

Изследване на влиянието на размера на мрежата върху точността на локализиращите методи в БСМ

Иванка Цветкова

Investigation of the impact of the size of the network on the accuracy of the localization methods in WSN: *In this paper it is investigated the impact of the size of the network on the accuracy of the proposed method which is compared with the most widely used localization methods 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 proposed method and of the other investigated localization methods. The next chapter of the paper presents the parameters of the simulation models, which I use for evaluation of the impact of the size of the network on the accuracy of the localization methods 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, multilateration.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Безжичните сензорни мрежи (БСМ) са ново поколение мрежи, които са използвани в много и различни приложения – за военни цели, отдалечен контрол на различни устройства, включително интелигентни къщи, за медицински цели, системи за следене на определени химични агенти или биологични показатели и т.н. Тези мрежи се състоят от голям брой малки устройства, които са с ограничени хардуерни ресурси. Много от приложенията на БСМ изискват точно определяне на местоположението на сензорните устройства [9]. Определянето на местоположението на сензорите се нарича още и локализация [10]. 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 [5]. 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. Ограничените размери, изчислителна мощност, както и батериите, с които се захранват сензорите, изключват възможността да се използва глобалната позиционираща система от всички устройства. В много локализиращи подхода някои от сензорите предварително имат информация за местоположението си, такива устройства се наричат референтни сензори или сензори с предефинирани координати. Тези обекти помагат на останалите да определят местоположението си. Едно от предизвикателствата пред методите за локализация в БСМ е да се постигне голяма точност, като се използват по-малко обекти с известни координати, за да не се усложнява локализиращия метод. С това ще се постигне намаляване на консумацията на ресурсите (техните енергия, комуникационни и изчислителни ресурси) [8].

СИНТЕЗ НА МЕТОДИ ЗА ЛОКАЛИЗИРАНЕ В БСМ

В [4] се анализират и изследват някои от широко разпространените локализиращи методи в БСМ, включително мултилатерацията. За симулационното изследване авторите използват разположение на сензорните устройства само в решетка. В [6] авторите използват мултилатерацията в предложението 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]. 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 метода. Първият метод (A1) е базиран на разгледания по-горе подход, като изчислението за координатите на обекта с неизвестно местоположение, се извършва само веднъж. При втория метод (A2) се извършва периодично преизчисляване и филтриране на координатите и по този начин се подобрява точността на местоположението [7]. При A2 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 метод (A3) се използва подмрежа от референтни обекти (S_i), 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 A3 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]:

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

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

Тези методи за локализация се използват за сравнение на предложения метод с избор на подмрежа от референтни обекти (МИПРО). МИПРО се състои от четири фази: инициализация, първоначално изчисляване на местоположението, подобряване на изчисленото местоположение и обновяване на местоположението. Много локализиращи методи използват целия набор от устройства с предефинирани координати, за да постигнат целите си. МИПРО използва минимален брой устройства с предефинирано местоположение, за да постигне точност при изчисленията, както и усъвършенстван метод за избор на обекти с известни

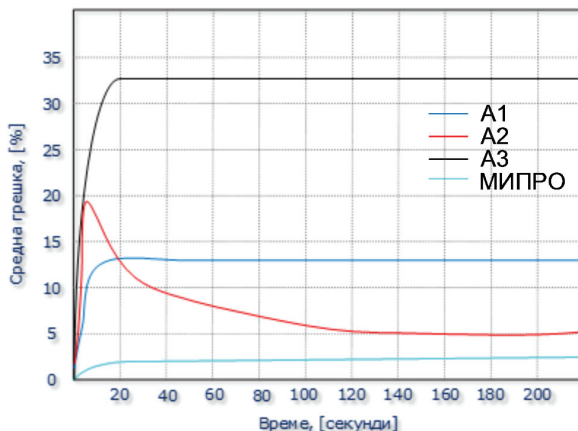
координати. Той избира най-малкия възможен брой устройства, които могат да спомогнат за постигане на голяма точност. Новото при този локализиращ метод е механизма за отговор на заявка за изчисляване на местоположението, въведен е подобрен метод за избор на подмрежа от сензори с известно местоположение и спиращ критерий, за да се прекрати изпращането на „заявка за местоположение“.

В първата фаза сензорът събира информация от съседните обекти с предефинирани координати. Във втората фаза той избира подмрежа от устройства с предефинирано местоположение, за да изчисли първоначалното си местоположение. В третата фаза сензорът проверява възможността да подобри настоящото си местоположение. В последната фаза решава дали ще приеме това местоположение и дали то може да се приеме за последно изчислено. При новопредложения метод има два типа подобряване. Първо сензорът увеличава броя на обектите с предефинирани координати, докато не достигне определено ниво на точност на база грешката от местоположението. Второ той елиминира неподходящите устройства с предефинирани координати на база грешката от разстоянието, която може да влоши изчисленото местоположение поради неправилен избор на обекти с известно местоположение.

СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА ЛОКАЛИЗАЦИЯ В БСМ

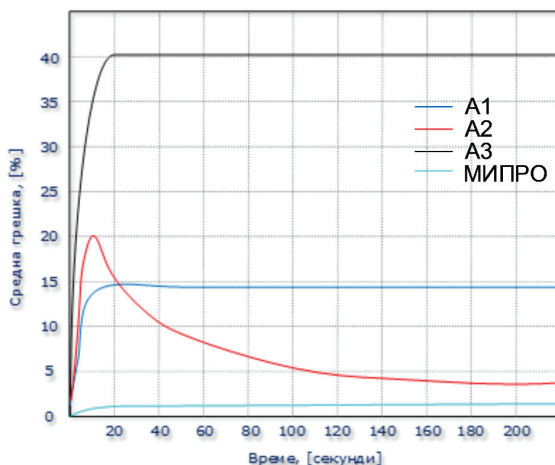
За да се изследва влиянието на размера на мрежата върху точността на A1, A2, A3 и МИПРО са разработени симулационни модели на NS2. Всеки от методите е изследван при три размера на мрежата, наречена малка, средна и голяма. Техния размер е съответно 100м × 100м, 200м × 200м и 600м × 600м. При всеки от експериментите сензорите са разположени случайно, като броят им е пропорционален на размера, т.е. при малка мрежа се използват 3 сензора с предефинирани координати и 16 с неизвестни координати; при средната мрежа - 12 сензора с предефинирани координати и 64 с неизвестно местоположение; при голяма мрежа - 108 с предефинирано местоположение и 576 сензора с неизвестно местоположение. Маршрутизирането на данните в мрежите е на принципа Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV). Всички симулации са проведени многократно, като представените графично резултати представляват съответните осреднени стойности за резултатите.

На фиг. 1 е показано сравнението на методите, които са със следните цветове: тъмно синьо – A1, с червено – A2, с черно – A3 и със светло синьо – МИПРО, при експеримент с малка мрежа.



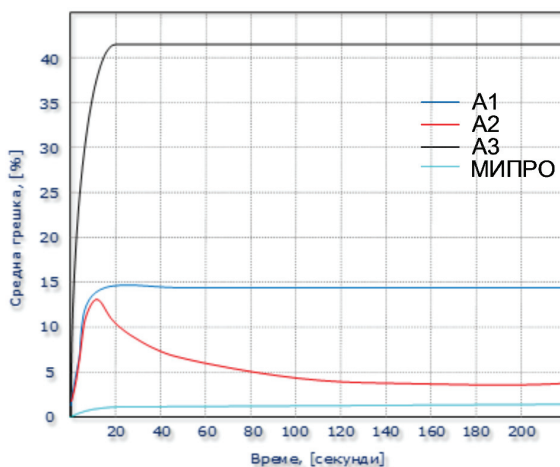
Фиг. 1 – Средна грешка при определяне на координатите в малка мрежа

На фиг. 2 е показана средната грешка при определяне на местоположението при средна мрежа, като отново са използвани същите цветове за представянето на методите.



Фиг. 2 – Средна грешка при определяне на координатите в средна мрежа

На фиг. 3 е показана средната грешка при определянето на координатите на сензорите с неизвестно местоположение при голяма мрежа, където отново са използвани същите цветове, за да се представят изследваните методи.



Фиг. 3 – Средна грешка при определяне на координатите в голяма мрежа

На фиг. 1 се вижда, че A3 методът се представя по-добре в малки мрежи, увеличаването на размера на мрежата намалява точността на този метод. За разлика от него, точността на A2 се увеличава с увеличаването на размера на мрежата, защото в малка мрежа използваният брой обекти с известни координати от този метод е по-малък, отколкото при средна и голяма мрежа. Този брой не е

достатъчен за този метод, за да се увеличи точността на изчисленото местоположение. Грешката при локализацията на А1 е приблизително еднаква в трите експеримента, но е голяма. При А2 се постига по-добра точност с увеличаване на размера на мрежата, докато при А3 точността се намалява. Средната грешка при определяне на местоположението на МИПРО е почти еднаква и най-малка и в трите експеримента.

Сравнението между тези експерименти е обобщено в табл. 1, където е показана средната грешка и средния използван брой на обекти с предефинирани координати (В) от локализиращите методи.

Табл. 1 – Сравнение при различен размер на мрежата

Размер на мрежата	Малка		Средна		Голяма	
	Средна грешка	Среден брой на В	Средна грешка	Среден брой на В	Средна грешка	Среден брой на В
МИПРО	2,4	3,4	2	3,3	1,9	3,3
А1	13	6	13,8	5,4	14,2	5,5
А2	12	11	9,4	13	7,5	13
А3	32,5	3	40	3	41	3

МИПРО винаги използва брой на референтните обекти близък до три, с което постига висока точност на локализацията, докато А1 и А2 използват голям брой сензори с предефинирани координати, а не постигат голяма точност. А3 използва три референтни сензора, но винаги има най-голяма грешка при определяне на местоположението. При МИПРО е постигнато намаляване на използвания брой референтни обекти, без да се влоши локализацията на сензорите, с което се показва предимството на усъвършенствания подход при избор на подмрежа от референтни сензори. Доказано е, че е по-важен критерият за избор на референтни обекти, отколкото използването на всички референтни устройства или избора на най-близките, за да се постигне високо ниво на точност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията е предложен нов метод за локализация в БСМ, който е наречен МИПРО. Той е сравнен с три известни локализиращи метода. Те са оценени според точността на локализацията. Сравнението е извършено чрез симулационни модели при различен размер на мрежата. 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 подобрене при използването на А2 и увеличение на грешката при А1 и А3. При всички експерименти МИПРО има най-голяма точност. Предложеният метод винаги използва брой на референтните обекти близък до три, с което постига високо ниво на точност на локализацията. От съществено значение е не само броят на сензорните устройства, но и размерът на мрежата. За това трябва да се използва интелигентен метод за избор на подмрежа от референтни устройства, какъвто използва МИПРО, за да се постигне малка грешка при локализацията в БСМ.

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.

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, 2006, pp. 1331-1336
- [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, № 2, 2005, pp. 80-85
- [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, 2005, pp. 49-54
- [4] Hillebrandt, T., H. Will, M. Kyas, Progress in Location-Based Services, Cartography, Springer Berlin Heidelberg, 2013, ISSN 1863-2246
- [5] Lieckfeldt, D., J. You, D. Timmermann, Distributed selection of references for localization in wireless sensor networks, WPNC, 2008, pp. 31-36
- [6] 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), 2005, pp. 324–331
- [7] Munoz, D., F. Bouchereau, C. Vargas, R. Enriquez-Caldera, Position Location Techniques and Applications, Elsevier Inc., 2009, ISBN 13: 978-0-12-374353-4
- [8] Pal, A., Localization Algorithms in Wireless Sensor Networks: Current Approaches and Future Challenges, Network Protocols and Algorithms, Vol. 2, № 1, 2010, ISSN 1943-3581
- [9] Rezaazadeh, J., M. Moradi, A. S. Ismail, Fundamental Metrics for Wireless Sensor Networks localization, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol.2, № 4, 2012, pp. 452-455, ISSN: 2088-8708
- [10] Wang, J., R. K. Ghosh, and S. K. Das, A survey on sensor localization, vol. 8, № 14, 2010, pp. 2-11

За контакти:

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

Докладът е рецензиран.