

# Progetto: SLAM con Wireless Sensors Network

D. Hoxhaj , N. Mazzucato, M. Montis , M. Sommacal .

Dicembre 01, 2007

## 1. Caratteristiche del progetto

Per SLAM (Simultaneous Localizing And Mapping) si intende una metodologia di localizzazione di un mezzo mobile in un ambiente completamente sconosciuto e dentro il quale esso deve svolgere dei precisi obiettivi. Per risolvere questo problema si è osservato che ci sono principalmente due tipologie di approcci:

1. sistemi che sfruttano il GPS o sensori che forniscono la distanza e la direzione;
2. sistemi che sfruttano solo la distanza o la direzione dell'oggetto rilevato.

Mentre la prima tipologia è stata ampiamente sviluppata ed è supportata da una buona letteratura, per la seconda tipologia la ricerca è ancora agli inizi. Il gruppo di lavoro cercherà quindi di addentrarsi in questo secondo approccio per la risoluzione di problemi di SLAM. Non avere un consolidato punto di partenza può essere visto come piccolo problema di "orientamento" per gettare le basi del progetto, ma d'altra parte si può pensare di avere un relativo grado di libertà per l'affrontare le varie problematiche e sviluppare i metodi e gli algoritmi risolutivi. Lo sviluppo di metodi risolutivi per problemi di SLAM potranno poi avere numerose applicazioni ed essere impiegati in vari campi:

- in ambito medico-ingegneristico sarebbe possibile di impiegare lo SLAM come parte integrante di un sistema di visione per ciechi: una persona priva di vista potrebbe muoversi in un ambiente sconosciuto riuscendo a mappare, percorrendolo, i possibili ostacoli presenti ed impiegare successivamente la mappa (opportunamente memorizzata) per creare "itinerari sicuri";
- in ambito della sicurezza un apposito robot potrebbe essere impiegato in aree a rischio sconosciute dove l'operatore umano sarebbe soggetto a rischi enormi (es. zone dove è presente radioattività). Tale robot sarebbe in grado, con appositi sensori, di mappare l'intera zona e riuscire a individuare zone ad alta radioattività o zone sicure;
- pensando all'integrazione tra WSN (*Wireless Sensor Network*) e unità robotiche mobili, si potrebbe ipo-

tizzare di sviluppare dei robot in grado di girare per casa per effettuare particolari azioni: ad esempio si può supporre di dotare una casa di un sensore di incendio il quale, in caso di allarme, attiva un'unità per lo spegnimento delle fiamme (in questo caso lo SLAM sarebbe impiegato per la fase di setup o di configurazione iniziale dell'unità mobile, rendendo così l'oggetto indipendente dalle caratteristiche geometriche della casa).

## 2. Obiettivi

Gli obiettivi che si intendono raggiungere con questo progetto riguardano la realizzazione di sistemi di mappatura attraverso il solo ausilio di sensori Wireless senza avvalersi dell'aiuto di telecamere.

Il nostro principale obiettivo sarà quello di costruire un filtro (presumibilmente un filtro di Kalman esteso) in grado di ricostruire la posizione di tutti i nodi presenti (fissi e mobili) commettendo il minor errore possibile e partendo da una minima informazione a priori.

Una volta realizzato un modello teorico che realizzi tutto questo, si passerà ad una realizzazione del sistema nella pratica andando ad approfondire le problematiche che riscontreremo in entrambi gli ambienti.

## 3. Problematiche

Nel progetto assegnatoci in base a quanto riportato nella documentazione sin qui reperita ci aspettiamo di incontrare le seguenti problematiche:

1. Poiché il rumore di misura non è del tipo gaussiano, e dipende dal valore della misura effettuata dovremo correggere il filtro di Kalman nella sua versione estesa (Extended Kalman Filter) a cui dobbiamo ricorrere poiché le misure sono intrinsecamente non lineari.
2. Un problema di cui non abbiamo rilevato traccia nella documentazione sin qui approfondita è invece quello legato al fatto che i sensori fissi non sono allocati nello stesso piano fisico in cui è situato invece il sensore mobile. Questo da un lato semplifica la pianificazione della traiettoria del sensore mobile in quanto

non ci sono ostacoli al movimento di quest'ultimo, dalla parte questo potrebbe peggiorare la stima delle posizioni.

3. Altro problema poco studiato è invece quello legato all'individuazione univoca della posizione dei sensori fissi. In termini più espliciti: avendo a disposizione solo le distanze con una traiettoria del veicolo tangente a una circonferenza virtuale rispetto al punto fisso, non si è in grado di determinare su quale semipiano, determinato dalla traiettoria del veicolo, è situato il punto fisso
4. Non conoscendo a priori il numero di nodi fissi presenti all'interno della WSN non si può stabilire quando si è finita la mappatura dei nodi fissi, questo anche perché la potenza di trasmissione dei singoli nodi non sarà sufficiente a coprire tutto il piano in cui si muoverà il veicolo mobile.
5. Un problema invece notevolmente approfondito sulla documentazione sin qui analizzata è quello legato alla complessità di calcolo crescente al crescere dei nodi, in particolare esiste un algoritmo che riduce tale problema suddividendo il problema in più problemi piccoli permettendo poi ai vari sottoproblemi di comunicare di modo tale da risolvere il problema nella sua interità.
6. Un problema invece prettamente pratico è quello dovuto alla parziale direzionalità dell'antenna di cui è dotato il sensore, soprattutto per quanto riguarda il sensore mobile. Tuttavia al momento non siamo in grado di valutarne l'effetto.

## 4. Stato dell'arte

La ricerca sullo scambio di dati nelle WSN riguarda reti i cui nodi sono statici e insostituibili. Nei recenti lavori di ricerca sulle WSN si comincia a sfruttare la mobilità di alcuni componenti della rete, in modo da facilitare lo scambio dei dati rilevati dai sensori tra le piattaforme mobili e incrementare le prestazioni dei sistemi. Alcuni agenti mobili (come robot o altre piattaforme) possono muoversi nell'area coperta da sensori dei nodi statici, per diversi scopi, come:

1. acquisire dati dai sensori periferici
2. rimpiazzare eventuali sensori danneggiati
3. accrescere l'efficienza della rete

Si possono trovare diversi tipi di nodi robotici mobili: MICAbot, CostBots, Robomote, Millibots i quali hanno capacità autonome molto limitate non avendo a bordo sensori addizionali né unità computazionali molto potenti o componenti per la comunicazione a banda larga. Un interesse

molto elevato si sta dedicando all'interazione tra robot autonomi e ambienti intelligenti coperti da una WSN. L'idea è che robot avanzati in grado di operare in maniera efficiente e affidabile negli ambienti quotidiani debbano interagire con sensori distribuiti nell'ambiente. Da un punto di vista scientifico, i Workshop IEEE sui Network Robot Systems hanno analizzato differenti aspetti della cooperazione tra robot autonomi avanzati e reti di sensori distribuite. Attualmente questo è il tema centrale delle maggiori conferenze riguardanti la robotica dimostrano di quanto la situazione sia matura per l'integrazione di robot avanzati con reti di sensori. Il principale strumento ad oggi utilizzato nello Slam è il filtro di Kalman esteso, tuttavia all'aumentare della dimensione dell'ambiente esso diventa troppo oneroso dal punto di vista computazionale e al momento si sta cercando di scomporre il problema completo in più sottoproblemi semplici oppure si ricorre al filtro 'Unscented'.

## 5. Metodologie

Il modo in cui intendiamo procedere quello 'Divide Et Impera'. Infatti inizialmente analizzeremo la situazione in cui è nota la posizione del veicolo in ogni istante e si vuole stimare la posizione dei nodi fissi. Si supporrà inoltre che i nodi non abbiano potenza a sufficienza per coprire tutta l'area di interesse. Affrontata questa situazione procederemo con il vero problema SLAM. In particolare inizieremo dando nota la posizione del veicolo solo nell'istante iniziale, e quindi ad ogni passo, non solo si dovrà stimare la posizione dei nodi fissi, ma anche del nodo mobile in movimento attraverso le misure ricevute dai vari sensori wireless. In seguito renderemo la posizione del veicolo all'istante iniziale sempre più imprecisa sino a renderla completamente incognita.

In ogni situazione comunque si supporrà che non vi siano perdite di pacchetto e che il codice per la gestione del veicolo mobile sia già disponibile e immutabile. Infine una volta che si saranno approfonditi tali problematiche, si studieranno algoritmi per l'individuazione della traiettoria ottima che minimizza il tempo necessario per avere una stima accurata della posizione di tutti i nodi. In ogni fase del progetto si pensa di applicare l'EKF opportunamente implementato e qualora ci fosse necessità per migliorare l'efficienza computazionale si potrebbe ricorrere al filtro 'unscented' di Kalman, particolarmente efficace in contesti non lineari. In base a quanto riportato in letteratura non pensiamo di ricorrere al metodo Monte-Carlo in quanto esso è poco preciso, inoltre in grado di ricostruire la posizione del solo nodo mobile dati i rifer

Dal punto di vista del software si pensa di procedere inizialmente con 'Matlab', in modo da poter simulare il comportamento globale del sistema, in seguito poi trasferiremo il software 'TinyOS'.

## 6. Percorso temporale

Il progetto si svilupperà sostanzialmente in tre fasi:

- Ricerca del materiale presente in "letteratura", questa fase dal punto di vista temporale dovrebbe concludersi con l'anno corrente.
- Una seconda fase consisterà nel realizzare un software Matlab per simulare quanto appreso nella prima fase, il tempo dedicato sarà di circa due mesi.
- Un'ultima fase prevede di passare all'"azione", ovvero di provare quanto appreso nella teoria direttamente sul campo attraverso l'implementazione del codice sui nodi a disposizione nel Laboratorio del Dei.

L'ordine di idee è di riuscire a realizzare qualcosa di concreto e funzionale, in caso contrario si elencheranno i problemi riscontrati in fase di progettazione e si cercherà di dare un plausibile motivo al fallimento dell'opera.

## 7 Referenze

[1] Soren Riisgaard and Morten Rufus Blas, "SLAM for Dummies," *Wikipedia.com*.

[2] Paul Robertson, *Introduction to SLAM Simultaneous Localization And Mapping*, Cognitive Robotics Wed Feb 9th, 2005.

[3] John J. Leonard and Hans Jacob S. Feder, *A Computationally Efficient Method for Large-Scale Concurrent Mapping and Localization*, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Ocean Engineering, Cambridge.

[4] Guido Zunino, Henrik I Christensen, *Navigation in Realistic Environments*, Centre for Autonomous Systems Numerical Analysis and Computer Science Kungl Tekniska Hogskolan, Stockholm, Sweden SE-100 44.

[5] Guido Zunino, Henrik I Christensen, *Simultaneous Localization and Mapping in Realistic Environments*, Centre for Autonomous Systems Numerical Analysis and Computer Science Kungl Tekniska Hogskolan, Stockholm, Sweden SE-100 44.

[5] Stefano Zilli, Prof. Emanuele Menegatti, *RANGE-ONLY SLAM IN AMBIENTE INDOOR PER UNITA' ROBOTICA MOBILE E RETE DI SENSORI WIRELESS*, Tesi anno accademico 2006/2007.