

Bežične mreže osjetila

Iterativna lokalizacija - trilateracija

Dario Barać, Mario Maričević
Diplomski sveučilišni studij računarstva, RITEH

Svibanj, 2022

Sadržaj

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Opis problema | 2 |
| 1.1 | Ulazi u algoritam | 2 |
| 1.2 | Ograničenja | 2 |
| 2 | Odabrani pristup | 2 |
| 2.1 | Opis algoritma | 3 |
| 2.2 | Statusi | 3 |
| 2.3 | Poruke | 3 |
| 2.4 | Sadržaj memorije čvorova | 4 |
| 2.5 | Pseudokod - TODO | 6 |
| 3 | Analiza vremenske i komunikacijske složenosti - TODO | 7 |

1 Opis problema

Za danu bežičnu mrežu osjetila definiranu skupom čvorova u 2D prostoru, vezama između čvorova i udaljenostima između čvorova koji su povezani, potrebno je pomoću postupka trilateracije odrediti položaj svih čvorova u relativnom koordinatnom sustavu sa čvorom inicijatorom u ishodištu. Pretpostavlja se da šum nije prisutan kod mjerenja udaljenosti i da je formacija grafa globalno kruta, odnosno da je moguće jednoznačno odrediti položaje svih čvorova u danom koordinatnom sustavu.

1.1 Ulazi u algoritam

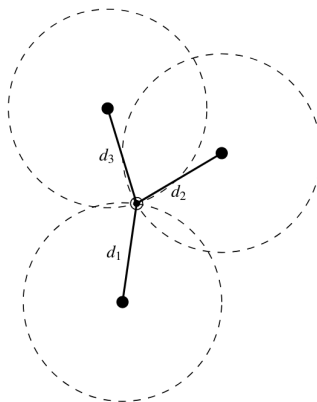
- Skup čvorova i veza
- Udaljenost između svakog para povezanih čvorova

1.2 Ograničenja

- Jedinstveni inicijator
- Dvosmjerna komunikacija između povezanih čvorova
- Apsolutna pouzdanost
- Globalno kruta formacija ulaznog grafa

2 Odabrani pristup

U radu [1] opisani su razni pristupi za mjerenje udaljenosti među čvorova i algoritmi za lokalizaciju. Za određivanje položaja trilateracijom (slika 1) potrebno je znati udaljenosti od čvorova koji znaju svoj položaj do čvora čiji položaj nije poznat. Neki od načina procjene udaljenosti su pomoću snage dobivenog signala (*Received Signal Strength - RSS*) ili vremena propagacije signala (*ToA, TDoA*).



Slika 1: Određivanje položaja trilateracijom [1]

Metode za lokalizaciju mogu se podijeliti na centralizirane i distribuirane. Kod centraliziranih metoda svi čvorovi udaljenosti do svojih susjeda prosljeđuju glavnom čvoru, koji određuje položaj svih ostalih čvorova. Kod distribuiranih metoda čvorovi sami određuju svoj položaj pomoću informacija dobivenih od susjeda. Prednost centraliziranih metoda je to da se smanjuju zahtjevi

(procesorska moć i memorija) svih osim glavnog čvora, ali u odnosu na distribuirane metode zahtijevaju značajno veći broj poslanih poruka i manje su pouzdane (prestanak rada glavnog čvora onemogućuje lokalizaciju). Zbog toga je odabran distribuirani pristup lokalizaciji.

2.1 Opis algoritma

Pristup koji je odabran kao rješenje problema sastoji se od dvije faze:

1. Određivanje inicijalnog krutog segmenta:

- odabere se inicijator prije pokretanja algoritma npr. sa ID=0
- inicijator pronađe dva susjeda koji su osim s njim povezani i međusobno (listu svih svojih susjeda šalje redom svojim susjedima, koji odgovaraju jesu li povezani s nekim od tih čvorova, a ako jesu pošalju inicijatoru ID susjeda i udaljenost između njih)
- inicijator koristi znanje o udaljenostima (do svoja dva susjeda i između njih) za izračun inicijalnog krutog segmenta (Assumption Based Coordinate (ABC) algorithm [2]):
 - sebe stavi u ishodište (0,0)
 - prvog susjeda stavi na x os ($distance_{01}$, 0)
 - za drugog susjeda su moguća 2 položaja, odabere se položaj sa pozitivnom y vrijednosti
 - inicijator pošalje tim susjedima njihov položaj

2. Dodavanje ostalih čvorova u kruti segment:

- inicijator i susjedi iz prve faze šalju svoj položaj svim svojim susjedima
- ostali čvorovi računaju svoj položaj kada saznaju položaj od tri susjeda i šalju ga svojim susjedima čiji položaj ne znaju

2.2 Statusi

- **INITIATOR**, čvor koji definira inicijalni kruti segment lokalizirane mreže i određuje položaj svojih susjeda koji su u inicijalnom segmentu
- **WAITING_FOR_FIX**, inicijalno stanje svim čvorovima osim inicijatoru, označava da su potrebne dodatne informacije kako bi čvor mogao odrediti svoj položaj
- **LOCALIZED**, čvor koji zna svoj položaj - algoritam je završen kada svi čvorovi u mreži imaju ovaj status

2.3 Poruke

- *CommonNeighborQuery* - sadrži popis svih susjeda inicijatora, inicijator šalje ovu poruku redom svojim susjedima dok ne pronađe prvog koji ima zajedničkog susjeda s njim
- *CommonNeighborResponse* - odgovor susjeda inicijatoru, **None** ako nemaju zajedničkog susjeda ili (**NeighborID**, **NeighborDistance**) ako imaju zajedničkog susjeda
- *OwnPosition* - sadrži (x,y), položaj čvora primatelja, inicijator šalje ovu poruku čvorovima koji su dio inicijalnog krutog segmenta mreže
- *NeighborPosition* - sadrži (x,y), položaj susjeda koji šalje poruku

2.4 Sadržaj memorije čvorova

- *neighbors* - lista susjeda
- *neighborDistances* - lista udaljenosti do svih susjeda čvora
- *neighborPositions* - lista duljine jednake kao lista susjeda, svaki element je `None` ili `(x,y)`, ovisno o tome zna li čvor položaj tog susjeda
- *nKnownNeighborPositions* - broj susjeda za koje čvor zna položaj
- *position* - sadrži `(x,y)`, položaj čvora
- *unvisitedNeighbors* - lista koju čvor inicijator koristi kod konstrukcije početnog krutog segmenta formacije mreže, inicijalno je jednaka listi svih susjeda

2.5 Pseudokod - TODO

Algoritam za iterativnu trilateraciju

INITIATOR

Sponetaneously

begin

$unvisitedNeighbors \leftarrow N(x);$

send(CommonNeighborQuery) **to** $N(x);$

end

Receiving(CommonNeighborResponse)

begin

if commonNeighborResponse $\neq None$ **then**

$neigh_1, dist_{01} \leftarrow \text{sender}, \mathbf{dist}(\text{sender})$

$neigh_2, dist_{12} \leftarrow \text{CommonNeighborResponse}$

$dist_{02} \leftarrow \mathbf{dist}(neigh_2)$

$pos_1, pos_2 \leftarrow \mathbf{defineInitialRigidSegment}(dist_{01}, dist_{02}, dist_{12}, neigh_1, neigh_2)$

send(OwnPosition, pos_1) **to** $neigh_1;$

send(OwnPosition, pos_2) **to** $neigh_2;$

send(Position, position) **to** $N(x);$

become LOCALIZED

end if

end

WAITING_FOR_FIX

Receiving(CommonNeighborQuery)

begin

$initiatorNeighbors \leftarrow \text{CommonNeighborQuery}$

$allCommon \leftarrow N(x) \cap \text{CommonNeighborQuery}$

if $allCommon \neq \emptyset$ **then**

$common \leftarrow x \in_R allCommon$ /* any common neighbor */

send(CommonNeighborResponse, common, $\mathbf{dist}(common)$) **to** sender;

else

send(CommonNeighborResponse, $None$) **to** sender;

end if

end

Receiving(OwnPosition)

begin

$position \leftarrow \text{OwnPosition}$

send(NeighborPosition, position) **to** $N(x);$

become LOCALIZED

end

Receiving(NeighborPosition)

begin

$nPos \leftarrow \text{NeighborPosition}$

$neighborPositions[\text{sender}] \leftarrow nPos$

$nKnownNeighborPositions + = 1$

if $nKnownNeighborPositions = 3$ **then**

$position \leftarrow \mathbf{trilaterate}(neighborPositions, neighborDistances)$

send(NeighborPosition, position) **to** $N(x);$

become LOCALIZED

end if

end

Algoritam za iterativnu trilateraciju - procedure

```
procedure defineInitialRigidSegment( $dist_{01}, dist_{02}, dist_{12}, neigh_1, neigh_2$ )  
  begin  
     $position \leftarrow (0, 0); /* \text{ set initiator position } */$   
     $x_2, y_1 \leftarrow (dist_{01}, 0)$   
     $x_2 \leftarrow \frac{dist_{01}^2 + dist_{02}^2 + dist_{12}^2}{2dist_{01}}$   
     $y_2 \leftarrow \sqrt{dist_{02}^2 - x_2^2}$   
    return  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$   
  end  
procedure trilaterate( $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (r_1, r_2, r_3)$ )  
  begin  
     $A \leftarrow -2x_1 + 2x_2$   
     $B \leftarrow -2y_1 + 2y_2$   
     $C \leftarrow r_1^2 - r_2^2 - x_1^2 + x_2^2 - y_1^2 + y_2^2$   
     $D \leftarrow -2x_2 + 2x_3$   
     $E \leftarrow -2y_2 + 2y_3$   
     $F \leftarrow r_2^2 - r_3^2 - x_2^2 + x_3^2 - y_2^2 + y_3^2$   
     $x \leftarrow \frac{CE - FB}{EA - BF}$   
     $y \leftarrow \frac{C - Ax}{B}$   
    return  $(x, y)$   
  end
```

3 Analiza vremenske i komunikacijske složenosti - TODO

Literatura

- [1] Roudy Dagher, Roberto Quilez. Localization in Wireless Sensor Networks. Nathalie Mitton and David Simplot-Ryl. Wireless Sensor and Robot Networks From Topology Control to Communication Aspects, Worldscientific, pp.203-247, 2014, 978-981-4551-33-5. [⟨10.1142/9789814551342_0009⟩](#). [⟨hal-00926928⟩](#)
- [2] Savarese, C., Rabaey, J. M., Beutel, J. (n.d.). Location in distributed ad-hoc wireless sensor networks. 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Proceedings (Cat. No.01CH37221). doi:10.1109/icassp.2001.940391