

RoboCup: il MAS in cui il goal, è fare gol



Mattia Manfroni
Sistemi Multi Agente LS
A.A. 2008/2009

Perché la RoboCup?

La scelta di questo argomento ha una triplice motivazione:

- pertinenza con la materia Sistemi Multi Agente;
- interesse personale per la robotica e l'intelligenza artificiale (futura tesi nell'ambito della swarm robotics);
- studio del calcio da un punto di vista scientifico (membro del gruppo AlmaSport, agevolazioni Spinner 2013).

Obiettivi dell'iniziativa

- “By the mid-21st century, a team of autonomous humanoid robots shall beat the human World Cup champion team under the official regulations of FIFA.”
- Lanciare una sfida che stimoli i ricercatori di tutto il mondo, integrando numerose aree di ricerca e tecnologie eterogenee.
- Rendere le innovazioni introdotte, e le tecnologie sviluppate, la base della futura tecnologia industriale (ispirazione ai progetti Apollo e Deep Blue).
- Scegliere come dominio dell'iniziativa un tema appetibile dal punto di vista pubblicitario, accessibile a chiunque, e che rappresenti un arduo problema da risolvere. A tal scopo è stato scelto il gioco del calcio.

Aree di ricerca

- Robotica;
- Intelligenza artificiale;
- Visione artificiale;
- Sensori e attuatori;
- Software engineering;
- Sistemi multi agente:
 - Architettura agenti;
 - Alternare comportamenti reattivi e pianificazione real time;
 - Riconoscimento del contesto;
 - Apprendimento;
 - Ragionamento e azione in ambiente dinamico;
 - Acquisizione di strategie;
 - Lavoro di squadra;

Competizioni

- Real league:
 - Varie fasce (small, medium, humanoid, standard platform);
 - Differenti vincoli (es. visione globale vs distribuita);
 - Numero limitato di giocatori;
 - Adatta per lo sviluppo di sensoristica, visione artificiale, robotica;
 - Aspetti principali: Percezione distribuita real time (da diverse sorgenti), Capacità meccaniche individuali
- Simulation league:
 - Simulatore ufficiale Soccer Server;
 - 11 giocatori per ogni squadra;
 - Capacità percettive limitate (visive e uditive);
 - Adatta per lo studio e lo sviluppo di tematiche riguardanti MAS e AI;
 - Aspetti principali: Teamwork, Apprendimento;

Mapping nel metamodello A&A (1)

Il ruolo di agenti è ricoperto dai robot giocatori, che godono delle seguenti proprietà, descritte dal meta-modello:

Autonomi	Ogni giocatore incapsula un proprio flusso di controllo e scambia informazioni con gli altri giocatori.
Goal oriented	Il goal è quello di segnare più reti dell'avversario.
Reattivi	Percepiscono i movimenti degli avversari e dei compagni e in base ad essi prendono decisioni e compiono azioni.
Proattivi	Compiono azioni (spostamenti, tiri, passaggi) e contengono criteri per autogovernarsi (scegliere se passare la palla o tirare).
Intelligenti	Compiono azioni in modo intelligente (calcolano qual'è il passaggio migliore da effettuare, si smarcano).
Apprendisti	Apprendono come comportarsi (genetic programming, evolutionary approach).
Interattivi	Interagiscono con gli altri giocatori e con artefatti.

Mapping nel metamodello A&A (2)

L'artefatto principale individuato è la palla, che gode delle seguenti proprietà:

Funzioni	Può essere calciata, passata, intercettata..
Trasparente	Le funzioni disponibili sono presentate all'agente.
Reattiva	Reagisce opportunamente agli stimoli dati dai giocatori
Situata	Il suo comportamento (velocità, mantenimento della direzione) è legato al terreno di gioco in cui si trova.
Rappresentativa dell'ambiente del MAS	Osservando le traiettorie della palla, è possibile valutare le attività del MAS (qualità di tiri, passaggi, posizionamento giocatori).

Mapping nel metamodello A&A (3)

Altre proprietà:

Abilitante	Abilita il giocatore ad effettuare una giocata.
Vincolante	Il giocatore può solo colpire la palla.
Ispezionabile	Il suo stato è visibile all'agente, così come l'interfaccia
Controllabile	L'ingegnere del MAS, può tracciare le traiettorie della palla, per monitorarne il funzionamento.
Malleabile	In caso di variazione del terreno di gioco.
Predicibile	Se la palla viene calciata in una determinata direzione, seguirà quella direzione.
Formalizzabile	Strettamente legata alla predicibilità; è possibile formalizzare il modo con cui la palla si muove (es. velocità)

Mapping nel metamodello A&A (4)

Il MAS è dato dagli agenti (due squadre) + l'artefatto (palla), e presenta i seguenti aspetti:

Situato	Le entità sono situate nello specifico ambiente dato dal terreno di gioco, e agiscono in base a tale contesto.
Comunicazione	Tra i giocatori vi è scambio di messaggi.
Operazione	I giocatori effettuano operazioni (tiro, passaggio) sull'artefatto palla
Presentazione	L'artefatto palla si manifesta agli agenti.
Cooperazione	I membri della medesima squadra cooperano per il raggiungimento dell'obiettivo comune alla squadra.
Competizione	Le due squadre costituiscono due gruppi di agenti che competono per il possesso dell'artefatto (risorsa comune) palla. La squadra avversaria può essere vista come un ambiente dinamico e ostruzionista.

Calcio e MAS (1)

Le dinamiche del calcio e le sue regole rendono necessario lo sviluppo di numerose tematiche inerenti i MAS:

- Fuorigioco
 - Reattività ai cambiamenti di posizione avversari e adozione di opportune strategie;
 - → “Compact Soccer” → “Dynamic Formation” → Necessità di comunicazione tra gli agenti per coordinare il cambio di strategia.
- Presenza avversari
 - L’ambiente è quindi ostile e cambia dinamicamente. Bisogna percepire le mosse dell’avversario e agire di conseguenza.
- Velocità della palla
 - Tale da consentire ai robot di percepirne la direzione e agire per intercettarla;

Calcio e MAS (2)

- Movimento senza palla
 - I compagni senza palla cercano di posizionarsi nella zona che massimizza il coefficiente di successo del passaggio;
 - Gli avversari si muoveranno per cercare di intercettare il passaggio.
- Variabilità delle giocate
 - Gestione del possesso palla;
 - Passaggio al compagno (corto, filtrante, all'indietro): osservare l'ambiente e comunicare coi compagni per accertarsi che il passaggio avvenga in modo "sicuro".
- Marcatura a uomo
 - Punto di inizio per il monitoraggio e la modellazione dell'avversario.

Calcio e MAS (3)

- Marcatura a zona
 - Stabilire criteri per il posizionamento in campo.
- Resistenza giocatori limitata
 - Necessario gestire le energie (percorsi costo minimo..);
- Identificazione del portiere
 - I difensori non possono rimanere nella propria area a lungo;
- Contrasti fallosi
 - Occorre incapsulare nei robot meccanismi di obstacle avoidance;

Caso di studio 1: posizionamento

Aspetto cruciale per quanto riguarda:

- Collaborazione fra compagni di squadra;
- Contrasto della manovra avversaria;
- Trappola del fuorigioco.

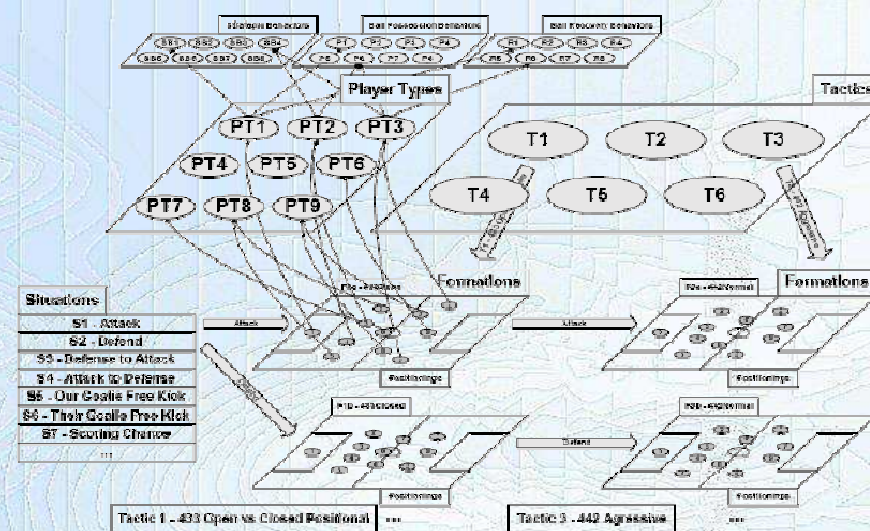
Due principali metodi di posizionamento dinamico:

- Situation Base Strategic Positioning (SBSP), 2001;
- Dynamic Positioning based on Voronoi Cells (DPVC), 2006.

SBSP

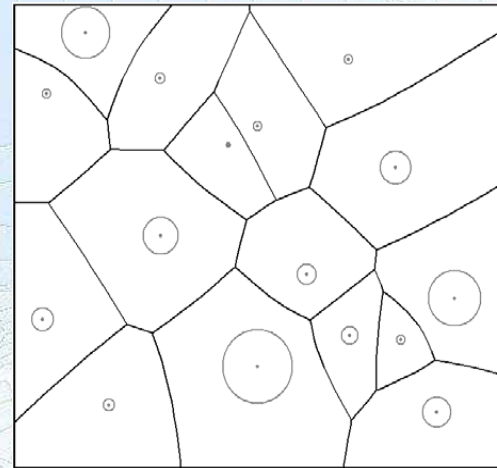
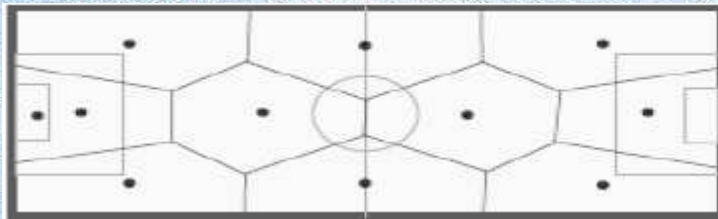
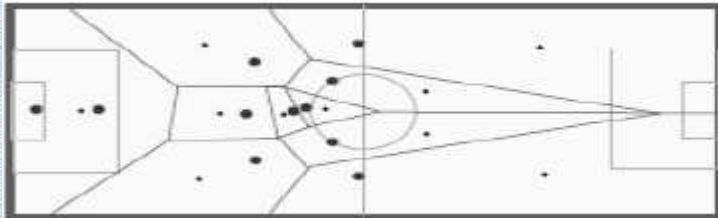
- Un agente è in possesso di palla;
- Gli altri si spostano nella posizione migliore per ricevere/intercettare il passaggio;
- Metodi per il calcolo della posizione ottimale variabili a seconda della strategia di gioco adottata;
- Posizioni e movimenti vincolati da un ruolo statico e predeterminato;

Situations
S1 - Attack
S2 - Defend
S3 - Defense to Attack
S4 - Attack to Defense
S5 - Our Goalie Free Kick
S6 - Their Goalie Free Kick
S7 - Scoring Chance



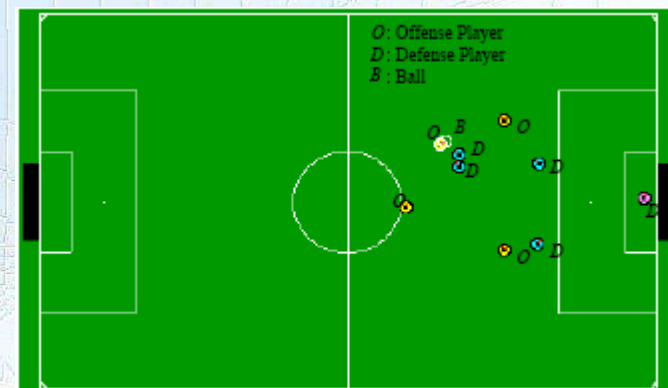
DPVC

- Utilizzo dei diagrammi di Voronoi per suddividere il campo in aree occupate da ciascun giocatore.
- Varianti delle celle di Voronoi, per tenere conto di vari aspetti:
 - Presenza dell'avversario;
 - Resistenza limitata dei giocatori;
 - Strategia offensiva / difensiva, trappola del fuorigioco;



Caso di studio 2: fase offensiva

- Tipica situazione di gioco in cui è utile adottare un metodo di reinforcement learning;
- Obiettivi:
 - Squadra che attacca: segnare un gol.
 - Squadra che difende: impedire la segnatura.
- Azioni possibili (definizioni rigorose):
 - Passaggio;
 - Tiro;
 - Dribbling;
- Condizioni di terminazione:
 - Segnatura rete;
 - Uscita della palla dal campo;
 - Palla in possesso di un avversario;



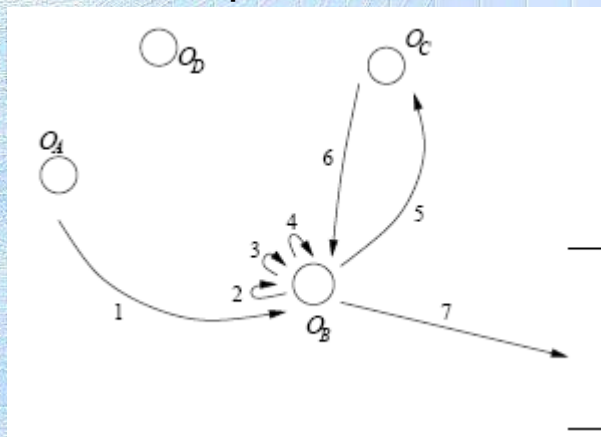
Soluzione proposta (1)

- L'idea è sfruttare la comunicazione tra compagni di squadra:
 - Scambio di messaggi;
 - Condividere l'esperienza acquisita dal portatore di palla con gli altri agenti;
- Scelta di una funzione che assegna un valore numerico (ricompensa) allo scenario di gioco ottenuto al termine della fase offensiva;

Game Scenario	Notation	Reward
Goal	<i>goal_reward</i>	1.0
Ball with some offense player	<i>offense_reward</i>	0
Ball caught by goalie	<i>catch_reward</i>	-0.1
Ball out of bounds	<i>out_reward</i>	-0.1
Ball with some defense player	<i>defense_reward</i>	-0.2

Soluzione proposta (2)

- Ogni volta che un giocatore compie una giocata, ottiene una “ricompensa” e manda un messaggio broadcast ai compagni contenente:
 - Stato dell’ambiente al momento della giocata;
 - Giocata effettuata;
 - Ricompensa ricevuta;



Number	Sender	State	Action	Reward
1	O_A	s_1	Pass3 (to O_B)	offense_reward
2	O_B	s_2	Dribble	offense_reward
3	O_B	s_3	Dribble	offense_reward
4	O_B	s_4	Dribble	offense_reward
5	O_B	s_5	Pass2 (to O_C)	offense_reward
6	O_C	s_6	Pass2 (to O_B)	offense_reward
7	O_B	s_7	Shoot	goal_reward

- I compagni ricevono il messaggio e aggiornano i parametri della funzione;

Conclusioni: risultati acquisiti (1)

- Costante incremento team iscritti (42 nel 1997, 450 nel 2006).
- Nuove leghe e nuove competizioni (RoboCup Rescue);
- Simulation league: migliorato l'aspetto cooperativo dei MAS:
 - Aspetti di gioco: attacchi sulle fasce, attacco degli spazi, trappola del fuorigioco;
 - Introduzione della simulazione 3D → nuovi scenari: tiri alti (non solo rasoterra), lanci e cross in area.
- Humanoid league: miglioramenti solo dal punto di vista meccanico:
 - Nuovi kicking devices;
 - Meccanismi per risollevarsi autonomamente quando cadono a terra;
 - Portieri capaci di tuffarsi;

Risultati acquisiti (2)

- Middle size league → miglioramenti soprattutto tecnologici:
 - Visione artificiale e sensoristica → rimozione barriere, ampliamento terreno di gioco;
 - Meccanica → kicking devices permettono ampia gamma di giocate;
 - Processori on board → elaborazione di algoritmi complessi per le strategie di gioco;
- Small size league → miglioramenti ancora più accentuati:
 - Terreno di gioco ampliato di 4 volte;
 - Kicking devices garantiscono elevata potenza dei tiri, conduzione palla, dribbling;
 - Strategie e tattiche notevolmente migliorate: gioco “di prima”, fase difensiva in grado di opporvisi, passaggi precisi e intelligenti

Sviluppi futuri

Tecnologie e metodologie sviluppate in ambito RoboCup, si potranno impiegare per creare robot adatti ad operare nei seguenti ambiti:

- Ambienti pericolosi e non adatti all'uomo:
 - Soccorso feriti in scenari di guerra o catastrofi naturali;
 - Sminamento post-bellico;
 - Spegnimento incendi;
- Ambito biomedico:
 - Assistenza disabili;
- Ambito spaziale:
 - Esplorazione pianeti;
 - Riparazione satelliti;

Bibliografia (1)

- [1] H.Kitano, M.Asada, Y.Kuniyoshi, I.Noda, E.Osawa.
RoboCup: the robot world cup initiative, 1997.
- [2] M.Asada, H.Kitano, I.Noda, M.Veloso.
RoboCup: today and tomorrow. What we have learned, 1999.
- [3] H. Dashti, S.Kamali, N.Aghaeepour.
Positioning in robots soccer, 2007.
- [4] U.Visser, H.Burkhard. Robocup:
10 years of achievements and future challenges, 2007.

Bibliografia (2)

- [5] S.Kalyanakrishnan, Y.Liu, P.Stone.
Half field offense in RoboCup Soccer: a multiagent reinforcement learning case study. 2007
- [6] Robocup official site
<http://www.robocup.org/>
- [7] Robocup 2009 official site
<http://www.robocup2009.org/>
- [8] Isaac Project official site
www.isaacrobot.it