

Дослідження алгоритмів для визначення місцезнаходження сенсорів в бездротових сенсорних мережах

Наталія Процах
Кафедра комп'ютерних наук,
Національний лісотехнічний університет України,
Кафедра обчислювальної математики і програмування,
Національний університет «Львівська політехніка»,
Львів, Україна,
protsakh@nltu.edu.ua

Олександр Семенюк
Кафедра комп'ютерних наук,
Національний лісотехнічний університет України,
Львів, Україна,
olexandr.semeniuk@gmail.com

Research on algorithms for determining the location of sensors in wireless sensor networks

Nataliia Protsakh
dept. of Computer Sciences,
Ukrainian National Forestry University,
dept. of Computational Mathematics and Programming,
Lviv Polytechnic National University
Lviv, Ukraine
protsakh@nltu.edu.ua

Olexander Semenyuk
dept. of Computer Sciences,
Ukrainian National Forestry University,
Lviv, Ukraine
olexandr.semeniuk@gmail.com

Анотація – проведено дослідження методів та алгоритмів визначення розташування вузлів у бездротових сенсорних мережах. Запропоновані алгоритми дозволяють визначити відстані між вузлами та їхнє позиціонування з різною точністю. Ці алгоритми будуть використані у програмному застосунку для моделювання позиціонування вузлів у безпроводній сенсорній мережі для отримання статистичних вихідних даних: визначення відстані, мінімальної, максимальної та середньої похибки оцінки координатних вузлів, стандартного відхилення похибки.

Abstract – a study of methods and algorithms for determining the location of nodes in wireless sensor networks was carried out. The proposed algorithms make it possible to determine the distances between nodes and their positioning with different accuracy. These algorithms will be used in a software application for modeling the positioning of nodes in a wireless sensor network to obtain statistical output data: determination of distance, minimum, maximum and average errors of coordinate node estimation, standard deviation of the error.

Ключові слова— сенсор, бездротові сенсорні мережі, позиціонування, алгоритм

Keywords— sensor, wireless sensor networks, positioning, algorithm

I. ВСТУП

З кожним днем, все більше уваги приділяється бездротовим сенсорним мережам (БСМ) - розподіленим, самоорганізованим мережам, які складаються з пристроїв (nodes), об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Пристрої, до складу яких входять датчики (sensor),

дозволяють реєструвати всю необхідну інформацію і передавати її в базу даних головного комп'ютера. БСМ можна застосовувати для визначення характеристик навколишнього середовища: властивостей ґрунту, повітря тощо. Тому одним із основних завдань розгортання БСМ є визначення місцезнаходження нодів [1-6]. Існують два способи вирішення цієї задачі: обладнати всі ноди GPS модулем, або використовувати обмежену кількість таких вузлів для визначення координат, решта вузлів без GPS модулів. Перший спосіб доволі витратний, а другий стає неможливим у важкодоступних місцях, або в місцях, небезпечних для життя людини. В будь-якому випадку необхідно розробляти програмне забезпечення, яке в режимі самоорганізації вирішувало би цю задачу.

Одним з методів розв'язування задачі є метод трилатерації, який використовує інформацію про відстані між вузлами. Тому основна задача цієї роботи - створити програмний продукт, який давав би можливість оцінити похибки у визначенні координат нодів з використанням цього методу при розгортанні реальних БСМ.

II. АЛГОРИТМИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ВУЗЛАМИ

Трилатерація – метод визначення абсолютних або відносних положень точок шляхом вимірювання відстаней до точок з відомими значеннями координат.

RSSI (Received Strength Signal Indication) –метод, який полягає в індикації рівня прийнятого сигналу. Усі бездротові канали зі стандартом IEEE 802.15.4 мають протокольну функцію оцінки якості зв'язку (Link Quality Indicator), яка займається визначенням потужності прийнятого сигналу. В ідеальних умовах потужність є

обернено пропорційна до значення квадрату відстані. Цей метод є не дуже точним проте не потребує додаткових пристроїв чи витрат енергії. Для пристроїв, що працюють за стандартами Wi-Fi і Bluetooth 4.0, RSSI є єдиним методом, що дозволяє виміряти відстань від пристрою до базової станції або маяка. Рівняння для обчислення відстані (за межами ближньої зони передавача) має вигляд

$$P_d = P_0 - 10 * n * \lg \lg \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (1)$$

d - відстань від пристрою до передавача, м; d_0 - відстань від пристрою до точки, на якій виконувалось вимірювання потужності сигналу P_0 пристрою, м (вибрано одиничну (калібровану) відстань, наприклад, 1 м) ; P_0 - потужність сигналу пристрою, виміряна на одиничній відстані d_0 від пристрою, dBm; n - коефіцієнт втрат потужності сигналу при розповсюдженні в середовищі, безрозмірна величина (для повітря $n = 2$; збільшується за наявності перешкод); P_d - RSSI, dBm.

TOA (Time of Arrival) – метод, який полягає в надсиланні тимчасових міток від одного вузла до іншого. Відстань між вузлами обчислюється шляхом визначення різниці між отриманою часовою міткою та часом отримання сигналу. Мінусом цього підходу є необхідність точної синхронізації годинників на вузлах. Цей метод є точніший ніж RSSI, проте потребує додаткових витрат енергії. Відстань можна виміряти за формулою

$$d = (T_s - T_r) * V \quad (2)$$

d – відстань між передавачем і приймачем, м; T_s – час відправки сигналу, с; T_r – час прийому сигналу, с; V – швидкість поширення радіосигналу, дорівнює швидкості світла $c = 3 * 10^8$ м/с.

Метод RTT (Round Trip Time або Return Time of Arrival) є модифікацією алгоритму TOA. Алгоритм RTT має кращу точність результатів, ніж TOA, проте вимагає від нодів вміння надсилати і приймати сигнал. Відстань розраховується на підставі часу, необхідного для надсилання сигналу до ноди і приймання від нього відповіді. Метод RTT не вимагає синхронізації годинників на вузлах, проте споживає більше енергії ніж TOA і потребує більше часу для визначення відстані. Алгоритм визначення часу поширення сигналу зображений на рис. 1.

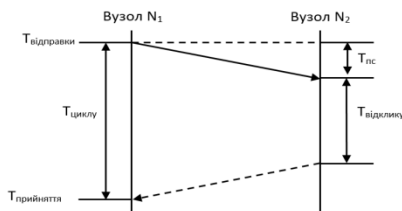


Рис.1. Метод RTT

Час поширення сигналу ($T_{пс}$) визначається з формули

$$T_{пс} = \frac{(T_{циклу} - T_{відклику})}{2} \quad (3)$$

III. ТРИЛАТЕРАЦІЯ

Трилатерація є процесом визначення положень точок шляхом вимірювання відстаней, з використанням геометрії кіл, сфер або трикутників.

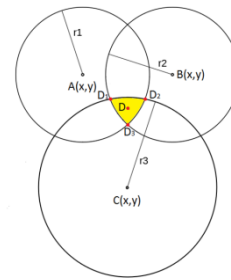


Рис.2. Трилатерація

Перетини кіл

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = r_i^2, \quad i = 1, 2, 3, \quad (4)$$

визначають краї області, де може знаходитися нод. Знайшовши координати точок D_1, D_2, D_3 , визначаємо точку D , як середньо віддалену від цих точок. Проте, бувають випадки коли одна із знайдених точок знаходиться досить далеко від реальної позиції ноди, хоча й задовольняє всі вимоги. Тому її використання при обчисленні рівновіддаленої точки призведе до значної похибки. В розробленому алгоритмі визначення точки D знаходиться центр скупчення точок, що дає змогу позбутися помилкових точок. Цей метод не вимагає великої кількості точок для покращення точності.

IV. ВИСНОВОК

Розглянуто методи, які будуть використані у програмному застосунку для моделювання визначення відстані між вузлами. Наведено опис трилатерації як основного методу визначення координат точки на основі трьох відомих координат. Використання цих методів в програмному продукті дасть можливість провести попереднє моделювання процесу позиціонування нодів в БСМ при розгортанні реальних мереж та оцінити похибки визначення координат.

Література References

- [1] K. C. Ho, X. Lu, and L. Kovavisaruch, "Source localization using TDOA and FDOA measurements in the presence of receiver location errors: analysis and solution," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 55, no. 2, pp. 684–696, Feb. 2007.
- [2] M. R. Gholami, S. Gezici, E. G. Ström, and M. Rydström, "A distributed positioning algorithm for cooperative active and passive sensors," in Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Sep. 2010.
- [3] A. A. D'Amico, U. Mengali, and L. Taponecco, "TOA estimation with the IEEE 802.15.4a standard," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 9, no. 7, pp. 2238–2247, Jul. 2010.
- [4] A. F. Molisch, Wireless Communications. Piscataway, NJ: IEEE Press/Wiley, 2005.
- [5] H. Wymeersch, J. Lien, and M. Z. Win, "Cooperative localization in wireless networks," Proc. IEEE, vol. 97, no. 2, pp. 427–450, Feb. 2009.
- [6] S. Gezici, "A survey on wireless position estimation," Wireless Personal Communications (Special Issue on Towards Global and Seamless Personal Navigation), vol. 44, no. 3, pp. 263–282, Feb. 2008.