mail: bogdan_str@ukr.net, mklimash@polynet.lviv.ua

Routing with guaranteed delivery in 3D wireless sensor networks

With both computational complexity and storage space bounded by a small constant, greedy routing is recognized as an appealing approach to support scalable routing in wireless sensor networks. In this research we develop decentralized solutions to achieve greedy routing in 3D sensor networks. Our proposed approach is based on a unit tetrahedron cell (UTC) mesh structure. We propose a distributed algorithm to realize volumetric harmonic mapping of the UTC mesh under spherical boundary condition.

Різні підходи були розроблені для вирішення проблеми локального мінімуму в 2D - мережах, з основним акцентом на межах. Серед всіх алгоритмів маршрутизації, обговорюваних в літературі для 3D сенсорних мереж, Random - Walk є єдиним алгоритмом жадібної маршрутизації з постійно - обмеженим зберіганням і складністю обчислень. Пропоноване нами рішення засноване на комірці тетраедра сітчастої структури. Ми пропонуємо розподілений алгоритм для реалізації об'ємного гармонійного відображення сітки при сферичній граничній умові. Це схема один – до – одного, що дає віртуальні координати для кожного вузла в мережі. Оскільки межа зіставлена з сферою, жадібна маршрутизація на основі вузлів, є завжди успішною. Наскільки нам відомо, це є першою роботою, яка реалізує дійсно детерміновану жадібну маршрутизацію з постійно - обмеженим зберіганням і обчисленнями в 3D сенсорних мережах.

Ми представляємо безпроводну сенсорну мережу за допомогою графа $G(V, E)$, де вершини V позначають вузли датчиків і ребра E позначають лінії зв'язку в мережі.

Простий алгоритм використовується для створення сітки комірок тетраедра, яка починається з будь - якого довільного тетраедра. При видаленні всіх ребер, які перетинають цей тетраедр, алгоритм дає блок комірок тетраедра, що позначається $BKT(A, B, C, D)$. Далі алгоритм розширює його, щоб сформувати інші БКТ-с. Грунтуючись на кожній грані $BKT(A, B, C, D)$, такі як $Face(A, B, C)$, алгоритм шукає загальних сусідів вузлів A, B, C . Нехай E такий загальний сусід. Вершини A, B, C, E утворюють діючий БКТ, тільки якщо він не перетинається з існуючим БКТ-с, не містить будь-яких інших вузлів. Кілька таких вузлів, як E може існувати, і алгоритм довільно обирає один з них, щоб сформувати новий БКТ. Алгоритм повторює цю процедуру доки буде сформовано всі можливі БКТ.

Ми припускаємо, що вузол може створити локальну систему координат

за допомогою локальної інформації про відстані за допомогою стандартних методів [1-3].

Наша мета полягає в тому, щоб дозволити жадібну маршрутизацію від будь-якого джерела до будь-якого вузла призначення в тій чи іншій сенсорній мережі. Більш конкретно, ми прагнемо відобразити довільну мережу 3D сенсора до жадібно досяжної мережі, як визначено нижче: Визначення 1. Мережа називається жадібно досяжною мережею, якщо кожні два вузла в мережі є жадібно досяжними один одному.

Об'ємне вкладення – це процес обчислення схеми між вихідними об'ємними даними і канонічною областю в R^3 .

Для обчислення обсяг моделюється як хмари точок або частина лінійно тетраедної сітки.

$$M = (T, F, E, V, C) \quad (1)$$

де T, F, E, V є множинами тетраедра, триангулярних граней, ребер і вершин в сітці, C – описує зв'язок між ними.

Об'ємне вкладення призначає набір 3D координат кожної вершини в об'ємних даних. Значення функції для довільної точки в об'ємі визначається як інтерполяції значень на чотирьох вершинах, що обводить тетраедр, викликаючи кусочно - лінійне відображення з вихідної об'ємної сітки M до канонічного домену N . Домен N є підмножиною R^3 , і в ідеалі повинен мати правильну форму. В нашому випадку, канонічний домен є суцільна куля, щоб підтримати жадібну маршрутизацію.

Наша мета полягає в побудові віртуальних координат для 3D сенсорної мережі, щоб підтримувати успішну жадібну маршрутизацію.

Віртуальні координати повинні бути відповідні один – до – одного до вузлів датчиків. З цією метою ми вдаємося до об'ємного гармонійного відображення (ОБВ) при сферичній граничній умові. У загальному випадку, функція F є гармонійна, якщо вона задовольняє рівняння Лапласа $\Delta f = 0$.

Для краю e_{ij} , що з'єднує вершини v_i та v_j , вага краю k_{ij} є реальною величиною і визначається наступним чином:

$$k_{ij} = \frac{1}{t} \sum_{m=1}^3 l_m \cot \theta_m, \quad (2)$$

де t - прилеглий тетраедр, θ_m - двогранний кут, l_m - довжина краю до e_{ij} в сітці БКТ.

Ми побудуємо об'ємне гармонійне відображення з методу теплового потоку таким чином, що сітка БТК гомеоморфно (один до одного) зіставлена з суцільною кулею тетраедра в R^3 .

Розглянемо передачу пакета між вузлами S і D . Коли пакет не може знайти шлях до вузла D , він повинен прийти до кордону сфери. Таким чином, на основі жадібно маршрутизація на основі вузла застосовується для переміщення пакета через порожнечу. Кожен раз, коли D стає досяжним, жадібно маршрутизація на основі зовнішньої сторони застосовується знову. Такий процес триває доки пакет не досягне свого вузла призначення.

В запропонованому алгоритмі використовується розподілене сферичне і

об'ємне гармонічне відображення. Після відображення, кожен вузол має свої власні віртуальні координати в 3D - просторі. Було здійснено моделювання запропонованого алгоритму в 3D сенсорних мережах. Фактор еластичності маршруту є відношенням фактичної довжини шляху до найкоротшої. Випадковим чином було вибрано 10000 пар вузлів для розрахунку середнього коефіцієнта еластичності.

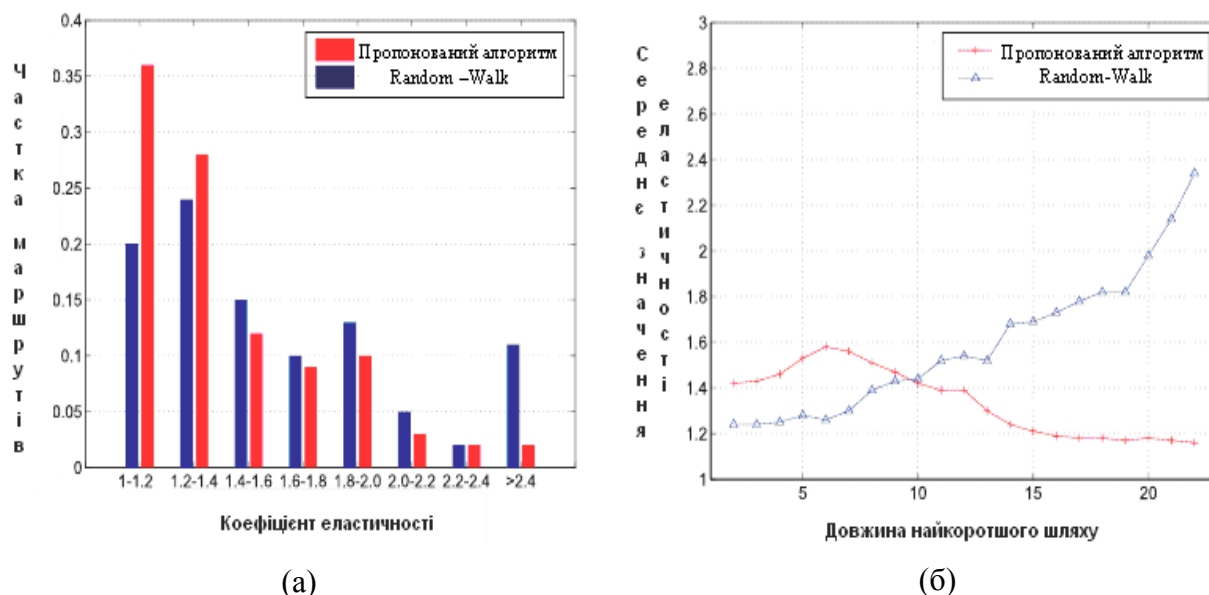


Рис.1. а) Розподіл фактора еластичності, б) Вплив довжини шляху.

Більшість шляхів маршрутизації в рамках запропонованого алгоритму мають низький коефіцієнт еластичності. Наприклад, 70% маршрутів мають коефіцієнт еластичності менше, ніж 1,4. В той час як розподіл після Random – Walk має значний зсув в праву сторону - близько 20% маршрутів, в яких коефіцієнт еластичності 2.0 або вище. (рис.1(a)).

З рис. 1 (б), бачимо, що з збільшенням фактичної довжини шляху між джерелом і пунктом призначення, коефіцієнт еластичності зменшується за нашою схемою.

В роботі було досліджено рішення для досягнення жадібної маршрутизації в 3D сенсорних мережах. Запропонований підхід заснований на блоці комірок тетраедра сіткової структури.

Запропоновано розподілений алгоритм для реалізації об'ємного гармонійного відображення сітки БКТ при сферичній граничній умові. Оскільки межа зіставлена з сферою, жадібна маршрутизації на основі вузлів завжди успішна.

Література

1. X. Bai, C. Zhang, D. Xuan, J. Teng, and W. Jia, "Low-Connectivity and Full-Coverage Three Dimensional Networks," in Proc. of MobiHOC, pp. 145–154, 2009.
2. X. Bai, C. Zhang, D. Xuan, and W. Jia, "Full-Coverage and K-Connectivity (K=14, 6) Three Dimensional Networks," in Proc. of INFOCOM, pp. 388–396, 2009.
3. C. Liu and J. Wu, "Efficient Geometric Routing in Three Dimensional Ad Hoc Networks," in Proc. of INFOCOM, pp. 2751–2755, 2009.