

УДК 519.688

Магістрант Загородній О.І., к.т.н. Замятін Д.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ АРИТ ДЛЯ БЕЗДРОВОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Abstract

Oleksii Zagorodnii, student; Denis Zamyatin, assoc. prof., PhD

Modification of APIT localization algorithm for wireless sensor networks

The wireless sensor networks and range-free localization algorithm APIT are reviewed. Modified version of this algorithm, which is also range-free, and allows location finding for more network nodes is presented. The influence of some network parameters (number of anchor nodes and network area size) on both standard and modified APIT algorithms is studied.

Вступ

Бездротові сенсорні мережі (БСМ) отримали широке застосування в цілому ряді областей, зокрема в моніторингу стану навколишнього середовища, спостереженні за дикими тваринами, військовими об'єктами тощо [1].

БСМ – це розподілена мережа із великої кількості сенсорів, приймачів і передавачів, з'єднаних між собою, звичайно радіоканалом. Елементи БСМ мають невеликі розміри, і для більшості з них координати апріорно не відомі, тому існує необхідність в алгоритмах, які дозволяють вузлам мережі визначити своє місцезнаходження після розгортання. Ці алгоритми розділяють на дві групи: ті, що базуються на вимірюванні абсолютних відстаней чи кутів (range-based), і ті, що не вимагають такої інформації для визначення місцезнаходження (range-free) [2]. Перевагою останніх є те, що для роботи їм достатньо звичайних компактних радіопередавачів.

До алгоритмів range-free належить АРИТ [3], який дозволяє вузлам визначити координати із досить високою точністю, при цьому не перевантажуючи мережу службовими повідомленнями. Основний недолік даного алгоритму проявляється при випадковому розміщенні вузлів мережі, частина яких не може визначити свої координати. В даній статті пропонується модифікована версія існуючого алгоритму, що дозволяє

збільшити кількість вузлів, які можуть визначити своє місцезнаходження після розгортання мережі.

Постановка задачі

Задача полягає в модифікації алгоритму АРІТ з метою збільшення числа вузлів мережі, які можуть визначити свої координати, без використання додаткового обладнання.

Метод розв'язку задачі

Розглянемо алгоритм, який призначено для роботи в гетерогенних бездротових сенсорних мережах з великою кількістю елементів. Такі мережі, крім звичайних, також містять сигнальні вузли, яким відомі їх глобальні координати. Ці вузли обладнані пристроями GPS (Global positioning system), або їх місцезнаходження задано апіорно. Сигнальні вузли повинні мати більш потужні передавачі, ніж звичайні.

Нехай S – множина сигнальних вузлів мережі, а M – множина звичайних вузлів. Базовий алгоритм АРІТ складається з наступних кроків, які виконуються окремо на кожному $M_i \in M$:

1. Перебір комбінацій S , від яких надходить сигнал.
2. Перевірка, чи знаходиться елемент мережі в трикутнику $T_i \in T$, де T – множина трикутників, які формуються сигнальними вузлами.
3. Збір результатів перевірок, виконаних на попередньому етапі, і визначення зони, в якій перетинається найбільше трикутників.
4. Визначення місцезнаходження вузла шляхом встановлення його у центр ваги зони, сформованої на попередньому кроці.

Для того, щоб отримати інформацію про свої координати, елемент мережі повинен знаходитися хоча б в одному з T . Але при випадковому розміщенні вузлів частина з них не може отримати сигнали від достатньої для встановлення свого місцезнаходження кількості сигнальних вузлів.

Для вирішення цієї проблеми в роботі запропоновано модифікацію базового алгоритму. Нехай вузол $N_i \in N$, де N – множина вузлів, що не змогли визначити свої координати. Якщо $N \neq \emptyset$, то виконується другий етап:

1. N_i надсилає сигнал оточуючим елементам, що містить ідентифікатор вузла і лічильник переходів, встановлений в 1.
2. Вузол, що отримав пакет, зберігає інформацію, розміщену у ньому, і передає пакет сусіднім елементам, додаючи до нього свій

ідентифікатор. З кожною передачею до наступного вузла лічильник збільшується на 1. Сигнал розповсюджується по мережі доти, доки не буде перевищено його TTL (Time to live). У тому випадку, коли вузол отримує пакет зі значенням лічильника для певного елемента більшим, ніж у нього збережено, такий пакет ігнорується і далі не передається.

3. Сигнальні вузли $P_i \in P$, де P - множина сигнальних вузлів, до яких дійшли пакети, отримують інформацію про мінімальну кількість переходів до N_i .
4. P_i заповнює мережу своїми пакетами з форматом $\{Id, x_i, y_i, HopCount\}$, де x_i, y_i - глобальні координати. Пакети спочатку надсилаються до тих вузлів, від яких надходила інформація про невідомі елементи, а далі розповсюджуються за тим же принципом, що і на попередньому кроці.

5. Вузли P обчислюють середню довжину переходу за формулою

$$HopSize_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}{\sum_{j \neq i} h_{ij}}, \text{ де } (x_i, y_i), (x_j, y_j) - \text{координати}$$

вузлів P_i та P_j , а h_{ij} - кількість переходів між ними.

6. P надсилають інформацію про мінімальну кількість і середню довжину стрибків, а також свої координати назад, до N .
7. N отримує дані від P . Отримавши інформацію від трьох або більшої кількості сигнальних вузлів, N_i вираховує середню довжину

переходу: $HopSize_{avg} = \frac{\sum HopSize_i}{N}$, де N - кількість сигнальних

вузлів, від яких отримано пакети. Після цього він визначає свої координати, розв'язуючи систему рівнянь виду:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = d_2^2 \\ \vdots \\ (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2 \end{cases},$$

де (x, y) - координати вузла, які необхідно визначити, (x_i, y_i) - координати i -го сигнального вузла, а d_i - відстань від P_i до N_i [4].

Для оцінки ефективності запропонованого алгоритму було розроблено програму, що моделює визначення координат вузлів бездротової сенсорної мережі. Під час моделювання було задано такі параметри: площа розгортання - 200x200 одиниць, кількість звичайних

вузлів – 300, сигнальних вузлів – 30, радіус передачі звичайних вузлів – 15, сигнальних – 70. Для модифікованого алгоритму встановлено TTL, рівний 5. В результаті проведення 1000 ітерацій виявилось, що базовий алгоритм АРІТ дав змогу визначити місцезнаходження в середньому $64 \pm 6,87\%$ вузлам мережі, а модифікований – $79 \pm 5,89\%$.

Порівняння результатів роботи двох алгоритмів в залежності від зміни параметрів мережі наведено на Рис.1 і 2.

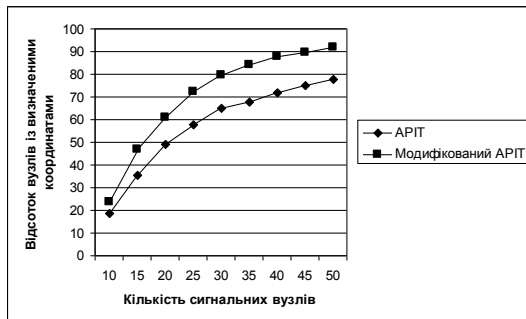


Рис. 1. Залежність результатів роботи алгоритмів від кількості сигнальних вузлів

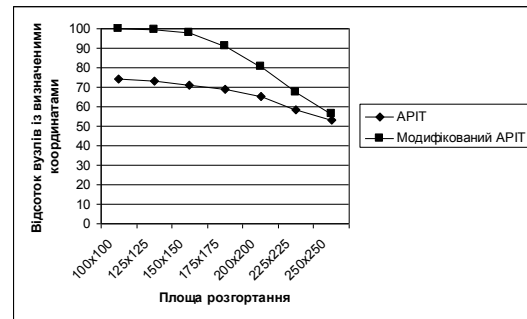


Рис. 2. Залежність результатів роботи алгоритмів від площі розгортання мережі

Висновки

Модифікований алгоритм визначення координат елементів у бездротових сенсорних мережах дозволяє збільшити кількість вузлів, які можуть визначити своє місцезнаходження. Основним його недоліком є те, що він вимагає додаткових обчислень у порівнянні з базовим АРІТ. Тому в подальшому було б доцільно провести докладне дослідження можливості створення комбінації двох етапів алгоритму.

Література

1. *Kay Romer, Friedemann Mattern* – The Design Space of Wireless Sensor Networks // IEEE Wireless Communications v11 i6, 2004. – P. 54-61.
2. *Hongyang Chen, Kaoru Sezaki, Ping Deng, Hing Cheung So* – An Improved DV-Hop Localization Algorithm with Reduced Node Location Error for Wireless Sensor Networks // IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Volume E91-A, Issue 8, 2008. – P. 2232-2236.

3. *Tian He, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, Tarek Abdelzaher* – Range-Free Localization Schemes for Large Scale Sensor Networks // International Conference on Mobile Computing and Networking. Proceedings of the 9th annual international conference on Mobile computing and networking, 2003. – P. 81-95.
4. *Dragos Niculescu, Badri Nath* – DV Based Positioning in Ad Hoc Networks // Kluwer journal of Telecommunication Systems, vol. 22, 2003. – P. 267-280.