

LOCALIZZAZIONE DI UN TERMINALE MOBILE MEDIANTE RETE DI SENSORI

Jiang Wu 799533
Stefano Cappa 796552
Eric Oswald Scarpulla 804424

Abstract

Lo scopo del progetto consiste nel simulare una rete di sensori composta da otto nodi ancora che, grazie alla loro posizione prefissata, danno la possibilità a un dispositivo mobile, dotato di ricevitore funzionante nel range di comunicazione della rete, di localizzarsi e di calcolare la propria posizione. Sono note sia le coordinate dei nodi (disposti lungo due file parallele) che la traiettoria seguita dal terminale mobile. I nodi ancora inviano periodicamente dei beacons (ossia, segnalazioni) che vengono ricevuti dal terminale mobile; da questi il terminale sceglie quali sono i nodi migliori dai quali stimare la sua posizione (quelli più vicini, ossia quelli da cui riceve potenza maggiore), infine stima la sua posizione mediante un modello parametrico basato sulla RSSI.

Il simulatore fornisce come risultato l'andamento dell'errore medio di localizzazione (rispetto alla traiettoria nota) in funzione della deviazione standard dell'errore.

Svolgimento

Gli otto nodi ancora sono disposti su due file parallele e costituiscono la rete di sensori che consentono la localizzazione del terminale mobile. Le posizioni dei nodi ancora sono prefissate e disponibili; il nodo mobile si muove su un percorso prefissato e ogni punto del suo percorso è noto a priori. Il nodo mobile si sposta ogni 1s (1Hz).

L'inizializzazione consiste nel boot dei vari nodi ancora e del nodo mobile e successivamente l'attivazione della loro parte radio (ricezione/trasmmissione).

Il nodo 1, una volta effettuato il processo di accensione, attende 5 secondi (valore modificabile) e invia una segnalazione (beacon) di SYNC per tutti i nodi.

Ricevuto il beacon di SYNC, i vari nodi ancora inviano periodicamente dei beacon al termine di un timeout (250ms, 4 Hz); il beacon ricevuto dal terminale mobile contiene sia le coordinate del nodo ancora sia il proprio ID (1-8).

I nodi ancora inviano i beacon rispettando una semplice suddivisione TDMA, attraverso un parametro modificabile, il quale moltiplicato con il NODE_ID, stabilisce il momento dell'invio.

Il nodo mobile, una volta ricevuto il beacon dai vari nodi ancora, estrae le coordinate e con queste calcola il valore di RSSI.

Se non viene ricevuto il beacon da un determinato nodo ancora, o non arriva in tempo, viene assegnato un valore RSSI di -999 per indicare che questo nodo è troppo lontano o non disponibile.

Se il terminale mobile non è localizzato all'interno del range di comunicazione di uno o più nodi ancora, questi non sono in grado di comunicare né il loro ID né tantomeno la loro potenza. Per questo motivo, gli elementi dei vettori vengono inizializzati a dei valori non significativi sia per il loro ID che per la potenza ricevuta (entrambi vengono posti uguali a -999), tali valori vengono aggiornati qualora il terminale mobile entra all'interno del range di comunicazione dei nodi ancora prima non visibile. Il terminale mobile osserva il beacon trasmesso dal nodo, se i valori di ID e di rssi sono diversi da -999, allora aggiorna l'elemento del vettore strutturato associato a quell'anchor node.

Per il calcolo del valore di RSSI, utilizziamo la formula:

$$P = P_0 - 10 \log_{10} d + v$$

la quale consente di trovare un valore disturbato attraverso l'utilizzo del valore della distanza (la posizione dei nodi ancora e del nodo mobile in un determinato momento è nota) e di un valore random gaussiano.

P_0 (costante) è la potenza di riferimento che viene scelta uguale a -60dB, d è la distanza precedentemente calcolata, v è il termine di shadowing implementato come un generatore casuale di numeri casuali con distribuzione gaussiana.

Il valore gaussiano è generato ad ogni misurazione, ma la variazione del parametro v avviene a ogni spostamento del nodo mobile.

Ricevute tutte le coordinate o comunque entro il tempo stabilito per la ricezione, il nodo mobile crea un vettore contenente i dati dei nodi ancora ordinati con valore RSSI decrescente, in modo da avere come primi tre elementi del vettore quei valori di potenza che verranno poi effettivamente utilizzati per calcolare la distanza, ossia dai nodi più vicini.

A partire dalla potenza ricevuta dai tre nodi più vicini, si determina mediante una funzione (a cui viene passato il valore di RSSI fittizio calcolato precedentemente) la distanza disturbata che separa il terminale mobile da ciascuno dei tre nodi ancora, invertendo la formula del modello matematico dell'RSSI:

$$d = 10^{\frac{P_0 - P}{10}}$$

La funzione restituisce come risultato il valore in virgola mobile della distanza.

Al termine di questa fase d'inizializzazione, di ricezione e calcolo delle distanze, viene implementato l'algoritmo *Gradient Descent per la minimizzazione della funzione costo* che consiste nel ridurre l'errore quadratico medio tra coordinate stimate e reali (detto anche MSE).

L'algoritmo viene inizializzato determinando le coordinate della posizione iniziale del terminale mobile come la media delle distanze (sia lungo la direzione x che lungo la direzione y) che separa il terminale mobile dai nodi ad ancora più vicini.

Si inizializza il passo di aggiornamento α (detto in inglese step size) e successivamente viene aggiornato in modo da rendere l'algoritmo in qualche modo adattativo: inizialmente il valore di α è grande in modo che l'algoritmo sia più veloce nella fase iniziale senza il rischio di instabilità perchè l'errore di localizzazione tra posizione reale e stimata è grande; dopo un certo numero di iterazioni il passo di aggiornamento viene reso più piccolo in modo da ottenere un algoritmo più stabile nella condizione di avvicinamento all'ottimo (minimo globale della forma quadratica) a scapito ovviamente della velocità di iterazione.

Per prima cosa si inizializza la funzione costo da minimizzare ad un valore molto grande (anche se non ha significato fisico) che alla prima iterazione verrà aggiornato in modo da ottenerne una nuova. La funzione obiettivo da minimizzare (o funzione costo) è definita come l'errore quadratico medio tra posizione stimata e posizione reale:

$$f(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n (\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - d_i)^2$$

con i passi di aggiornamento:

$$x = x - \alpha \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{d_i}{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}} \right) (x - x_i)$$

$$y = y - \alpha \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{d_i}{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}} \right) (y - y_i)$$

Il calcolo dell'errore MSE viene effettuato ad ogni misurazione (250ms). Invece, il valore stampato nei log è calcolato attraverso la media dell'errore delle 4 misurazioni nel secondo in cui il nodo mobile si trova nella stessa posizione. Questa scelta è stata fatta per consentire di modificare il parametro gaussiano nel calcolo di RSSI ogni volta che il nodo si sposta.

Risultati

Si nota facilmente che attraverso il metodo di triangolarizzazione i dati finali sono leggermente diversi dai dati iniziali prestabiliti. L'errore non è mai uguale a zero e al variare del parametro v esso aumenta. Questo è causato sia per problemi di arrotondamento, ma soprattutto per aver inserito il disturbo di parametro v , con distribuzione gaussiana a media nulla.

