

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ МІЖ ОБ'ЄКТАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Дуднік А.С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

На сьогоднішній день у всьому світі усе більш пильну увагу привертають до себе «безпроводні сенсорні мережі» ("Sensor Networks", далі просто сенсорні мережі). Поняття «Сенсорна мережа» з'явилося порівняно недавно (кілька років тому) але на сьогоднішній день є вже повністю сталим терміном (Sensor Network), що означає розподілену, таку, що самоорганізовується, стійку до відмови окремих елементів мережу, що складається з великого числа малогабаритних і дешевих напівпровідникових приладів, що обмінюються інформацією по безпроводному каналу зв'язку, не обслуговуються і не вимагають спеціальної установки. Кожен пристрій може містити різні датчики фізичних параметрів середовища (рух, світло, температура, вологість, тиск і так далі), а також засоби для первинної обробки і зберігання отриманих даних. Кількість об'єктів в такій мережі теоретично визначається лише сферою застосування і бюджетом, і завдяки низькій ціні окремих пристроїв (порядку декілька доларів і нижче) може бути дуже велике (порядку декілька тисяч і вище).

Ключові слова: безпроводна сенсорна мережа, вузол, якір, похибка, локалізація, zigbee.

Постановка проблеми. Однією з актуальних задач є визначення місця розташування окремих об'єктів мережі. Неодмінною умовою при експлуатації будь-яких систем моніторингу та контролю є прив'язка даних, зібраних всією системою до географічних координат для відображення зібраної інформації на карті і подальшого аналізу. Крім того, така мережа (на відміну від традиційних радіомереж) за наявності вбудованої підсистеми позиціонування окремих об'єктів може бути розгорнута практично де завгодно з мінімальними витратами. Це може бути зроблено, наприклад, шляхом розкидання об'єктів мережі з літака.

Крім прив'язки отриманих мережею даних в процесі роботи до карти місцевості, інформація про координати об'єктів буде необхідна в процесі функціонування самої мережі (побудова ефективних з точки зору енергоспоживання алгоритмів маршрутизації, збір отриманих даних).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дослідження інформаційно-вимірвальних систем, в тому числі і дослідженням технологій моделювання, управління і взаємо-

дії комп'ютеризованих систем вимірювання механічних величин, присвячено роботи сучасних вчених Кваснікова В.П., Орнадського Д.П., Осмоловського А.І., а також роботи Геєра Д., Ірвіна Дж., Лієрі Дж., Рошана П., Столлінгса В., Харля Д. та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Даний підхід до формування мережі дозволяє адаптувати сенсорні мережі до вирішення надзвичайно широкого спектру завдань. Зокрема одним з основних застосувань сенсорних мереж є створення різних систем моніторингу і контролю. Слід чекати, що в недалекому майбутньому сенсорні мережі займуть значно ширшу нішу серед наявних телекомунікаційних технологій, які використовують безпроводний радіозв'язок.

У зв'язку з цим аналіз алгоритмів визначення координат об'єктів в сенсорній мережі стає актуальним завданням.

Мета статті. Проведення порівняльного аналізу існуючих алгоритмів локалізації об'єктів та можливих джерел інформації про географічне місце розташування об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Системи локалізації можуть бути розділені на три відмінні компоненти:

1. Оцінка відстані або кута: цей компонент відповідальний за оцінку інформації відстаней і/або кутів між двома вузлами. Така інформація використовуватиметься іншими компонентами системи локалізації.

2. Обчислення позиції розташування: цей компонент відповідальний за обчислення позиції вузла, заснованої на доступній інформації відстаней/кутів і позицій вузлів довідкової інформації.

3. Алгоритм локалізації: це – основний компонент системи локалізації. Він визначає, яким чином наявна інформація буде оброблятися, з тим щоб всі або майже всі вузли БСМ оцінили свої позиції.

На рисунку 1 зображено складовий розподіл компонент. Крім того, що дидактичні точки зору, значення такого поділу на компоненти приходить, як ми побачимо, з необхідністю визнати, що фінальний виступ локалізації системи безпосередньо залежить від кожного з цих компонентів.

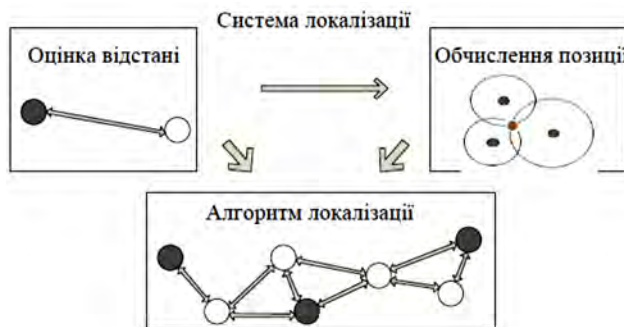


Рис. 1. Компоненти системи локалізації: оцінка відстань/кут, обчислення позиції розташування та алгоритм локалізації

Крім того, кожен компонент має свою власну мету і методи рішення. Їх можна розглядати як під області локалізації проблеми, які повинні бути окремо проаналізовані та вивчені. Стрілки вказують на залежність відносини, тобто потік інформації від одного компонента до іншого [1].

Методи визначення координат. Отримана оцінка відстані/кута, ідентифікує відстань або кут між двома вузлами. Такі оцінки складають важливий компонент систем локалізації, тому що їх використовує обчислення позиції, а також алгоритмом локалізації.

Можуть використовуватися різні методи, для щоб оцінити таку інформацію. Деякі з них дуже точні, але з додатковою вартістю на обладнання, тоді як інші менш точні, але вже доступні на більшості вузлів.

У наступних розділах будуть вивчені деякі з основних методів, використовуваних системами локалізації, щоб оцінити відстані/кути. Ці методи включають RSSI, ToA/TDoA, AoA, і діапазон комунікації.

Метод визначення координат на основі вимірювання потужності сигналу. Найбільш простим методом визначення дальності до вузла є індикація рівня прийнятого сигналу (Received Strength Signal Indication, RSSI). RSSI – в телекомунікації, пристрій для вимірювання рівня потужності

сигналу. Найпростіші схеми розробляються, щоб прийняти вхідний сигнал і сформувати аналогову вихідну напругу (або відповідний цифровий код, отриманий після подачі цієї напруги на АЦП), пропорційне потужності прийнятого сигналу. Можна використовувати даний показник, щоб оцінити відстань до передавача (від стільникових телефонів – до базової станції).

Як правило, сигнал вимірюється на проміжних частотах перед підсилювачем (наприклад, у стільникових телефонах і інших GSM-пристроях). У пристроях, які працюють без використання проміжних частот, вимірювання ведеться на основній частоті [2].

Будь-який безпроводний канал за стандартом IEEE 802.15.4 має протокольну функцію оцінки якості зв'язку (Link Quality Indicator), дія якого зводиться до визначення потужності прийнятого сигналу. Результат цього виміру можна вивести, відкалібрувати по відомій відстані і оцінити дальність до джерела.

Як зображено на рисунку 2, вузол посилає сигнал з певною силою, яка зменшена, оскільки цей сигнал розмножений. Чим більше відстань до вузла одержувача, тим нижче потужність сигналу, у вузлі отримувачі.

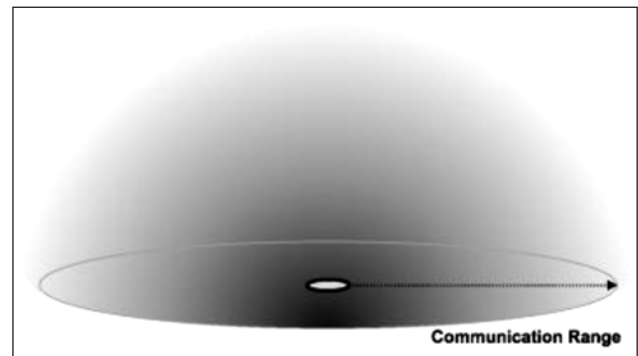


Рис. 2. Зменшення потужності сигналу. Сигнал посилають з певною потужністю, яка зменшується, теоретично, пропорційно з довжиною відстані

Втрати на трасі при розповсюдженні найкраще описуються моделлю втрат на трасі вільного розповсюдження. Модель втрат на трасі вільного розповсюдження припускає, що передавальна антена є ізотропною, тобто, передавач випромінює енергію з рівною інтенсивністю у всіх напрямках, і немає ніяких об'єктів на трасі розповсюдження між передавачем і приймачем, які могли б блокувати сигнал або створювати умови для його відображення. Також передбачається, що середовище передачі не поглинає енергію.

Потужність, прийнята приймальною антеною в моделі вільного простору визначається за формулою Фрісса для вільного простору [3]:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2 L} \quad (1)$$

де P_t – передана потужність, $P_r(d)$ – прийнята потужність, яка є функцією відстані між передавачем і приймачем, G_t – посилення передавальної антени, G_r – посилення приймальної антени, λ – довжина хвилі сигналу, d – це відстань між передавачем і приймачем і L – коефіцієнт втрат системи, не пов'язаних з розповсюдженням.

Можна бачити, що потужність прийнятого сигналу назад пропорційна квадрату відстані між передавальною і приймальною антенами. Отже, якщо відстань між передавачем і приймачем збільшується, потужність сигналу, що приймається, зменшується. Рівняння 1 може бути записано у такому вигляді:

$$P_r(d) = \left(\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2 L} \right) \left(\frac{d_0}{d} \right)^2, \quad (2)$$

де d_0 – гранична відстань для дальньої області антени. Втрати на трасі, $PL(d)$ – це ослаблення сигналу між передавальною і приймальною антенами і визначається як:

$$PL(d) = \frac{P_t}{P_r(d)}, \quad (3)$$

$$PL(d) = \left(\frac{(4\pi d_0)^2 L}{G_t G_r \lambda^2} \right) \left(\frac{d}{d_0} \right)^2. \quad (4)$$

Цьому методу властивий ряд істотних обмежень, оскільки рівень сигналу є дуже мінливим параметром із – за впливу наступних чинників:

- швидкі і повільні затухання сигналів на трасі за зміни умов поширення радіохвиль;
- багатопроменеве поширення, внаслідок віддзеркалень від різних металевих предметів; розкид вихідної потужності передавачів і чутливості приймачів;
- вплив орієнтації антен за нерівномірності діаграми спрямованості.

Також даний метод, як і інші, має певні переваги і недоліки. Основна перевага – низька ціна,

тому що більшість одержувачів здатна до оцінки отриманої сили сигналу.

Недолік цього методу – те, що це дуже підпорядковано спотворенням і втручанням, що призводить до вищих погрішностей на оцінках відстані. Деякі експерименти, помилки показу від 2 до 3 м. у сценаріях, куди усі вузли поміщені в поле площини, 1,5 м від основи, і з діапазоном комунікації 10 м [4].

Хоча RSSI показує деякі результати в моделюваннях і експериментах, його використання в реальних застосуваннях не завжди оправдане. Але, розглядаючи його низьку ціну, використання даного методу має певні переваги. При використанні складних і точних пристроїв (наприклад, з кращими передавачами) RSSI є найбільш доступною технологією оцінки відстані з точки зору вартості/точності.

Висновки і рекомендації. Проведено порівняльний аналіз методів та алгоритмів локалізації з використанням наступних компонентів систем локалізації: оцінка відстані/кута, обчислення позиції та алгоритм локалізації.

Вибір методу оцінки відстані між вузлами в системі локалізації є важливим коефіцієнтом, який впливає на продуктивність системи. Зазвичай, щоб оцінити точне розташування вузла потрібно використовувати принаймні три оцінки відстані. Але з іншої сторони, якби тільки точність таких методів була важлива, то ми могли б тільки використовувати TDoA, у якому є найнижчі помилки. Але коефіцієнти, такі як розмір і вартість (в термінах апаратних засобів, процесора, і енергії) вузлів мають також бути враховані.

Список літератури:

1. Boukerche A., Nakamura E. Localization systems for wireless sensor networks. IEEE Wireless Communications Special Issue on Wireless Sensor Networks, 2007. – P. 6–12
2. He T., Huang C., Blum B. Range-free localization schemes for large scale sensor networks // In MobiCom '03: Proceedings of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, New York, 2011, ACM Press, New York. – P. 81–95.
3. Derivation of Friis Transmission Formula [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.antenna-theory.com/basics/friis.php>. The Friis Equation – Назва з титул. екрану.
4. Savvides A., Han C., Strivastava M. Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors // In 7th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, Italy, 2010. – P. 166–179.

Дудник А.С.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

Аннотация

На сегодняшний день во всем мире все более пристальное внимание обращают на «беспроводные сенсорные сети» ("Sensor Networks", далее просто сенсорные сети). Понятие «Сенсорная сеть» появилось сравнительно недавно (несколько лет назад), но на сегодняшний день является уже полностью постоянным сроком (Sensor Network), что означает распределенную, такую самоорганизующейся стойку к отказу отдельных элементов сеть, состоящая из большого числа малогабаритных и дешевых полупроводниковых приборов, обмениваются информацией по беспроводному каналу связи, необслуживаемые и не требуют специальной установки. Каждое устройство может содержать различные датчики физических параметров среды (движение, свет, температура, влажность, давление и т.д.), а также средства для первичной обработки и хранения полученных данных. Количество объектов в такой сети теоретически определяется только сферой применения и бюджетом, и благодаря низкой цене отдельных устройств (порядка несколько долларов и ниже) может быть очень велико (порядка несколько тысяч и выше).

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, узел, якорь, погрешность, локализация, zigbee.

Dudnik A.S.

Kyiv National Taras Shevchenko University

ANALYSIS OF METHODS OF MEASURING THE SURFACES BETWEEN OBJECTS BY SUPERPERSONAL NETWORKS

Summary

To date, "wireless sensory networks" ("Sensor Networks", hereinafter referred to as sensory networks) attract more and more attention all over the world. The concept of "Sensor Network" appeared relatively recently (several years ago), but to date there is already a completely constant term (Sensor Network), which means distributed, self-organizing, resistant to the failure of individual elements of the network consisting of a large number small and cheap semiconductor devices that exchange information over a wireless communication channel, are not serviced and do not require a special installation. Each device can contain various sensors of physical parameters of the medium (motion, light, temperature, humidity, pressure, etc.), as well as means for the primary processing and storage of the received data. The number of objects in such a network is theoretically determined only by the scope and budget, and due to the low price of individual devices (about a few dollars and below) can be very large (about a few thousand and above).

Keywords: wireless sensor network, node, anchor, error, localization, zigbee.