

## **Dai robot calciatori ai robot sminatori: ricerca di avanguardia all'Università di Brescia**

Riccardo Cassinis<sup>1</sup>

Parigi, 8 luglio 1998. Situazione di zero a zero. L'arbitro fischia il rigore che deciderà la partita. L'attaccante giapponese è enorme: pesa più di cinquanta chili e dall'alto della sua statura domina tutto il campo. Il portiere italiano è agile e scattante, ma con i suoi sei chili ha poche speranze di contrastare il potente avversario. E difatti, lentamente ma inesorabilmente, il giapponese spinge il pallone davanti a sé, incalza il portiere accorso in un tentativo disperato, e alla fine, con un calcione formidabile, scaraventa palla, portiere e se stesso in porta. Rete!

Ciò che state leggendo non è la farneticazione di un cronista pazzo, ma il resoconto fedele delle ultime fasi della partita che ha segnato, agli ultimi campionati del mondo di calcio, l'uscita della squadra italiana ai quarti di finale.

Dimenticavo: campionati di calcio per robot, come avrete certamente capito. Sto parlando della Robocup, la gara che determina la migliore fra le squadre appartenenti alla federazione omonima. Sì perché, esattamente come nel calcio vero, esiste una federazione internazionale (la Robocup, appunto), che raggruppa un numero sempre maggiore di federazioni nazionali, a cui afferiscono le diverse squadre.

Il tutto è stato fortemente voluto in primo luogo dalla Sony, che vede in questo campionato sia aspetti commerciali, sia aspetti scientifici fortemente legati alla propria ricerca e sviluppo, e poi da un certo numero di aziende di grande importanza (basti pensare alla Sun Microsystems) che hanno voluto legare il loro marchio all'evento con varie forme di sponsorizzazione.

La Robocup comprende quattro (ma presto saranno cinque) categorie diverse di robot, che giocano in altrettanti campionati distinti. Quello di cui ci stiamo occupando è la *Middle Size Robots League* (vedi riquadro).

Al contrario degli altri Paesi, l'Italia ha deciso per ora di schierare un'unica squadra nazionale, riunendo gli sforzi di sette università (Padova, Brescia, Politecnico di Milano, Genova, Parma, Roma, Palermo) sotto l'egida di ART (Azzurra Robot Team), un progetto di ricerca coordinato, e per l'anno scorso finanziato, dal Consorzio Padova Ricerche. Questa soluzione ha reso possibile la partecipazione al torneo, visto che nessuna delle università partecipanti avrebbe potuto, da sola, far fronte all'impegno

finanziario occorrente, che non è particolarmente elevato, ma comunque al di là delle magre disponibilità di un singolo gruppo di ricerca italiano.

All'interno di ART si sono seguite due strade diverse: alcuni gruppi si sono divisi il lavoro per costruire un prototipo di macchina da replicare in più esemplari, mentre altri, di più consolidata tradizione robotica, hanno preferito realizzare i loro giocatori in modo autonomo. Nel mio caso, questa seconda decisione era giustificata anche dal fatto che volevo costruire il robot portiere il quale, per funzioni e quindi per costituzione, è profondamente diverso da tutti gli altri giocatori. Inoltre, come i fatti hanno poi ben dimostrato, il tempo a disposizione non consentiva molte discussioni e lavoro in comune con gruppi geograficamente lontani. Tutti i robot, tranne uno, sono comunque stati realizzati utilizzando una base meccanica commerciale su cui era stato montato un personal computer privato di tutti gli elementi non strettamente indispensabili. Così, il 15 maggio, portavamo a Brescia la carcassa di quello che sarebbe diventato, in meno di un mese, il formidabile Saracinescu, a detta di molti il miglior portiere di tutto il campionato. E il 25 giugno riportavamo a Padova, per la presentazione ufficiale, un poco estetico ma perfettamente funzionante *portiere robotico*, dotato fra l'altro di un sistema omnidirezionale che gli consente di "vedere" con una sola telecamera sia la palla che la porta, ed anche di misurarne la distanza. Solo quando mi sono accinto a scrivere questo articolo mi sono accorto, guardando la mia agenda, di quanto poco tempo sia occorso per realizzare questo progetto, soprattutto considerando che nello stesso tempo sia io che Alessandro Rizzi, lo studente di dottorato che mi ha affiancato in questa impresa, eravamo occupati anche in un altro lavoro, almeno altrettanto complesso, di cui parlerò più avanti, che oltre al software e al sistema di visione abbiamo dovuto anche costruire il meccanismo per rinviare la palla, e che il tutto è stato funestato (e bloccato per vari giorni) dall'esplosione della unità centrale del robot in seguito ad un cortocircuito.

Allora, dove abbiamo preso la forza per costruire tutto ciò? È semplice: abbiamo messo all'opera una squadra di studenti veramente in gamba, ed è a loro che certamente va la maggior parte del merito per quanto è stato fatto. La piattaforma meccanica su cui è costruito Saracinescu è dello stesso tipo di quella su cui gli studenti del corso di Robotica si esercitano, e di cui il nostro laboratorio ha due esemplari acquistati proprio per uso didattico; questo ha facilitato l'apprendimento e ha permesso di imparare a programmare il robot ancor prima dell'arrivo del vero portiere. L'idea di doversi confrontare con altre squadre delle migliori università del mondo, e la prospettiva per uno di loro di passare qualche giorno a Parigi hanno fatto il resto.

Il risultato, come dicevo, è stato superiore alle aspettative, e si spera di riuscire a replicarlo, anzi a superarlo, quest'anno al campionato di Stoccolma. Purtroppo l'impresa sarà assai ardua perché ancora oggi non sono stati individuati sponsor interessati a una operazione che potrebbe dare ottimi ritorni di immagine e, per gli operatori del settore, anche ritorni tecnologici di alto valore con investimenti tutto sommato modesti: costruire la squadra e mandarla a Parigi, lo scorso anno, è costato molto ma molto meno dell'acquisto di un singolo, modesto calciatore vero.

Questo racconto potrebbe far pensare che il Laboratorio di Robotica Avanzata dell'Università di Brescia sia un luogo dove non si fa altro che giocare. E, anche se è vero che gli scienziati amano molto spesso trasportare in ambiente ludico le loro idee e le loro realizzazioni, nel nostro caso la Robocup costituisce un lato piuttosto secondario

dell'attività di ricerca. Assai più importanti sono altri filoni, di cui due in particolare mi preme citare: il primo è uno studio che tende a comprendere, e ad emulare, il modo con cui si spostano alcuni insetti, in particolare le api. L'idea di base è questa: le api sono animali molto semplici dal punto di vista neurologico, eppure riescono perfettamente ad orientarsi, a volare in cerca di cibo, e soprattutto a ritrovare la strada dell'alveare. Per di più, lo fanno senza usare i "trucchi" di altri animali, come le formiche, che tornano indietro seguendo le tracce odorose con cui hanno marcato la strada. Come facciano a far ciò non è chiaro fino in fondo, ma una serie di esperimenti ha dimostrato che utilizzano strategie di comportamento molto diverse da quelle degli uomini. Allora si è provato a simulare su robot queste strategie, e si sono ottenute macchine con comportamenti molto efficaci, soprattutto in particolari situazioni. È ancora un po' presto per applicare i risultati di queste ricerche alla produzione industriale, ma non siamo poi così lontani. E le possibilità sono grandi, perché ciò di cui sto parlando può essere applicato ad una grande varietà di veicoli che si spostano automaticamente, ed implica solo l'uso di telecamere (spesso assai economiche) per determinare dove il robot deve andare, e quando deve fermarsi.

Le competenze acquisite nelle ricerche che ho appena descritto, unite a molte altre derivanti da ricerche ormai concluse, sono poi confluite nel progetto più importante di cui ora parlerò. Il Laboratorio infatti è stato istituito nel 1993, ma la mia esperienza nel campo risale al 1975, cioè da quando ho costituito, nell'ambito di quello che allora si chiamava *Milan Polytechnic Artificial Intelligence Project*, il primo laboratorio di robotica di una università italiana.

Il progetto, che è stato denominato *Mine Sniffer*, è fondato sull'idea di utilizzare i robot nelle operazioni di sminamento umanitario. Tutti sanno che le mine antiuomo costituiscono una piaga orribile del nostro mondo. Le cifre che le riguardano sono allucinanti: basterà ricordare che nel mondo ogni venti minuti una persona (spesso un bambino) viene ferita, mutilata o uccisa da una mina, e che il costo delle operazioni di sminamento è elevatissimo, mentre le mine sono fra gli ordigni bellici più economici. È anche una operazione piena di rischi: mediamente, 5000 mine rimosse comportano la morte di una persona e il ferimento di altre due. La Convenzione di Ottawa, che prevede la loro messa al bando e quindi il divieto di fabbricare, vendere o esportare (oltre che di impiegare) mine antiuomo, pur essendo stato un grande passo avanti, non ha risolto il problema delle mine già collocate, e, non essendo ancora pienamente in vigore, neanche che alcuni terreni venissero minati dopo la sua firma.

Ora, le mine antiuomo sono ordigni estremamente subdoli, e in molti casi assai difficili da localizzare, perché molte di esse sono costruite solo con materie plastiche, e vanificano l'uso dei tradizionali cercametalli. Le tecniche di ricerca, a questo punto, si riducono al sondaggio manuale effettuato mediante bastoncini infilati nel terreno, o all'impiego di cani addestrati a riconoscere l'odore dell'esplosivo. Ed è proprio da qui che è nata l'idea di sviluppare, in collaborazione con un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Chimica e Fisica per i Materiali della nostra Università, un sistema costituito da un certo numero di "nasi artificiali", trasportati da piccoli robot capaci, con la pazienza e l'accuratezza che sono tipiche delle macchine, di esplorare un terreno, centimetro per centimetro, e di segnalare la presenza di esplosivi o di altri ordigni bellici.

Un lavoro di questo tipo è, come si comprende facilmente, assai difficile perché i problemi da superare sono moltissimi. La strada che si è deciso di seguire è quella di semplificare il problema fino a renderlo tecnologicamente abbordabile, per poi reintrodurre gradualmente tutte le difficoltà. I primi esperimenti sono stati realizzati usando i due robot Tobor e Speedy, già in dotazione, ed attrezzandoli con sensori di etanolo come si può vedere nelle fotografie. Questo ci ha permesso di iniziare a studiare le strategie necessarie per la ricerca delle sorgenti di odore, mentre i colleghi del Dipartimento di Chimica e Fisica per i Materiali lavorano al sensore “vero”, quello per l’esplosivo. I due prototipi, realizzati con l’aiuto di altri due gruppi di ottimi studenti, sono stati esposti in luglio presso il Museo della Croce Rossa di Castiglione delle Stiviere, nell’ambito di una mostra organizzata dall’Associazione GILBIBI, ed hanno fornito ottimi risultati. Si pensa ora di sostituirli (ma questo è soprattutto un problema di finanziamenti) con macchine meglio in grado di spostarsi su terreni “difficili”, e quindi dotate di cingoli invece che di ruote. Sempre nello stesso tempo, due laureandi simulano su un calcolatore il funzionamento di *plotoni* (tanto per restare nella terminologia militare, ma forse sarebbe più corretto dire *sciami*) di robot dotati di diversi tipi di sensori che esplorano un appezzamento di terreno, scambiandosi informazioni su ciò che trovano. E infine, in un altro angolo del laboratorio, un tesista sta dando gli ultimi ritocchi ad Attila, robot progettato per falciare l’erba del prato dietro casa ma che, con qualche modifica, potrebbe contribuire a quel lavoro di disboscamento che è necessario fare prima di iniziare l’esplorazione di un terreno minato.

Molte volte, nel corso di questo articolo, ho fatto cenno a problemi di natura finanziaria che, come ben si sa, assillano tutto il mondo della ricerca italiana. Non voglio adesso fare discussioni politiche su questo problema: mi limito a constatare come nel campo che mi interessa gli investimenti siano assolutamente inesistenti, mentre gli altri paesi hanno capito, e da parecchio tempo, che la robotica autonoma è uno dei punti di forza della tecnologia, e che non investire in questo campo è semplicemente demenziale. Due soli esempi per tutti: i 25 milioni di dollari che gli USA hanno destinato ad un progetto triennale finalizzato alla creazione di un *naso canino artificiale* si confrontano bene con i 30 MEcu del progetto europeo Eureka Angel, dedicato a veicoli e a sensori per lo sminamento, a cui l’Italia accede poco, e male.

Mi sono convinto che, così stando le cose, la strada giusta per questo tipo di ricerca passi, almeno in parte, da un altro tipo di finanziamenti: quelli provenienti da fonti più locali, e quindi in grado di elargire quantità minori di denaro, ma anche di ricavarne utili in percentuali molto più elevate. Utili che possono andare, come ho già accennato, dal semplice ritorno di immagine alla disponibilità, a costi molto bassi, di risultati di ricerca applicata pronti per l’ingegnerizzazione in diversi campi dell’automazione, industriale e non. Credo che, soprattutto dopo che l’Università di Brescia ha dimostrato di essere, con il suo robot portiere, ai massimi livelli mondiali, e quindi potenzialmente in grado di produrre e di mettere in campo una intera squadra capace di aspirare al titolo mondiale, uno o più sponsor decisi a differenziarsi dagli altri potrebbero voler vedere il loro marchio sulle “magliette” di questi strani giocatori. Ma credo ancor più che il progetto sullo sminamento umanitario, con tutte le ricadute che può offrire sia nel campo della rilevazione di sostanze chimiche (perdite di gas, esplorazione automatica di impianti chimici, controllo dei fattori ambientali su grandi aree, ecc.) che in quello della movimentazione su terreni *difficili* (operazioni agricole, sorveglianza anti-intrusione, ecc.)

possa, e debba, essere un elemento primario di interesse anche per tutte le imprese che, da produttrici o da utenti, sono interessate agli argomenti che ho citato.

## *Riquadro:*

### *La Robocup Middle Size Robot League:*

- Il campo: 4.5 x 8.2 m;
- I vari componenti del campo sono identificati dai colori (bordi bianchi, fondo verde con linee bianche, pallone arancione, una porta blu e l'altra gialla, robot neri);
- Le squadre: un massimo di cinque robot, di cui uno può fare da portiere;
- I robot: si muovono su ruote, e le loro dimensioni massime sono 45x45 cm, oppure un cerchio di 50 cm di diametro. L'altezza può essere illimitata;
- Le partite: due tempi di cinque minuti ciascuno, con un intervallo di dieci minuti fra il primo e il secondo tempo;
- I robot possono comunicare fra loro via radio o con altri sistemi, ma non è permesso alcun sistema di visione globale. L'intervento dell'uomo è tassativamente escluso: i robot devono essere completamente autonomi.

## *Didascalie delle figure su diapositive:*

- SAR 102 e SAR 107: Il robot Saracinescu. Il sistema di visione è contenuto nel cilindro trasparente.
- SNI 027, SNI 039, SNI 042: Tobor e i suoi quattro "nasi"
- SNI 048: Speedy (Tobor in secondo piano)
- SNI 055: Tobor e Speedy "annusano" una finta mina durante un esperimento

## *Didascalie delle figure su dischetto:*

- Partita.jpg: Un momento di una partita della Robocup. Saracinescu (in fondo) protegge la porta.
- Campo.jpg: Il campo da gioco visto dall'alto
- Occhio.jpg: Ciò che "vede" l'occhio di Saracinescu. Si distingue bene la palla (rossa); le linee bianche curve sono le linee della porta e dell'area di rigore, rese curve dal sistema di visione.

---

<sup>1</sup> Riccardo Cassinis è Professore Associato di Fondamenti di Informatica e di Robotica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia. Laureato in ingegneria elettronica al Politecnico di Milano nel 1977, ha continuato la sua attività di ricerca presso lo stesso Politecnico, per poi trasferirsi a Udine (1987) ed infine a Brescia (1991). In ognuna di queste università ha costituito un laboratorio di robotica destinato a studiare diversi aspetti sia della robotica industriale che dei robot autonomi, di cui si occupa correntemente.