

ГІБРИДНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ВУЗЛІВ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Кашуба С.В., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: kashubasv@gmail.com

Hybrid Localization Method for Wireless Sensor Network Nodes

Wireless sensor network applications require node localization. In some scenarios, explicit node positioning (e.g. GPS) is not possible. In a case of sparse nodes placement or nodes mobility distance oriented localization methods lose robustness. To cope with increased equipment complexity of angle oriented localization methods we propose hybrid approach. Distance and angle measurements are provided by nodes of different type and used after exchange for each node positioning.

Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) складаються з великої кількості автономних вузлів, що призначені для оперативного збору та передачі даних про фізичне середовище. Інформація про координати окремих вузлів є дуже важливою для БСМ оскільки застосування таких мереж часто пов'язано з моніторингом великих ділянок місцевості або відслідковуванням рухомих об'єктів. Крім того, деякі енергоефективні протоколи маршрутизації базуються на використанні інформації про просторове розміщення елементів мережі [1]. Безпосереднє визначення координат кожного окремого вузла мережі (наприклад, з допомогою вбудованого GPS приймача) може бути проблематичним через конструктивні обмеження вузлів або неможливість надійного прийому від супутників позиціонування.

Більшість алгоритмів позиціонування вузлів БСМ використовує абсолютні координати невеликої кількості точок (анкери) та вимірювання відносного розташування між рештою вузлів (внутрішнє позиціонування). Абсолютні позиції анкерних вузлів можуть бути визначені за допомогою глобальної системи позиціонування або при розгортанні мережі, якщо такі вузли є стаціонарними [2].

Існує декілька базових математичних методів визначення взаємного положення вузлів на площині з використанням [3]:

- напрямку (азимут) відносно двох точок з відомими координатами;
- відстані від трьох точок з відомими координатами;
- відстані та напрямку відносно однієї точки.

Відстань між вузлами БСМ може бути визначена через затримку прибуття сигналу (Time of Arrival), різницю часу прибуття (Time Difference of Arrival), потужність прийнятого сигналу (Received Signal Strength). Напрямок розташування відносно іншого вузла в БСМ може бути визначено за допомогою направлених антенних систем. Такі системи можна реалізувати завдяки компактним (декілька елементів) фазованим антенним решіткам [4]. Вимушене ускладнення вузла та збільшення його габаритів є значним

обмеженням для алгоритмів позиціонування, що використовують інформацію про напрямок розміщення сусіднього сенсора.

Серед реалізацій визначення взаємного розміщення вузлів БСМ слід виділити метод відстані до трьох точок з використанням потужності прийнятого сигналу. Метод гарантує певну точність визначення координат та є простим в реалізації: функції виміру рівня прийнятого сигналу вже вбудовані у сучасні радіомодулі, а точність перевершує методи на основі топології мережі. Проте, модель розповсюдження радіосигналу може давати неточні оцінки відстані в нестійких реальних умовах поширення сигналу. Інше обмеження - необхідність досить щільного розташування вузлів (принаймні 3 сенсори в радіусі передачі).

Визначення координат на основі напрямку розташування одних вузлів відносно інших вимагає менше опорних точок, але пов'язано з технічним ускладненням сенсорів. У такій ситуації постає питання можливості використання гібридного підходу.

У основі запропонованого рішення лежить одночасне використання інформації про відстань та напрям розміщення сусідніх вузлів. Проте, для зменшення вартості мережі функції вимірювання відстані та напрямку розділені між вузлами різних типів. Таким чином мережа складається з сенсорів, що можуть визначити відстань до сусідніх вузлів у зоні радіозв'язку, та з вузлів, що володіють інформацією про просторовий напрямок розміщення сусідів.

На рис.1 приведено ілюстрацію фрагменту БСМ, та послідовність взаємодії вузлів для визначення їх координат. Вузли S1 та S3 можуть визначити відстань до сусідів, а вузол S2 азимут їх розташування відносно своєї позиції. Вузли розміщені так, що відстань між S1 та S3 перевищує радіус радіозв'язку та визначення відстані. Прийmemo, що вузол S1 є анкерним і володіє інформацією про власні точні координати (приймач GPS).

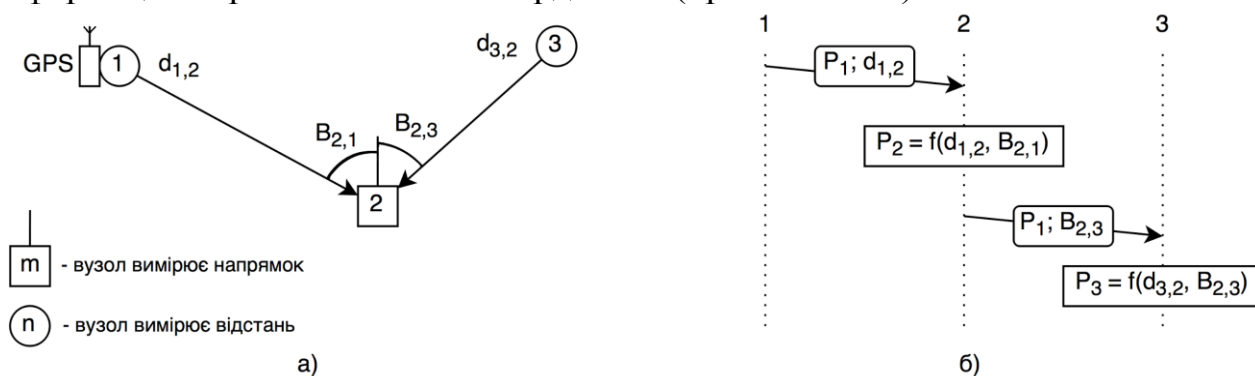


Рис.1 Фрагмент мережі з вузлами різного призначення а); послідовність поширення інформації про координати вузлів.

На першому етапі відбувається вимірювання інформації про розташування сусідніх вузлів. Таким чином S1 визначає відстань до S2, S2 - азимуту розміщення вузлів S1 та S3, а S3 - відстань до S2. Далі відбувається обмін виміряною інформацією між вузлами та поширення вже відомих координат вузлів. S2 отримує координати опорного S1 та відстань до нього,

чого разом з власними вимірюваннями є достатньо для визначення абсолютних координат. Аналогічно, S2 передає напрямок свого розміщення та визначені координати до S3.

У залежності від типу сусідніх вузлів та їх кількості алгоритм поширення координат від опорних вузлів може відрізнятися для певних фрагментів мережі. Наприклад, у випадку щільного розміщення вузлів з вимірюванням відстані, мережа може використовувати метод відстані до трьох точок.

Хоча принцип реалізації описаного методу є досить простим, його практичне використання потребує ряду досліджень. По-перше, ефективність методу залежить від співвідношення кількості вузлів різних типів. Вірогідно, що для випадків випадкового та систематичного розміщення вузлів кількість вузлів може визначатися різними способами. По-друге, фізичні характеристики вузлів різного типу можуть відрізнятися. Наприклад, вузли вимірювання напрямку мають направлену антенну систему, що дозволяє при тій же потужності збільшити радіус передачі порівняно з вузлами вимірювання відстані.

Запропонований гібридний метод визначення координат вузлів БСМ може використовуватися в умовах низької щільності розміщення сенсорів, коли в радіусі радіоканалу знаходиться лише один чи декілька сусідніх вузлів, або в умовах рухомих сенсорів (мобільні БСМ), коли важко гарантувати досяжність необхідної кількості опорних вузлів для методів локалізації по відстані.

Література

1. Hu L. Localization for mobile sensor networks / L. Hu, D. Evans // In Proceedings of the 10th annual international conference on Mobile computing and networking, pp. 45–57. ACM, 2004.
2. Mao G. Wireless sensor network localization techniques / G. Mao, B. Fidan, B. Anderson // Computer Networks, 51(10), pp. 2529 – 2553, 2007.
3. Chaczko Z. Methods of sensors localization in wireless sensor networks / Z. Chaczko, R. Klempous, J. Nikodem, M. Nikodem // In Engineering of Computer-Based Systems, 2007. ECBS'07. 14th Annual IEEE International Conference and Workshops, pp. 145–152. IEEE, 2007.
4. Kulakowski P. Angle-of-arrival localization based on antenna arrays for wireless sensor networks / P. Kulakowski, J. Vales-Alonso, E. Egea-Lopez, W. Ludwin, J. Garcia-Haro // Computers & Electrical Engineering, 36(6), pp. 1181–1186, 2010.