



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **70948** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
H04W 64/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2011 15709	(72) Винахідник(и): Власова Вікторія Олександрівна (UA), Зеленін Анатолій Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 30.12.2011	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.06.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2012, Бюл.№ 12	

(54) СПОСІБ ПОЗИЦІЮВАННЯ ВУЗЛІВ У ПОЛЬОВИХ ZigBee МЕРЕЖАХ

(57) Реферат:

Спосіб позиціювання вузлів у польових ZigBee мережах включає визначення відстані між вузлами і базовими станціями(БС). Кожна базова станція оснащена мотами - вузлами ZigBee мережі. При широкомовній передачі пілот-сигналів від БС визначають рівень прийнятого пілот-сигналу мотами мережі та додатковими мотами. Визначають за технологією RSSI відстані від інших БС до додаткових мотів БС. Базові станції перераховують, усереднюють та порівнюють з точними відстанями за технологією ToF. Визначають величини додаткового загасання. Коректують відстані від БС до мотів.

UA 70948 U

Корисна модель належить до способів позиціонування вузлів польової ZigBee мережі - бездротової сенсорної мережі (БСМ) і може бути використана в мережах моніторингу та контролю для визначення місцезнаходження вузлів сенсорної мережі - мотів.

Відомий спосіб позиціонування, заснований на визначенні місця розташування вузла за рівнем сигналу від базової станції (БС) або від сусідніх вузлів - RSSI (Received Signal Strength Indication - Індикація сили прийнятого сигналу). [1. Srinivasan K. RSSI is Under Appreciated [Електронний ресурс]/ K. Srinivasan, Ph. Levis// Department of Electrical Engineering and Department of Computer Science, Stanford University, Stanford, CA.-2005.-5 С. Режим доступу: <http://www.eecs.harvard.edu/emnets/papers/levisEmnetsO6.pdf>], який використовується для позиціонування у ZigBee мережах.

RSSI технологія встановлює місце розташування об'єкта, визначаючи відстані до БС за потужністю прийнятого пілот-сигналу від БС при відомій потужності переданого по загасанню за час розповсюдження.

Величина загасання визначається як:

$$A = k \cdot \lg\left(\frac{4\pi df}{c}\right), \quad (1)$$

де k - коефіцієнт ослаблення сигналу (для вільного простору $k=20$); d - відстань між джерелом і приймачем сигналу, f - частота сигналу (у ZigBee $f=2,4$ ГГц), c - швидкість світла.

З(1) можна виразити відстань від джерела сигналу (БС) до мота:

$$d = \frac{c}{4\pi f} \cdot 10^{\frac{A}{k}}. \quad (2)$$

Звідси, знаючи відстані від всіх БС - А, В и С, місце розташування мота визначається, як точка перетину кіл, радіус яких визначається відповідною відстанню.

Координати мота є рішенням системи рівнянь:

$$(x_m, y_m) = \begin{cases} d_A^2 = (x_A - x_m)^2 + (y_A - y_m)^2 \\ d_B^2 = (x_B - x_m)^2 + (y_B - y_m)^2, \\ d_C^2 = (x_C - x_m)^2 + (y_C - y_m)^2 \end{cases} \quad (3)$$

де d_i - відстань до i -ої БС, x_m, y_m - шукані координати мота, x_i, y_i - координати i -ої БС.

Для однозначного визначення місця розташування у двох координатах достатньо трьох БС; збільшення числа БС підвищує точність визначення координат.

Даний спосіб дозволяє відносно просто і достатньо точно визначити локальні координати об'єктів, або (при заданих глобальних координатах на БС) шляхом рішення системи рівнянь (3) отримати глобальні координати об'єктів. Простота реалізації алгоритму робить його застосування ефективним у рамках використання на простих обчислювальних системах критичних до енергозбереження.

Недоліком даного методу є недостатня точність визначення місця розташування при щільному розміщенні об'єктів невеликих габаритів, що характерно для ZigBee мереж. Також, даному способу притаманний ряд суттєвих обмежень, оскільки рівень сигналу є непостійним параметром через вплив наступних факторів:

- швидкі та повільні завмирання сигналів на трасі через зміну умов розповсюдження радіохвиль;
- багатопроменеве розповсюдження внаслідок відбиття від різних металевих предметів;
- дисперсія вихідної потужності передатчиків і чутливості приймачів;
- вплив орієнтації антен через нерівномірність діаграми спрямованості.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого способу є спосіб позиціонування вузлів у бездротових сенсорних мережах технології RSSI за рахунок застосування $(n+1)$ БС (де n - мінімально необхідна кількість БС), в яких додатково встановлені моти, однотипні тим, що використовуються в мережі. Тоді аналогічно позиціонуванню мотів за технологією RSSI проводиться взаємне позиціонування БС: по черзі n БС у широкоповному режимі розсилають пілот-сигнали, а i -а БС приймає сигнали на встановлений у ній мот, який оцінює відстані до кожної БС по (2) [Пат. України № 65765: МПК H04W 64/00, опубл. 12.12.2011, бюл. № 23.-6 с.].

Недоліком даного способу є відсутність методів захисту від впливу багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

Технічною задачею запропонованого способу є підвищення точності позиціонування технології RSSI та реалізація здатності протидіяти помилкам, що виникають внаслідок багатопроменевого розповсюдження радіохвиль, при цьому, не ускладнюючи апаратну и програмну частини мота.

Ця задача вирішена наступним чином. У способі позиціонування вузлів у польових ZigBee мережах, що заснований на визначенні відстані між вузлами і базовими станціями (БС), шляхом визначення величини загасання прийнятого пілот-сигналу, при відомому рівні переданого, згідно з корисною моделлю, при $n+1$ БС, де n - мінімально необхідна для позиціонування кількість БС, кожна БС оснащена чотирма мотами - вузлами ZigBee мережі, що однотипні використовуваним у мережі, які розташовуються на вершинах квадрата зі стороною $10 \cdot \lambda$, де λ - довжина хвилі радіосигналу, при цьому при ширококомовній передачі пілот-сигналів від БС визначається рівень прийнятого пілот-сигналу не тільки мотами мережі, а й додатковими мотами, що встановлені на БС, причому визначені за технологією RSSI відстані від інших БС до додаткових мотів БС, що позиціонується, БС перераховують у відповідності з положенням цієї БС, усереднюють та порівнюють з точними відстанями, що визначаються по технології ToF, після чого, шляхом визначення величини додаткового загасання, коректуються відстані від БС до мотів.

На кресленні зображено орієнтовне розміщення БС - А, В, С і D, відстані між БС, що позиціонується - А, та БС, що позиціонують - В, С і D та додаткові моти БС.

Розглянемо більш детально спосіб, що пропонується.

В основу корисної моделі поставлено спосіб підвищення точності позиціонування технології RSSI за рахунок застосування $(n+1)$ БС (де n - мінімально необхідна кількість БС), в яких додатково встановлені по чотири мота, однотипні тим, що використовуються в мережі. Додаткові моти розташовуються на вершинах квадрата зі стороною $10 \cdot \lambda$, де λ - довжина хвилі радіосигналу (для мереж ZigBee з частотою 2,4 ГГц $\lambda = 12,5$ см).

Тоді аналогічно позиціонуванню мотів за технологією RSSI проводиться взаємне позиціонування БС: по черзі n БС у ширококомовному режимі розсилають пілот-сигнали, а i -а БС приймає сигнали на встановлені у ній додаткові моти, які оцінюють відстані до кожної БС по (2) (креслення). Отримані відстані перераховуються у відповідності з положенням БС, що позиціонується, й усереднюються. Використання на БС, що позиціонується, додаткових мотів, аналогічних мотам мережі, виключає появу помилки (розбіжності у рівнях прийнятого пілот-сигналу) через відмінності характеристик приймачів мота і БС. Просторове рознесення мотів на БС у горизонтальній площині дозволяє зменшити вплив багатопроменевого характеру розповсюдження радіохвиль та, як наслідок, є ефективним методом боротьби з завмираннями.

Для реалізації способу БС необхідно знати точні відстані між БС. Для цього використовується метод ToF [2. Lanzisera S. RF Time of Flight Ranging for Wireless Sensor Network Localization [Електронный ресурс]/ S. Lanzisera, D. T. Lin, K. S. J. Pister// Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISE'06). - June 2006.-12 p. - Режим доступу: http://www.eecs.berkeley.edu/slanzise/research/rf_tof_ranging_dist.pdf]. Для відкритого простору точність даного способу складає десятки сантиметрів (при кількості ітерацій виміру > 35), що в порівнянні з методом RSSI у десятки разів вище. Також, з огляду на те, що ітерації виміру між БС проводяться без участі мотів, даний спосіб є енергоефективним з точки зору загальної енергетики мережі.

Порівняння точних d_T та локальних d_L (що визначаються за технологією RSSI) відстаней від n БС до i -ої дозволяє визначити величину додаткового загасання для реального середовища розповсюдження Δ для кожної БС, яка залежить від відстані до відповідної БС. Додаткове загасання розраховується на БС:

$$\Delta = \frac{k \cdot \lg\left(\frac{d_L}{d_T}\right)}{\lg\left(\frac{4\pi d_L f}{c}\right)}. \quad (4)$$

Відкоректовані (уточнені) відстані:

$$d_k = d_L \cdot \left(\frac{4\pi f}{c}\right)^{\frac{-\Delta}{k}}. \quad (5)$$

Корекція відстані дозволяє компенсувати похибку визначення відстані від мотів у напрямку до БС, що виникає внаслідок збільшення загасання сигналу на трасі. Додаткове загасання у реальному середовищі може бути наслідком наявності перешкоди, кліматичних умов, неізотропності середовища розповсюдження і т.д.

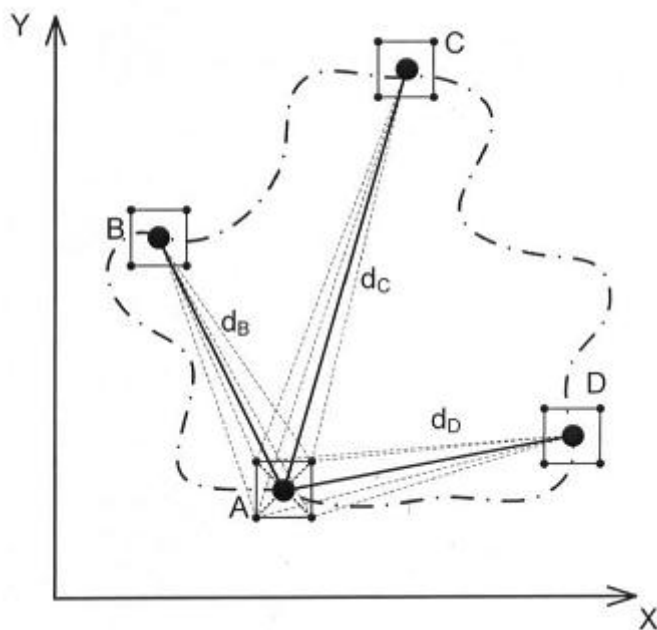
У зв'язку з тим, що передбачається, що всі особливості поширення радіохвиль у напрямку від i -ої БС до решти рівномірні у секторах, отриманих шляхом розбиття мережі на околиці БС, то доцільно коригування локальних відстаней, що розраховані для відповідної БС.

Аналогічно і для решти БС.

- Суть корисної моделі пояснюється тим, що локальне позиціонування кожної БС відносно інших БС за технологією RSSI та порівняння з точним позиціонуванням по методу ToF дозволяє виявити й зменшити систематичну похибку, що виникає внаслідок поширення радіохвиль у реальному фізичному середовищі, шляхом корекції відстаней. А в зв'язку з тим, що для взаємного позиціонування БС використовується додаткові моти, аналогічні використуваним в мережі, істотно зменшується похибка внаслідок різноманітності характеристик приймачів. Просторове рознесення додаткових мотів зменшує вплив багатопроменевого розповсюдження радіохвиль і його наслідків. Отже, використання запропонованого способу підвищує точність визначення координат в польовій ZigBee мережі за технологією RSSI.
- Таким чином, автори досягли рішення поставленої технічної задачі шляхом створення способу позиціонування вузлів у польових ZigBee мережах.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб позиціонування вузлів у польових ZigBee мережах, що заснований на визначенні відстані між вузлами і базовими станціями (БС), шляхом визначення величини загасання прийнятого пілот-сигналу, при відомому рівні переданого, який **відрізняється** тим, що при $n+1$ БС, де n - мінімально необхідна для позиціонування кількість БС, кожна БС оснащена чотирма мотами - вузлами ZigBee мережі однотипні, тим що використовуються у мережі, які розташовуються на вершинах квадрата зі стороною 10λ , де λ - довжина хвилі радіосигналу, при цьому при ширококомвній передачі пілот-сигналів від БС визначається рівень прийнятого пілот-сигналу не тільки мотами мережі, а й додатковими мотами, що встановлені на БС, причому визначені за технологією RSSI відстані від інших БС до додаткових мотів БС, що позиціонується, БС перераховують у відповідності з положенням цієї БС, усереднюють та порівнюють з точними відстанями, що визначаються по технології ToF, після чого, шляхом визначення величини додаткового загасання, коректуються відстані від БС до мотів.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601