Изследване влиянието на броя на сензорните модули върху точността на локализиращите алгоритми в БСМ

Иванка Цветкова

Investigation of the influence of the number of sensor nodes on the accuracy of the localization algorithms in WSN: *In this paper it is investigated the influence of the number of sensor nodes on the accuracy of the most widely used localization algorithms in the modern wireless sensor networks (WSNs). In the Introduction section it is presented the WSN and the localization of the sensor nodes. The second section of the paper presents some general characteristics of the investigated localization algorithms. The next chapter of the paper presents the parameters of the simulation models, which I use for evaluation of the influence of the number of sensor devices on the accuracy of the localization algorithms and the results of the conducted experiments. The paper is then completed by the conclusion section, followed by the acknowledgment and references sections.*

Key words: *wireless sensor networks, localization algorithms, number of sensor nodes.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на комуникационните и компютърните системи позволи тяхното приложение в множество нови области и постави нови предизвикателства и проблеми пред телекомуникационните мрежи. Едно от приложенията на тези две науки е в разработването и използването на миниатюрни мобилни устройства с възможности за наблюдение и измерване на определени параметри на околната им среда и предаването на получената от измерванията информация посредством безжични радио интерфейси [6, 7]. Потенциалните области на приложение на тези устройства са неограничени – следене на застрашени животински видове, системи за охрана или ранно предизвестяване, системи за следене на определени химични агенти или биологични показатели, военни цели, следене на моторни превозни средства, придвижване на хора и т. н. [9, 10]. Въпреки различните им характеристики и предназначение, сензорните устройства изграждат безжични телекомуникационни мрежи, които имат определени предимства и недостатъци спрямо традиционните мрежи. Едно от големите предимства и потенциално широко приложение на безжичните сензорни мрежи (БСМ) е локализацията и следенето на различни обекти. Това им свойство е също и изискване за ефективното функциониране на мрежата, когато се прилагат подходите за йерархично и директно маршрутизиране на данните, тъй като ефикасността на тези подходи зависи от географското местоположение на устройствата. В зависимост от предназначението на мрежата се различава и информацията, която се предава между устройствата в нея. Това прави агрегирането на данните от множество сензори изключително полезно и може да се подобри точността на измерванията. Разбира се, агрегирането на информацията от сензорите се осъществява на база на определени техни параметри, като това най-често е географското или относителното им местоположение. Съвместното обработване и използване на информацията от група сензори, позволява по-ефективно използване на индивидуалните ресурси на всяко от устройствата, в следствие на което може да се постигне намаляване на потреблението на честотна лента, което пък ще доведе до по-ефективно изразходване на енергията в мрежата и ще увеличи нейната експлоатационна продължителност. Едни от най-големите предизвикателства пред алгоритмите за локализация в БСМ е да се намери оптималното отношение между точност на измерванията при локализирането и консумацията на ресурсите на индивидуалните устройства в мрежата (техните енергия, комуникационни и изчислителни ресурси) [3].

СИНТЕЗ НА АЛГОРИТМИ ЗА ЛОКАЛИЗИРАНЕ В БСМ

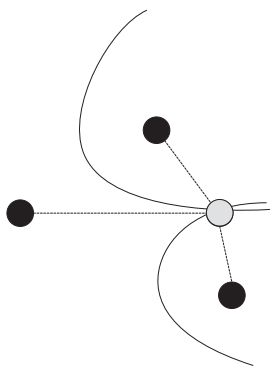
В [4] се анализират и изследват някои от широко разпространените локализиращи алгоритми в БСМ, включително мултилатерацията. За симулационното изследване авторите използват разположение на сензорните устройства само в решетка. В [5] авторите използват мултилатерацията в предложения от тях метод, а за сравнение използват метода за най-близкия съсед.

При мултилатерацията местоположението на търсения обект се получава посредством изчисление на точката на пресичане на хиперболи, получени на базата на местоположението и разстоянието до поне три обекта, за които се знаят предварително координатите [1].

Метода времева разлика на пристигане (ВРП) представлява разликата между времената на пристигане на два сигнала между обекта с неизвестни координати и два референтни обекта. Това локализира търсеното устройство върху хипербола с фокуси в двата обекта с известни координати [8]. При позициониране, базирано на метода на ВРП, всяко измерване определя хипербола за позицията на търсеното устройство. При три референтни обекта, разликата на двете разстояния може да се изрази по следния начин [9]:

$$d_{i1} \overset{\Delta}{=} d_i - d_1 = \sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2} - \sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2} \qquad (1)$$

за i=2, 3, което определя двете хиперболи, както е показано на Фиг. 1, където обект с неизвестни координати (в сиво) може да си определи местоположението чрез трите устройства с известно местоположение (в черно), измервайки времевата разлика на пристигане на сигнала.



Фиг. 1 - Позициониране чрез ВРП

Сензорът използва всички налични обекти с известни координати (R_i), за да определи местоположението си (S_i=R_i), използвайки основният мултилатерационен метод [3].

На базата на тази информация могат да се синтезират два алгоритъма. Първият алгоритъм (А1) е базиран на разгледания по-горе подход, като изчислението за координатите на неизвестния обект се извършва само веднъж. При вторият алгоритъм (А2) се извършва периодично преизчисляване и филтриране на координатите и по този начин се подобрява точността на местоположението. При А2 всеки сензор изчислява местоположението си, а след това го предава до съседите си, след което съседните обекти трябва да преизчислят местоположението си и да предадат отново тази информация и така докато устройствата в цялата мрежа определят координатите си. Устройство, което няма информация за местоположението си, може да започне със собствена координатна система и след това да премине към координатната система на съседите си. Този подход може да

подобри точността при изчисляване на местоположението на сензорите в БСМ, но за сметка на това изисква значително повече време за изпълнение.

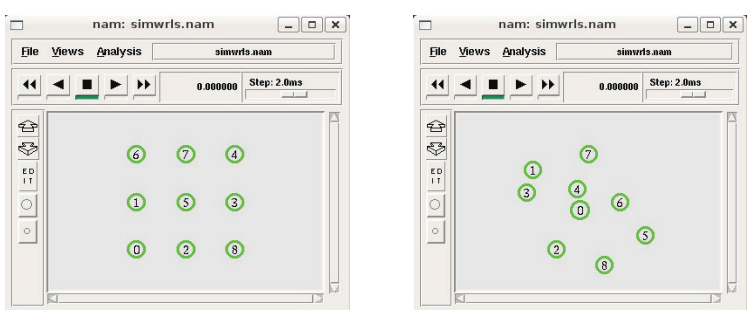
При третия алгоритъм (А3) се използва подмрежа от референтни обекти (Si), като устройството, което трябва да изчисли координатите си, избира набор от най-близките три референтни обекта. При този подход се приема, че референтните устройства, които са по-близо разположени до устройството с неизвестни координати, ще предоставят стойности, които са по-близки до реалните, в сравнение с по-далечните референтни обекти. При А3 се приема, че грешката при изчисляване ще е по-голяма при по-отдалечените референтни обекти, отколкото при по-близките, както и че грешката при изчисляване се получава само от измерването на разстоянието, пренебрегвайки грешка от съседните устройства (тъй като се използват само референтни обекти без или с малка локализираща грешка). По-малка грешка може да се получи, ако се използва референтен обект с по-малка локализираща грешка, който е разположен по-далеко, отколкото ако се използва такъв, който е по-близо разположен, но с по-голяма локализираща грешка. По този начин сензорът избира набор от три обекта с известни координати, за да изчисли собственото си местоположение, като изборът на устройствата е въз основа на минимално измерено разстояние до сензора. Така, за всеки сензорен модул, набора от три референтни устройства S_i, който се характеризира с минимална грешка при локализацията в сравнение с всички други възможни набори от референтни устройства, може да се получи посредством [2]:

$$S_i = S_i^k, \text{където} \quad S_i^k \text{ има } \max\left(\sum_{j \in S_i^k} 1 - \frac{\hat{d}_{i,j}}{r_{tx}}\right) \qquad (2)$$

където $\hat{d}_{i,j}$ е измереното разстояние между устройствата i и j, а r_{tx} е обхватът на предаване на обектите с известни координати.

СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА ЛОКАЛИЗАЦИЯ В БСМ

За да се изследва влиянието на броя на сензорните модули върху точността на алгоритмите А1, А2 и А3, са разработени симулационни модели на NS2. Всеки от алгоритмите е изследван в ситуация с мрежа съставена от 9 и 36 сензорни модула, разположени в система от решетка (Фиг. 2 а) и фиг. 3 а)) и с мрежа от 9 и 36 произволно разположени сензорни модула (Фиг. 2 б) и фиг. 3 б)). При двете мрежи се използват съответно 3 и 6 произволни сензорни модула, които предварително разполагат с информация за своите координати. Маршрутизирането на данните в мрежите е на принципа Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV). Всички симулации са проведени многократно и с трите алгоритъма (А1, А2 и А3), като представените графично резултати представляват съответните осреднени стойности за резултатите.



Фиг. 2 - Мрежа, съставена от 9 сензорни модула, разположени съответно а) в решетка и б) произволно

Фиг. 3 - Мража, съставена от 36 сензорни модула, разположени съответно а) в решетка и б) произволно

Както може да се види от Фиг. 4 грешката при определенято на координатите при А1 малко се намалява при увеличаване броя на сензорните модула и при двете разположения на устройствата, докато при А2 се увеличава многократно при решетъчното разположение. Това се получава, поради препращането на информацията за местоположението, което първоначално е изчислено с голяма грешка, в следствие на което тази грешка се разпространява и увеличава. При А3 грешката малко се увеличава при решетъчното разположение, но намалява около два пъти при произволното разположение, което се получава поради избора на подмрежа от референтни обекти.

Фиг. 4 - Грешка при определене на координатите за трите разгледани алгоритъма, при мрежа с решетъчно и произволно разположение на устройствата, съответно при 9 и 36 сензора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са анализирани три от най-широко използваните алгоритми за локализация на обекти в безжичните сензорни мрежи. Повечето налична информация за местоположението на сензорите при мрежи с по-голям брой устройства, би трябвало да спомогне за по-точното определяне на координатите на обектите с неизвестни координати. Изследванията обаче показват малко подобрение при използването на А1 алгоритъма и по-малка грешка при използването на А3 само при произволно разпределени устройства. С увеличаването на броя сензорни модула А2 става по-неточен, което е особено

забележимо при решетъчното разположение, за разлика от А1, при който се наблюдава точно обратното. При А3 влияние оказва не само увеличаването на броя на сензорните модула, но и тяхното разположение. Това открива възможността за по-задълбочено изследване на тези алгоритми не само при увеличаване на броя на устройствата, но и влиянието на разположението им, като целта е комбинирането им в хибриден по-точен алгоритъм.

БЛАГОДАРНОСТИ

Публикуваните резултати са получени при работа по проект BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии" с подкрепата на Европейския социален фонд и Министерството на образованието и науката на Република България и по проект 2013-ФЕЕА-02 на Русенски Университет „Ангел Кънчев".

ЛИТЕРАТУРА

[1] Blumenthal, J., D. Timmermann, C. Buschmann, S. Fischer, J. Koberstein, and N. Luttenberger, "Minimal transmission power as distance estimation for precise localization in sensor networks", in Proceedings of the International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing, 03-06 July, Vancouver, British Columbia, Canada, pp. 1331-1336, 2006.

[2] Blumenthal, J., F. Reichenbach, and D. Timmermann, "Precise positioning with a low complexity algorithm in ad hoc wireless sensor networks," Praxis Der Informationsverarbeitung Und Kommunikation, vol. 28, no. 2, pp. 80-85. 2005.

[3] Cheng, K. Y., V. Tam, and K. S. Lui, "Improving aps with anchor selection in anisotropic sensor networks," in Proceedings of the Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services —ICAS-ICNS '05, Papeete, Tahiti, pp. 49-54, October 2005.

[4] Hillebrandt, T., H. Will, M. Kyas, Progress in Location-Based Services, Cartography, Springer Berlin Heidelberg, 2013, ISSN 1863-2246

[5] Madigan, D., E. Elnahrawy, R. Martin, W. Ju, P. Krishnan, A. S. Krishnakumar, Bayesian indoor positioning systems, In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), 324–331, 2005

[6] Mihaylov, K., Low Power Data Logging System for Measuring the Working Capacity of Energy Harvesting Devices, XV International PhD Workshop OWD 2013, Wisla, Poland, October 2013

[7] Mikhov, M., N. Stoyanov, G. Stanchev, An Application of Wireless Standards for Remote Monitoring of Electric Drive Systems, International Journal of Engineering Research and Development, Volume 2, Issue 12, pp. 30 – 36, August 2012, ISSN: 2278 - 800X

[8] Muñoz, D., F. Bouchereau, C. Vergas, R. Enriquez-Caldera, "Position Location Techniques and Applications", Academic Press, 2009

[9] Sayed, A. H., A. Tarighat and N. Khajehnouri, Network-based wireless location. IEEE Sig.Processing Mag., 22: 4, pp. 24–40, 2005.

[10] Stanchev, G., N. Stoyanov, Z. Doichev, P. Balzhiev, Application Of Wireless Standards In Dynamic Parameters Monitoring System For Vehicles And Industrial Machines, Proceedings in Manufacturing Systems, Volume 7, Issue 3, 2012, ISSN 2067-9238

За контакти:

ас. Иванка Цветкова, Катедра "Телекомуникации", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 836, e-mail: itsvetkova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.