

ANCHOR FREE LOCALIZATION OF NODES IN WIRELESS SENSOR FIELD

Aleš Nováček

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xnovac05@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Milan Šimek

E-mail: simek@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Many applications that use sensor data from a wireless sensor network require corresponding node position information as well, information from the sensors is useful only if node location information is also available. There are many ways to get information about location of sensor, but some are expensive and inefficient. This paper presents fully decentralized algorithm AFL (anchor-free localization) for localization of wireless sensors. Aim of this article is to describe main features and advantages of AFL.

1 ÚVOD

Moderní senzory jsou vybaveny zařízením, které jim umožňuje komunikovat s jinými senzory v dosahu radiového signálu. Ze zpráv získaných od okolních senzorů algoritmus odhadne polohu jednotlivých senzorů. Oproti ručnímu měření polohy má tento přístup nesporné výhody. Výpočty probíhají automaticky a nezávisle na jiných senzorech (omezení šíření chyb). Senzory jsou schopny reagovat na změny podmínek, u metody AFL nedochází ke zkreslování výsledků chybou měření.

2 POPIS ALGORITMU

Senzory ve výchozí topologii jsou označeny svým ID. Algoritmus pracuje se vzdálenostmi ve formě hop count. Hop count $(h_{i,j})$ mezi uzly i a j je dán počtem uzlů mezi těmito senzory. Pokud je $h_{i,j}$ rovno 1, znamená to, že uzel i přímo sousedí s uzlem j . Toto nám poskytuje informaci pouze o tom, že uzel i je v dosahu radiového kontaktu uzlu j a naopak. Bohužel toto může vést v některých případech k velkému zkreslení, uzel může být kdekoliv v dosahu signálu, ale je mu přiřazena relativní vzdálenost, která se rovná dosahu radiového signálu. Pro větší přesnost můžeme fixní hodnoty vzdáleností nahradit váženými vzdálenostmi, vzdálenostmi získanými pomocí RSSI (Radio Signal Strength Indicator) nebo TDoA (Time difference of Arrival). V první fázi dojde k nahrazení skutečných vzdáleností vzdálenostmi relativními. Pomocí těchto informací je sestavena topologie podobná topologii skutečné sítě a vypočítána relativní poloha senzorů. První fáze je nutná pro zamezení výskytu lokálních minim ve druhé fázi. Druhá fáze je optimalizační, nazývá se Mass-spring a dochází v ní k vyvážení odchylek mezi skutečnou a odhadnutou polohou senzorů.

2.1 PRVNÍ FÁZE AFL

První fáze AFL začíná hledáním sousedů (neighbor exploration) a pokračuje propagací informací o vzdálenostech (hop count propagation), tato fáze je velmi podobná směrovacímu protokolu RIP. AFL dále zvolí pět referenčních uzlů. Čtyři z těchto uzlů n_1, n_2, n_3 a n_4 jsou okrajové uzly sensorové sítě. Uzel n_5 je přibližným středem sítě sensorů. Nyní určíme polohu všech uzlů pole vzhledem k referenčním uzlům. Vypočteme polární souřadnice uzlů (ρ_i, Θ_i) pomocí následujících vzorců

$$\rho_i = h_{n5,i} \times R. \quad (1)$$

$$\Theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_{n1,i} - h_{n2,i}}{h_{n3,i} - h_{n4,i}} \right). \quad (2)$$

$H_{n1,i}, h_{n2,i}, h_{n3,i}, h_{n4,i}, h_{n5,i}$ jsou vzdálenosti mezi měřeným uzlem a daným uzlem referenčním. R představuje dosah radiového signálu.

2.2 MASS SPRING OPTIMALIZACE

Druhá fáze AFL probíhá paralelně na všech uzlech sítě. Každý uzel n_i zná v tuto chvíli svou odhadnutou polohu \hat{p}_i , informaci o své poloze periodicky zasílá svým sousedům. Každý uzel nyní zná odhadnutou polohu svou a svých sousedů a z těchto údajů vypočítává vzdálenost $\hat{d}_{i,j}$ od sousedních uzlů n_j . Optimalizace spočívá v určení pomyslné síly \vec{F}_i , která by uzel posunula z polohy vypočtené do pozice, která odpovídá skutečnosti. Tato síla je tím větší, čím více se vypočtená poloha senzoru odchyluje od skutečnosti. Sílu \vec{F}_i vypočteme podle vzorce

$$\vec{F}_{i,j} = \hat{v}_{i,j} (\hat{d}_{i,j} - r_{i,j}). \quad (3)$$

Výsledná síla působící na uzel i je dána

$$\vec{F}_i = \sum_{i,j} \vec{F}_{i,j}. \quad (4)$$

Energie senzoru i bude rovna

$$E_i = \sum_j E_{i,j} = \sum_j (\hat{d}_{i,j} - r_{i,j})^2 \quad (5)$$

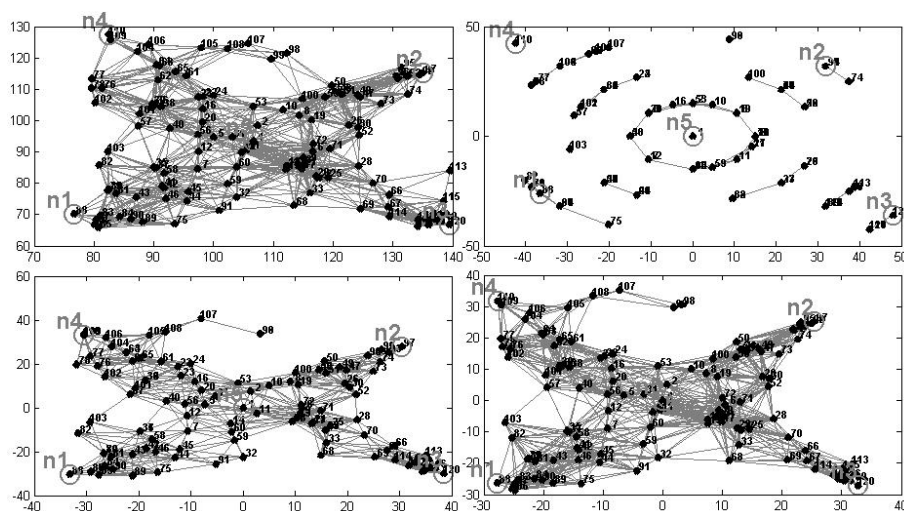
2.3 VLASTNOSTI ALGORITMU

Hlavními výhodami algoritmu je jeho jednoduchost a relativní přesnost. AFL neprovádí žádná měření vzdáleností, pracuje pouze s relativními vzdálenostmi mezi uzly a není tedy ovlivněn chybami měření. Díky své jednoduchosti je algoritmus vhodný pro sensorová pole v odlehlých, nepřístupných oblastech. Nevýhodou je jeho nízká přesnost pro určité typy topologií. U sítí s vysokou hustotou uzlů (node degree - stupeň uzlu) dochází k velkému zkreslení (obr. 1).

2.4 ALTERNATIVY AFL

Algoritmy AFL s váženými a RSSI vzdálenostmi představují varianty ke klasickému AFL. Vyznačují se menší závislostí na typu topologie, vyšší přesností, ale také většími energetickými nároky (měření vzdáleností zkracuje životnost baterie). U AFL s váženými vzdálenostmi má senzor představu o přibližné vzdálenosti od svých sousedů (měřené pomocí RSSI, zpoždění

během komunikace atd.) a přiřazuje jim vzdálenosti (0.25, 0.5, 0.75 nebo 1), která se nejvíce blíží hodnotě podílu skutečné vzdálenosti a dosahu radiového signálu. Varianta algoritmu AFL s váženými vzdálenostmi není ovlivněna velikostí stupně uzlu jako klasické AFL. U AFL s RSSI vzdálenostmi je vzdálenost k sousednímu uzlu ve fázi hledání sousedů rovna hodnotě podílu vzdálenosti od sousedního uzlu a dosahu signálu. AFL s RSSI vzdálenostmi poskytuje v ideálním případě nejpřesnější lokalizaci sítě, ale je také nejvíce zatížen chybami měření.



Obrázek 1: Lokalizace topologie s vysokým stupněm uzlu pomocí AFL: skutečná topologie (vlevo nahoře), AFL (vpravo nahoře), AFL-vážené vzdálenosti (vlevo dole), AFL-RSSI vzdálenosti (vpravo dole)

3 ZÁVĚR

V příspěvku byl představen algoritmus AFL pro lokalizaci senzorů v sensorovém poli a jeho dvě varianty pracující s váženými a RSSI vzdálenostmi. Vlastnosti algoritmů byly simulovány v prostředí MATLAB. Dalším krokem je zvýšení efektivity AFL a tvorba Java aplikace.

LITERATURA

- [1] Priyantha, N., Balakrishnan, H., Demaine, E., Teller. S.: Anchor-free distributed localization in sensor networks. Technical Report TR-892, MIT LCS, Apr.2003.
- [2] Nawaz, S.: Anchor Free Localization for Ad-hoc Wireless Sensor Networks. University of Engineering & Technology, Lahore, 2002.
- [3] Wicker, S.: Anchor-Free Localization in Rapidly-Deployed Wireless Sensor Networks. School of Electrical and Computer Engineering, New York, 2002.