

LOKALIZÁCIÓS ALGORITMUSOK ÖNSZERVEZŐDŐ VEZETÉK NÉLKÜLI SZEZOR HÁLÓZATOKBAN

LOCATION DETERMINATION ALGORITHMS IN SELF-ORGANIZING WIRELESS SENSOR NETWORKS

Varga Attila K.*

ABSTRACT

Localization in wireless sensor networks is a main issue, i.e. to determine the position of a given device in the network. To give the position of the target node reference points have to be used. The node can calculate its distance and/or angle between itself and the reference points. In the 2D space, if a node knows its distance from three reference points its position can also be determined. One more reference point is needed in the 3D space to determine the current position of the target device. The positioning method should not increase the cost and complexity of a sensor because an application may require a lot of sensors. Communication and collaboration between nodes should be minimized for achieving energy saving. The paper shows well-known techniques used for localization in wireless sensor networks.

1. BEVEZETÉS

A vezetékes hálózatokat már jó harminc éve használjuk, a "vezeték nélkülség" viszont csak néhány éve került be a köztudatba, kecsegtető lehetőségei azonban rendkívüli ütemben növelik ismertségét és alkalmazását. Ma már rengeteg olyan termék van, amellyel olcsón kiépíthetjük akár otthoni vezeték nélküli hálózatunkat is, tehát ez a technológia már nem csak a nagy cégek, kormányzati és oktatási intézmények sajátja, hanem bárki számára elérhető.

A vezeték nélküli hálózatok az évek során több szabvánnyal is gazdagodtak. Napjainkban több vezeték nélküli kommunikációs szabvány áll rendelkezésre közepes és nagysebességű adatátvitelhez, hang, kép, videó továbbító, és számítógépes hálózatok kiszolgálásához, a kínálatból azonban nem rég még hiányoztak a szenzor és vezérlő egységek speciális igényeit kielégítő vezeték nélküli kommunikációs

szabványok. Ezek a rendszerek nem igényelnek nagy sávszélességet, de szükséges a rövid várakozási idő, látencia, az alacsony energiafelhasználás és a biztonságos kommunikáció. Természetesen az alacsony költségek is fontos paramétert jelentenek egy széles körben felhasznált vagy elterjeszteni kívánt szabványnál. szempontból is igen fontos, így ezt a területet kormányrendelet szabályozza. Hasonlóan kezelhetőek a különböző szolgáltató hálózatok, például villamos energia-, gáz-, hő-, vízellátás biztosítására szolgáló olyan objektumok, biztonsági berendezések, irányító alközpontok, ellenőrző egységek, kritikus hálózati elemek, amelyek időszakos felülvizsgálata, helyszíni ellenőrzése, karbantartása szükséges. [1]

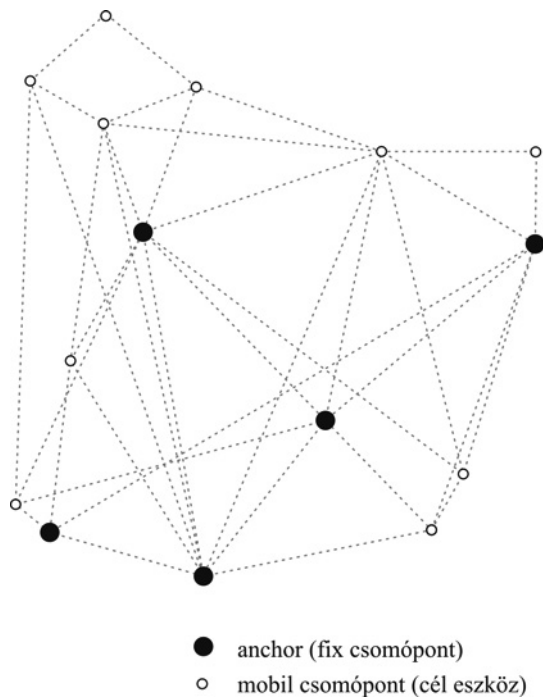
2. A LOKALIZÁCIÓ ALAPJAI

A szenzor csomópont (más néven mote – az USA-ban elterjedt elnevezés) gyakorlatilag egy olyan eszköz a vezeték nélküli hálózatban, amely képes adatfeldolgozásra, információ begyűjtésre, illetve kommunikációra a hálózatba kapcsolódó többi csomóponttal. A lokalizáció valamennyi vezeték nélküli szenzor hálózatra épülő alkalmazásban nagy jelentőséggel bír. A vezeték nélküli lokalizációs technikákat a mobil szenzorok nem ismert helyzetének meghatározására használják, felhasználva a rendszer ismert priori helyzeti információit. Ezek a technikák nem tekinthetők a hagyományos lokalizációs eljárások (GPS, radar) triviális kiterjesztésének. [2]

Ahhoz, hogy egy eszköz helyzetét kiderítsük, referencia pontok használatára van szükség. Az eszköz meghatározza a távolságot, a szöveget vagy mindkettőt önmaga és a referencia pont között, tehát a 2D-s síkban, ha egy eszköz ismeri a távolságát három referencia ponttól (melyek helyzete ismert), akkor meghatározható az eszköz helyzete. Ezzel szemben a 3D-s térben már 4 referencia pontra van szükség. Ugyanakkor, ha egy

* adjunktus, Miskolci Egyetem, Automatizálási és Kommunikáció-technológiai Tanszék

eszköz ismeri a helyzetét és a szöget egy referencia ponthoz képest, akkor szintén meghatározható a helyzete.

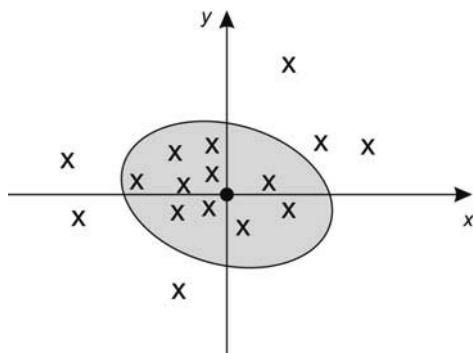


1. ábra. Önszervező vezeték nélküli szenzor hálózat elemei

A legtöbb ismert forgatókönyv szerint a felhasználó magával visz egy egyszerű szenzort, melyet mobil jeladónak, vagy cél eszköznek is nevezünk, és ennek a jeladónak a helyzetét fix, ismert pozícióval rendelkező hálózati érzékelőkhez képest következteti ki. Ezeket a fixen telepített érzékelőket egyszerűen csomópontnak, horgonynak (anchor-nak) is nevezik.[3]

3. LOKALIZÁCIÓS ALGORITMUSOK

A lokalizációs technika kiválasztását sokszor az ár, a méret és az elvárt lokalizációs pontosság determinálja.



2. ábra. Lokalizációs pontosság szemléltetése

Az önszervező vezeték nélküli szenzor hálózatoknál alkalmazott lokalizációs technikák [4] vonatkozásában még nem történt olyan átfogó hatékonyság elemzés, mely révén a helyzetbecslés pontossága tovább fokozható a hagyományos számítási modellek javításával az idő és energiafelhasználás minimalizálása mellett, így a vezeték nélküli megoldás számos problémát vet fel a helyzetbecsléssel kapcsolatban:

- számos mérést kell elvégezni a helyzeti információk meghatározására,
- a lokalizációs technika megválasztása nagyban függ az adott környezeti viszonyoktól,
- a vezeték nélküli szenzorok általában olcsók, de korlátozott számítási képességekkel bírnak,
- a lokalizációs technikák az adott mérési lehetőségekhez kapcsolódó implementációk igényelnek, minimális hardver beruházással,
- a szenzor hálózatokat sok esetben nagyfokú multi-hop hálózatokban való használhatóságra kell tervezni.

A fenti problémák aktualitása miatt kiemelt fontosságúnak tartom a meglévő lokalizációs technikák hatékonyság elemzését, mely új modellek és algoritmusok alapjait teremtheti meg. A lokalizációs algoritmusokat három fő csoportba sorolhatjuk:

- tartomány-független,
- tartomány-függő, illetve
- csomópont független algoritmusok.

A tartomány-független algoritmusok esetén a csomópontok a szomszédjaik ismert helyzeti információi alapján becsülik meg saját helyzetüket. Itt feltételezzük, hogy nem minden csomópont rendelkezik távolság, szög vagy egyéb metrikus információval. Ez esetben a célcsomópont helyzete becsülhető a szomszédos fix csomópontok súlypontjával vagy a fennálló geometriai összefüggésekből is levezethető. [5]

A tartomány-függő algoritmusok távolságbecslést végeznek a fix és a mobil csomópontok között. A hálózati csomópontok egy részének ismert a helyzete, valamilyen helyi mérés vagy beépített GPS vevő révén. A cél csomópontok relatív módon próbálják megbecsülni helyzetüket a fix csomópontokhoz képest. Olyan technikákat alkalmaznak, mint például a vett jelerősség alapján (Received Signal Strength), a jel beérkezésének időtartama alapján (Time of Arrival of Signals) vagy a beérkező jel szöge alapján (Angle of Arrival of the Signals) becslik a távolságot, ehhez viszont a fix csomópontok helyzetét nagy pontossággal kell ismerni. [6][7]

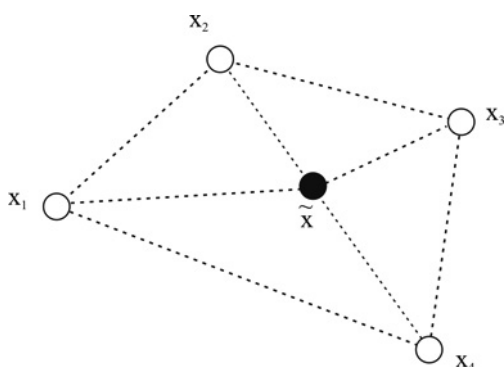
3.1. Súlyozott súlyponti lokalizáció

A súlyozott súlypont ötlete, hogy a cél eszköz helyzetét az átviteli zónában lévő fix csomópontok ismeret helyzetéből kalkulált átlag alapján becslik. Egyszerűsége és hatékonysága miatt előszeretettel alkalmazzák sűrű szenzor hálózatokban, ahol

feltételezzük a fix csomópontok jelenlétét – így ezek pozíciója ismert –, valamint egymást átlapoló átviteli zónákból épül fel. A fix csomópontok helyzete ezen felül súlyozható. Az ismeretlen pozíció a következőképpen számítható:

$$\tilde{x} = \frac{\sum_{i=1}^N \omega_i x_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i}, \quad (1)$$

ahol N a fix csomópontok száma az átviteli zónában, x_i az i -edik fix csomópont helyzete, ω_i a súlyokat jelöli. Egy alkalmasan megválasztott súlyozási módszerrel finomítani lehet a pozícióbecslést, mely pontosabb helyzet meghatározó információkat eredményez. A leggyakoribban alkalmazott technika, hogy a mobil csomópontok broadcast jelleggel kiküldenek egy üzenetet.



3. ábra. Súlyponti lokalizáció

A fix csomópontok folyamatosan figyelik a jeladókat, és a beérkező üzenet alapján egy kapcsolódási metrikát alakítanak ki. Ez esetben a súlyozás a következőképpen számítható ki:

$$\omega_i(t) = \frac{n_{vett}^{(i)}(t)}{n_{küldött}^{(i)}(t)}, \quad (2)$$

ahol t a broadcast üzenetek fogadásának időtartama, $n_{vett}(t)$ és $n_{küldött}(t)$ pedig a kapott és küldött üzenetek száma t idő alatt. Ezt követően pedig, egy meghatározott arány - általában 90 % - felett produkáló csomópontokat veszik figyelembe a számításnál.

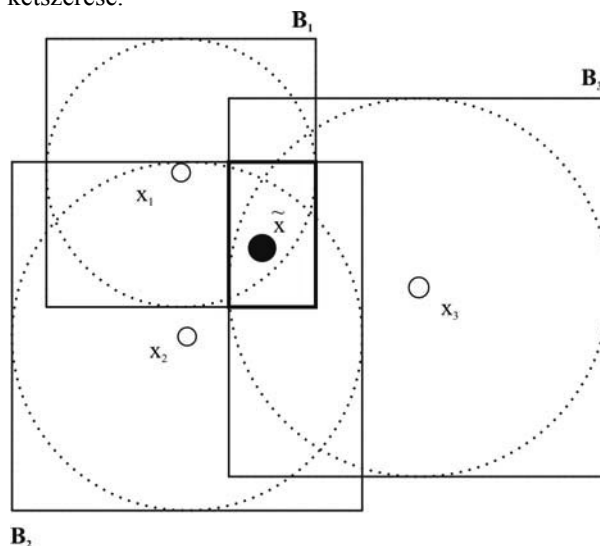
3.2. Befoglaló doboz

A befoglaló doboz egy egyszerű, számítás hatékony lokalizációs technika, ahol a fő koncepció, hogy minden egyes fix csomópont köré konstruált befoglaló doboz által meghatározott metszetben helyezkedik el a cél eszköz. Az i -edik burkoló doboz oldalának hosszával

megközelítőleg becsülhető, hogy milyen távolságra helyezkedik el a cél eszköz. A helyzetbecslés eredménye tehát a metszetként kialakuló határoló doboz, vagy ennek a közepe, azaz

$$\tilde{x} \in \left\{ \bigcap_i B_i \right\}, \quad (3)$$

ahol B_i az x_i csomópont köré létrehozott négyzet alakú doboz, melynek az oldala a hatókör sugarának a kétszerese.



4. ábra. Befoglaló doboz

A keresett burkoló doboz

$$B = \left\{ \bigcap_i B_i \right\}$$

geometriája, azaz alakja a csomópontok topológiájától függ. Sűrű szenzorhálózatban a burkoló doboz mérete lekorlátozódik, és a becsült pozíció jól konvergál a valódi pozícióhoz. Bár ezen technika pontossága jellegénél fogva korlátozott, mégis nagyon egyszerű és gyorsan implementálható és futtatható a csomópontokon. Ugyanakkor ezzel a technikával kalkulált pozíció jól használható egy kiinduló becslésként, melyet rekurzív módon más technikákkal lehet finomítani.

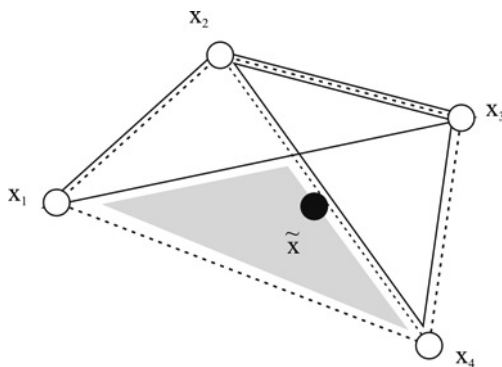
3.3. Pont a háromszögben (PiT)

A PiT algoritmus is egy tartomány független lokalizációs séma. Ebben a megközelítésben a cél eszköz küld egy jeladó üzenetet, amit a fix csomópontok vesznek. Ezt követően háromszög alapú kommunikációs tartományokat alakítanak ki, azaz a csomópontok által meghatározott összes lehetséges 3-as alhalmazt hoznak létre:

$$\begin{aligned}\tilde{x} \in T_1 &= \{x_1, x_2, x_3\} \\ \tilde{x} \in T_2 &= \{x_1, x_2, x_4\} \\ \tilde{x} \in T_3 &= \{x_1, x_3, x_4\} \\ \tilde{x} \in T_4 &= \{x_2, x_3, x_4\}\end{aligned}\quad (4)$$

ahol T_i az i -edik alhalmaz, mely egy háromszöget határoz meg. Minden egyes háromszög esetén meg történik a PiT teszt azon célból, hogy kiderüljön, melyik tartományban található a céleszköz. Végül a cél eszköz pozícióját az összes olyan háromszög alakú terület metszete fogja adni, melyek tartalmazzák az eszközt:

$$T_{cél} = \bigcap_{i=1}^4 T_i. \quad (5)$$



5. ábra. Pont a háromszögben alapú lokalizáció

A legfőbb probléma ezzel a technikával, hogy meg kell vizsgálni, egy adott csomópont a vizsgált háromszögben helyezkedik el vagy sem. A PiT teszt gyakorlatilag geometria alapokon nyugszik.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Manapság az intelligens szenzorok kínálta kommunikációs lehetőségek széles skálájával találkozhatunk az élet bármely területén. Alapvető probléma a vezeték nélküli szenzor hálózatban a lokalizáció, azaz egy eszköz helyzetének felderítése, meghatározása. Egy alkalmasan megválasztott súlyozási módszerrel finomítani lehet a pozícióbecslést [9], pontosabb helyzet meghatározó információk révén pedig gyorsabban megy végbe az önszerveződés a szenzor hálózatban belül, ami energia megtakarításhoz vezet. Ezzel a telepélettartam növelhető, tehát az adott rendelkezésre álló energiakapacitás hatékonyabban használható ki, ezért gazdaságosabbá válhat az önszervező szenzor hálózat üzemeltetése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] T.S.Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice. Prentice Hall: New Jersey, 1996.
- [2] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An in-building Rfbased user location and tracking system," in *Proc. Of Infocom' 2000*, Tel Aviv, Israel, Mar. 2000, vol. 2, pp. 775–584.
- [3] J. Blumenthal, F. Reichenbach, and D. Timmermann, "Position estimation in ad hoc wireless sensor networks with low complexity," in *Joint 2nd Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2005 and 1st Ultra-Wideband Expert Talk*. Shaker Verlag, March 2005, Workshop, pp. 41–49, Hannover, Germany.
- [4] Bischoff, U., Strohbach, M., Hazas, M., Kortuem, G.: Constraint-based distance estimation in ad-hoc wireless sensor networks. In: *Proceedings of the Third European Workshop on Wireless*
- [5] He, T., Huang, C., Blum, B.M., Stankovic, J.A., Abdelzaher, T.: Range-free localization schemes for large scale sensor networks. In: *MobiCom '03: Proceedings of the 9th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 81–95. ACM, New York,
- [6] Niculescu, D., Nath, B.: Ad hoc positioning system (APS) using AoA. In: *Proceedings of INFOCOM (2003)*
- [7] X. Shen, Z. Wang, P. Jiang, R. Lin, and Y. Sun. Connectivity and RSSI based localization scheme for wireless sensor networks. In *Advances in Intelligent Computing*, pages 578–587, 2005.
- [8] Nakamura, E.F., Loureiro, A.A.F.: Information fusion in wireless sensor networks. In: *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp. 1365–1372. ACM, New York, USA (2008)
- [9] A. Savvides, C.-C. Han, and M. B. Strivastava. Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors. In *Proc. of the Int. Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, pages 166–179, 2001.