

Анализ на методи за позициониране в свръхшироколентови радио мрежи

Михаил Илиев, Иванка Цветкова, Димитър Радев

Analysis methods for positioning in UWB networks: In this paper it is consider some of the methods for positioning in wireless sensor networks. TDoA doesn't require synchronization to accurately measure time of flight like ToA and it is more effective than RSSI. By combining TDoA and trilateration it is obtained improving the accuracy of the positioning.

Key words: Angle of Arrival, Received Signal Strength, Time Difference of Arrival, UWB

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните няколко години локализацията в безжичните сензорни мрежи става все по-популярна. Точното локализиране, което използва възможностите на възлите, може да увеличи производителността. Локализирането е от голямо значение, когато става на въпрос за високо качествени услуги, понеже се базира на алгоритмите, отнасящи се до свързаните възли и сензорното управление. Ако системата е изградена да отговаря на промените в данните, трябва да се знае мястото на тези промени. В много случаи безжичните сензорни мрежи се използват за локализация, например оборудване за проследяване в складове или производствени логистики, подпомагане на пътници в неравностойно положение на летища, подпомагане на полицаи, пожарникари и войници в спасителни мисии и т.н. В статията се прави сравнителен анализ на съществуващите методи за позициониране в безжични сензорни мрежи.

СВРЪХШИРОКОЛЕНТОВИ БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ

Свръхшироколентовите (СШЛ) сензорни радиомрежи дават нови перспективи за позициониране в населени места и идентификация в късообхватни граници. Техните предимства идват от голямата широчина на лентата, която може да е до няколко GHz, в зависимост регламента на страната. С по-ниските честоти, включени в СШЛ спектъра, става възможно гледането в или през неметални материали и обекти. Това е много важно за приложения като вътрешна навигация и наблюдение, обектно разпознаване и обработка на изображения, откриване и проследяване на лица през стени и т.н. СШЛ сензорите запазват своите предимства – висока точност и експлоатация, дори в среда с пространствено разпространение на сигналите. Разпределеното наблюдение дава възможност за откриване и локализация на пасивни обекти и идентификация на определени характеристики на обекта като форма, динамични параметри и времевариращо поведение.

Всичко това прави СШЛ обещаваща основа за автономната навигация на мобилните сензорни възли – например маневрени роботи – в непозната или дори враждебна среда, която може да възникне в резултат на спешна ситуация. В този случай СШЛ може да помогне за разпознаването на опасни ситуации като повредени стени, да се намери затрупан жив човек, груба проверка на цялостта на строителни конструкции, и т.н.

Цялостната интерференция в СШЛ системите може да бъде намалена посредством използване на по-малък брой възли. Тези възли би трябвало да са разположени на стратегически позиции, понеже те обхващат голям район и осигуряват пълна видимост на околната среда. В този случай приемащи възли могат да изчисляват собствената си позиция по отношения на възлите с известни координати чрез прилагане на времевата разлика на пристигане (ВРП) или свързани превдообхватни методи, които изискват поне един допълнителен синхронизиран възел с известни координати.

Главният източник на грешка при локализацията в сензорните мрежи е разпространението при непряка видимост (PNV). PNV между възлите с известни координати може да бъде избегнато чрез правилен избор на позицията им и подбран избор на свързаните възли. Допълнително грешката при локализация с подвижен сензор може да се намали, ако останалите сензори са групирани [5].

ПОЗИЦИОНИРАНЕ В БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ

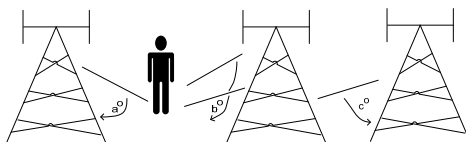
Безжични локални мрежи (БЛМ) могат да се използват за локализиране на обекти. Това е и един от най-точните методи, като силата на сигнала показва високо пространствени вариации, а БЛМ хардуера е лесно програмируем за тази цел. Очевидно БЛМ не са конструирани за целите на позиционирането. Въпреки това измерванията на силата на сигнала на предадените сигнали между точките за достъп или станциите показват позицията на мобилния потребител. Съществуват две разновидности на тези технологии. Първата използва моделът за разпространение на сигнала и информация за геометрията на сградата за преобразуване на силата на сигнала за измерване на разстоянието. Като се знаят координатите на точките за достъп на БЛМ, методът на трилатерацията може да се използва за изчисляване на позицията на мобилния потребител. Втория вид подход за позициониране в БЛМ мрежите е известен като „идентифициране на местоположението“. Основната идея, заложена в този подход, е определянето на параметрите на измерения радиосигнал, влияещи върху механизма за определяне местоположението на обектите. Използвайки тази технология може да се достигне точност от няколко метра. В БЛМ позиционно зависещия параметър е индикаторът за силата на получения сигнал (ИСПС) на точките за достъп или мобилния потребител [3]. Все по-често БЛМ системи за позициониране се използват за определяне на местоположение в закрити помещения или в центъра на града, където тази мрежа е разположена.

Позиционирането в безжичните сензорни мрежи се базира на посоката или обхвата на сигнала. Системата, които се позиционират чрез посоката на търсения обект определят пристигащия сигнал чрез множество от обекти с известни координати. Теоретично такива измервания на посоката на пристигане ограничават местоположението на търсения обект върху линия в очакваната посока. Пресечната точка на две такива линии дава очакваната позиция на търсения обект. В действителност крайни наблюдаващи интервали, ефекти от пространственото разпространение, отношението сигнал/шум и геометрията увеличават грешката в позиционните системи, определящи посоката [5]. Това предполага, че трябва да се направят повече от две измервания на посоката на пристигане, за да се получи недвусмислена оценка на позицията. В обхватно базираните подходи оценяващия показател е функцията на разстоянието между търсения обект и обектите с известни координати. Някои обхватно базирани техники могат да се класифицират като базирани на силата на пристигащия сигнал (СПС), а други като времево базирани подходи. В базираните на силата на пристигащия сигнал подходи разстоянието между два обекта е изчислено чрез измерване на напрежението на пристигналия сигнал в един обект, разчитащ на модела на загубите по пътя. Едно измерване определя окръжност, върху която се намира търсения обект и поне три измервания са необходими, за да се определи недвусмислено позицията [4]. Координатите на търсения обект се изчисляват чрез използване на триангулационния /трилатерационния метод. Измерването на силата на пристигащия сигнал не изисква големи разходи, от както повечето от радио модулите осигуряват оценка на силата на пристигащия сигнал. Алгоритмите базирани на СПС локализацията са много чувствителни към фактори от околната среда като шум, сила на предаване и загуби по пътя [1,7].

Времево базираните подходи зависят от измервания на времето за пристигане

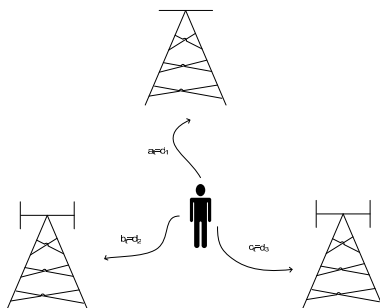
на сигналите между обектите. Измерването на времето за пристигане (ВП) на сигналите, разпространяващи се с пряка видимост, е равно на разстоянието между предавателя и приемника разделено на разпространяването на скоростта на сигнала. Отново най-често е използван триангулационния метод за изчисляване на позицията на търсения обект. Времевата оценка обикновено е повлияна от адитивния шум и ефектите на пространственото разпространение на сигналите. Изпълнението на времево базираните подходи е ограничено от ефективната широчина на лентата на сигнала [4].

Популярните методи на обхватното оценяване са ъгъл на пристигане (ЪП), времевата разлика на пристигане и индикатор за силата на пристигналия сигнал. Ъгъла на пристигане включва измервания на ъгъла, в който пристига сигналът в базовата станция или сензора. Ако няма пряка комуникация между базовите станции и сензора, свързаността на мрежата може да се използва за обхватно оценяване [2]. На фиг. 1 е представена техниката ЪП, където a° , b° , c° са ъглите на пристигащите сигнали в трите антени.



Фиг. 1 Принцип на подхода ъгъл на пристигане

На фиг. 2 е илюстриран подходът времева разлика на пристигане, където разстоянията d_1 , d_2 и d_3 се изчисляват чрез разликата във времената на пристигащите сигнали, съответно a_1 , b_2 и c_3 . ВП измерва времето за пристигане на сигнала и изчислява разстоянието на базата на времето за предаване на сигналите и скоростите.



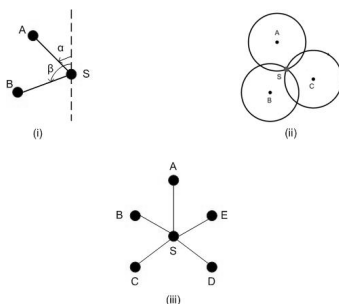
Фиг. 2 Логическа схема на прилагане на подхода с времева разлика на пристигане

Тези методи могат да се приложат към много различни видове сигнали като радио честотните, акустичните, ултразвуковите и т.н. ВП има недостатъци в сравнение с ВРП, тъй като закъснението и разпространението при непряка видимост може да доведат до грешки. ВП изисква синхронизация за правилно измерване на времето за пристигане на сигнала. ИСПС изчислява разстоянието на базата на предадените и получени нива на мощност и модела на радио разпространението. Последния главно се използва с радио честотни сигнали. Поради пространствения фадинг в откритата околна среда обхватното оценяване с ИСПС може да не е точно. ЪП е атрактивен метод, поради простотата на последващите изчисления

(триангулация). Точно измерване може да не се постигне и чрез методът ЪП, ако сензорът е заобиколен от обекти, внасящи допълнителен шум [2]. Измерването на ъгъла на пристигане изисква сензорите или базовите станции да бъдат оборудвани с различни антени, които могат да бъдат твърде скъпи, съответно това води до висока цена на цялата мрежа. Ако сензорът не може да получи сигнали от достатъчно базови станции (≥ 2 за ЪП, ≥ 3 за ВП, ВРП и ИСПС) никога от предните техники няма да работи с необходимата точност. В този случай свързаността на мрежата може да се използва за обхватно оценяване. DV-hop, DV-разстояние и Евклидовия са трите обхватни метода за тази категория. DV-hop и DV-разстояние изискват скъп хардуер за изчисляване на най-късия път [2]. Евклидовия метод оценява разстоянието на сензорите до базовите станции на базата на разстоянието на два негови съседа, разстоянието между съседите и разстоянието от съседите до базовата станция. Евклидовия алгоритъм използва основна тригонометрия за изчисляване на разстоянието до базовата станция. Всеки сензор трябва да изпълни Евклидовия алгоритъм два пъти за две двойки от съседни сензори, които недвусмислено определят обхвата си до която и да е базова станция [2].

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОЗИЦИЯТА ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА ЪГЪЛА ИЛИ НА ОБХВАТА

Триангулацията, трилатерацията и мултилатерацията са трите техники за комбиниране на обхватните и ъглови методи.



Фиг. 3 Техники обединяващи обхватни и ъглови подходи: (i) триангулация, (ii) трилатерация, (iii) мултилатерация

Както е показано на фиг. 3 (i) ако ъглите (α и β) до базовите станции A и B са известни, позицията на търсения обект S е, където линиите получени от измерванията при A и B се пресекат. За прилагане на подхода ъгъла на пристигане се изискват поне две базови станции. Трилатерацията изчислява пресечната точка на три окръжности, както е показано на фиг.3 (ii). Ако обхвата до всяка базова станция е неточен, трите окръжности могат да не се пресекат в една точка. При мултилатерацията се използва обектна функция, целяща намаляване на разликата между очакваната позиция и реалната позиция на сензора. Съгласно схемата представена на фиг.3 (iii), за изчисляване на координатите (x , y) на търсения обект S може да се използва следната формула:

$$\min \sum_i (D_{S_i} - \hat{D}_{S_i})^2, \quad (1)$$

където реалната позиция на обекта D_{S_i} , може да се представи посредством:

$$D_{S_i} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, \quad (2)$$

а \hat{D}_s , е очаквания обхват на S за $i, i=A,B,C,D,E$.

Прилагането на тази техника води до значително увеличаване на точността, но за сметка на това изисква и по-големи инвестиции. Както при трилатерацията, така и при мултилатерацията се изискват поне три базови станции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършеният сравнителен анализ на методите за позициониране показва следните резултати:

- Методите базирани на обхвата на сигнала са по-точни от методите за измерване ъгъла на сигнала, но тяхното прилагане е затруднено от повишените изисквания към хардуера на измерителната система. Това води до увеличаване на разходите за изграждане на мрежата и времето за изчисляване на позицията.
- Определяне на времето на пристигане на сигнала е по-ефективно от определяне на силата на пристигания сигнал, защото се премахва необходимостта от специализирани антени при системите за позициониране.
- Недостатък на подхода за определяне на времето за пристигане на сигнала е необходимостта от синхронизация на измерването, която се премахва при използване на времевата разлика на пристигания сигнал.

По отношение бъдещите изследвания трябва да се използва комбинация от методите базирани на обхвата на сигнала и измерване на ъгъла на сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Илиев, Цветкова И, Бенчева Н., Радев Д.. Симулация на алгоритъм за позициониране на обекти в сензорни мрежи. Научни трудове на Русенски университет, том 48, серия 3.2, Русе, 2009, с. 42 – 47

[2] Cheng X., A. Thaeler, G. Hue, D. Chen, TPS: A Time-Based Positioning Scheme for Outdoor Wireless Sensor Networks

[3] Li B., J. Salter, A. G. Dempster, C. Rizos, Indoor Positioning Techniques Based on Wireless LAN

[4] Manikas A., Y. I. Kamil, P. Karaminas, Positioning in Wireless Sensor Networks using Array Processing

[5] Patwari N., J. N. Ash, S. Kyperountas, I. A. O. Hero, R. L. Moses, N. S. Correal, Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks, IEEE Signal Processing Magazine, 2005

[6] Thomä R.S., O. Hirsch, J. Sachs, R. Zetik, UWB Sensor Networks for Positioning Location and Imaging of Objects and Environments

[7] Whitehouse K., C. Karlof, and D. Culler, A practical evaluation of radio signal strength for ranging-based localization, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2007.

За контакти:

доц. д-р Михаил Илиев, Катедра “Комуникационна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 673, e-mail: miliev@uni-ruse.bg

маг. инж. Иванка Цветкова, Катедра “Комуникационна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg

проф. д-тн. Димитър Радев, Катедра “Комуникационна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 673, e-mail: dradev@abv.bg

Докладът е рецензиран.