

# Un robot portiere per competizioni di calcio robotico:

- Percezione del mondo e software di controllo -

La tesi è stata realizzata nell'ambito della competizione internazionale di calcio robotico *RoboCup 2003* ([www.robocup.org](http://www.robocup.org)): è stato progettato e costruito un robot calciatore con il ruolo di portiere per la squadra di calcio robotico *MRT* (Milan RoboCup Team) costituita dall'Università di Milano-Bicocca e dal Politecnico di Milano. Come usuale in robotica il lavoro ha coinvolto tematiche relative a discipline tra loro distinte; i contributi principali hanno riguardato:

- La percezione del mondo per alimentare il sistema di autolocalizzazione;
- La realizzazione di hardware dedicato;
- Il software low-level di controllo movimento con problematiche real-time;
- La progettazione e realizzazione dell'impianto elettrico del robot ;
- L'intelligenza artificiale, per lo sviluppo di comportamenti;
- I calcoli relativi all'odometria.



Nella fase iniziale del lavoro è stato affrontato il problema dell'estrazione di *percezioni visive* utili all'autolocalizzazione del robot. Il robot utilizza come unico sensore un sistema di visione *omnidirezionale catadiottrico* costituito da una telecamera (firewire) e da uno specchio, che gli consente di vedere a 360° il mondo intorno a sé [1]. Le percezioni consistono in particolari punti dell'immagine omnidirezionale catturata dal sistema di visione del robot. L'estrazione delle percezioni si basa sul fatto che l'ambiente di RoboCup è un ambiente strutturato, cioè costituito da elementi ben precisi e noti al robot: il campo è verde, le linee sono bianche, una porta è di colore giallo e una porta è di colore blu. Esistono inoltre, ai quattro angoli del campo, dei paletti multicolore gialli e blu chiamati *corner*. Le percezioni utili all'autolocalizzazione sono: i punti bianchi che costituiscono le linee del campo, le direzioni in cui si trovano le porte e le direzioni in cui si trovano i corner. Sull'immagine

omnidirezionale sono disposti, in 40 corone da 360 elementi, dei *recettori* che costituiscono un sottocampionamento polare dell'immagine [2]. Questi contengono informazioni sul colore di ogni singolo recettore, sull'angolo e sulla distanza dal robot del punto nella scena corrispondente al punto nell'immagine. L'elaborazione avviene sulla struttura dati che contiene l'insieme dei recettori, detta *Mappa dei Recettori*. L'estrazione delle percezioni si basa sulle transizioni di colore tra due o più recettori consecutivi. Le percezioni inviate al sistema di autolocalizzazione (*Murea*) [3] sono un sottoinsieme di quelle trovate: prima si inviano quelle più significative e poi un certo numero delle altre.

La fase successiva del lavoro si è occupata della realizzazione di hardware dedicato. Si è reso necessario produrre una scheda di controllo a basso livello dei motori. Sono state prodotte in successione tre versioni della scheda, ognuna l'evoluzione della precedente. A valle di ciò ho poi svolto il lavoro di realizzazione vera e propria dei vari circuiti stampati.

Una volta realizzato il circuito è stato perfezionato il software di basso livello che gestisce, in tempo reale, il controllo *in velocità* dei motori [4] e dei kicker e che esegue calcoli odometrici utili per il software di alto livello. La scheda di controllo è basata su un microcontrollore Microchip PIC18F452 a 40 MHz. Per prima cosa sono state individuate le funzioni principali del sistema: queste riguardano la comunicazione con l'alto livello l'interpretazione di comandi (Parsing), la lettura degli encoder posti sui motori, il controllo della velocità dei singoli motori attraverso l'utilizzo di un algoritmo di controllo PI (proporzionale, integrativo) ad anello chiuso, la scrittura sui DAC del valore posto in ingresso ai servocontrollori di potenza dei motori e il calcolo dell'odometria. In seguito è stata gestita la corretta esecuzione di queste funzionalità affrontando le problematiche di tempo reale legate ai tempi di esecuzione delle funzionalità stesse. Per fare questo sono stati individuati i vincoli temporali ai quali ogni funzionalità deve sottostare. Tenendo in considerazione questi vincoli sono state assegnate delle priorità alle varie funzioni del sistema. Grazie a queste priorità viene quindi definita l'interrompibilità di una funzione da parte di ognuna delle altre in modo che ogni funzione possa portare a termine il suo compito rispettando i suoi vincoli temporali. Il sistema è quindi un sistema ad eventi. Gli eventi possono essere esterni (ad esempio: arrivo di un byte sulla seriale) o interni (ad esempio: scadenza del timer che gestisce la lettura degli encoder). Gli eventi interni vengono generati da interrupt che determinano il cambiamento di stato del sistema. L'implementazione del sistema di controllo di basso livello del robot è stata poi seguita da un'intensa fase di testing in cui il sistema è stato reso robusto e affidabile in ogni sua funzionalità.

La fase successiva del mio lavoro si è occupata della progettazione e realizzazione dell'impianto elettrico del robot. Il robot monta un *Notebook* per le funzionalità di alto livello che è energeticamente autosufficiente. Le problematiche principali riscontrate riguardano l'alimentazione della logica di basso livello e della telecamera. Sono stati analizzati diversi tipi di circuiti che prendono in considerazione configurazioni di batterie diverse, con diversi tipi i circuiti atti allo smorzamento dei disturbi elettrici introdotti dai motori. Per realizzare un circuito di alimentazione stabile e privo di disturbi per la logica

di controllo e la telecamera sono stati valutati anche diversi tipi di stabilizzatori e DC/DC Converter, tenendo conto dell'assorbimento di corrente dei diversi dispositivi. L'impianto elettrico è stato realizzato dando la possibilità, di alimentare separatamente i diversi settori funzionali del robot: l'elettronica di potenza dei motori, il circuito di comando dell'azionamento dei kicker, la logica di controllo dei motori e la telecamera. Questa proprietà si è resa particolarmente utile durante la fase di testing, in cui le varie parti del robot potevano essere testate contemporaneamente e indipendentemente l'una dall'altra.

Un'altra parte del mio lavoro si è occupata dello sviluppo di comportamenti avanzati per il ruolo di portiere. Il sistema di controllo di alto livello adottato è basato su un motore inferenziale a regole fuzzy che elabora i dati in ingresso convertendoli in predicati fuzzy e restituisce delle attuazioni da inviare alla logica di basso livello [5]. L'utilizzo della logica fuzzy è legato alla rappresentazione dell'incertezza di cui è affetto il modello del mondo fornito dai sensori, nel nostro caso il sistema di visione. Sono stati sviluppati 4 comportamenti: *Align*, *GoalKeeping*, *Kick* e *GotoHome*. Il comportamento di *Align* si occupa di mantenere il robot allineato su una sorta di binario immaginario posto ad una distanza predefinita dalla linea di porta. Questo gli consente di muoversi davanti alla porta rimanendo in "zona di parata". Il comportamento di *GoalKeeping* consente al robot di parare seguendo i movimenti della palla. Il comportamento di *kick* gestisce le funzionalità di calcio del Robot. Il comportamento di *GotoHome* consente al robot di tornare in porta da qualsiasi punto del campo. In ogni momento questi comportamenti vengono elaborati da un *Behaviour Engine* che decide quale comportamento attivare ed in che misura.

L'ultima parte del lavoro ha riguardato l'integrazione sull'hardware di basso livello di un algoritmo di calcolo della *odometria*. L'algoritmo mantiene aggiornata la rototraslazione tra la posizione del robot nel sistema di riferimento iniziale e quella corrente utilizzando i valori degli encoder letti a intervalli costanti. Data la complessità del calcolo rispetto alle risorse hardware a disposizione, si richiede il calcolo di funzioni trascendenti, è stato necessario effettuare alcune approssimazioni. In conclusione è stato possibile inserire questo calcolo a livello della logica di controllo rispettando i vincoli temporali delle altre funzionalità svolte dalla logica di basso livello.

Questo lavoro di tesi mi ha consentito di avere una visione di insieme delle problematiche legate alla progettazione e la realizzazione di un robot mobile, consentendomi di scendere poi nei dettagli implementativi di diverse parti, sia di alto che di basso livello. Tutto il lavoro di tesi ha comportato una continua fase di studio e progettazione delle diverse soluzioni adottate sul robot e ha richiesto continue e consistenti prove per verificare il corretto funzionamento dell'elettronica e del software. *Rabbiati* (questo è il nome dato al robot portiere) è il primo esemplare di robot calciatore progettato e costruito nel laboratorio di *Informatica e Robotica per l'Automazione* (IRALab) dell'Università di Milano – Bicocca.

Il robot ha partecipato alla competizione internazionale *RoboCup 2003* svoltasi a Padova (Luglio 2003), al torneo amichevole svoltosi in occasione di *SMAU 2003* ed alle dimostrazioni, anche contro bambini

rigoristi scelti tra il pubblico, effettuate al *Festival della Scienza* a Genova (ottobre 2003), ottenendo risultati soddisfacenti.

### **Bibliografia:**

1. Marchese F. M., Sorrenti D. G., "Omni-directional vision with a multi-part mirror", in proceedings of the International Workshop on RoboCup, 2000, pp. 289-298
2. Bonarini A., Aliverti, P., Lucioni, M. "An omnidirectional sensor for fast tracking for mobile robots", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 49 (3), 2000, pp. 509-512
3. Restelli M., Sorrenti D. G., Marchese F. M., "MUREA: a Multi-Resolution Evidence Accumulation Method for Robot Localization in Known Environments", in proceedings of the International Workshop on RoboCup, 2002
4. Jones J. L., Flynn A. M., Seinger B. A., "Mobile Robots, Inspiration to implementation, 2nd. ed." A. K. Peters, 1999
5. Bonarini A., Invernizzi G., Halva Labella T., Matteucci M., "An architecture to coordinate fuzzy behaviors to control an autonomous robot", Fuzzy sets and systems, 2003, 134(1), pp. 101-115