

## METODI EVOLUTIVI PER IL CONTROLLO DI GRUPPI DI ROBOT SIMULATI: EMERGENZA DI RUOLI DINAMICI DI LEADER E FOLLOWER

**Gianluca Baldassarre\*<sup>o</sup>, Stefano Nolfi\*, Domenico Parisi\***

*\*Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, Consiglio Nazionale delle Ricerche*

*<sup>o</sup>Facoltà di Psicologia, Seconda Università di Napoli*

*baldassarre@ip.rm.cnr.it*

### **Introduzione**

La ricerche di intelligenza artificiale sui comportamenti di agenti autonomi diretti alla soluzione di compiti collettivi hanno spesso utilizzato metodi dove il sistema di controllo è programmato direttamente dal ricercatore (es. Reynolds, 1993). Riteniamo che questo tipo di approccio abbia due gravi limitazioni. La prima è che programmare direttamente il sistema di controllo può risultare estremamente difficile in quanto è difficile prevedere e capire gli effetti che le scelte effettuate hanno sul comportamento del gruppo. Ciò avviene in quanto la catena causale controllo-comportamento di gruppo passa attraverso interazioni dinamiche molto complesse tra i sistemi di controllo, i sensori gli effettori ed i corpi di più agenti e l'ambiente. La seconda è che, per motivi analoghi, il ricercatore solitamente non riesce ad individuare e sfruttare le opportunità costituite da eventuali forme di auto-organizzazione del sistema collettivo da controllare. Questa ricerca mostra che l'utilizzo di tecniche evolutive (Nolfi e Floreano, 2000) può risolvere entrambi questi problemi in quanto l'evoluzione è basata sulla produzione "cieca" di sistemi di controllo e sulla loro selezione a posteriori in base al successo complessivo nella soluzione del problema affrontato (Baldassarre et al.). Finora l'approccio evolutivo è stato applicato a problemi di intelligenza artificiale collettiva con scenari dove vengono utilizzati agenti simulati con sistemi percettivi e motori astratti o poco realistici (Werner e Dyer, 1993; Ward et al., 2001). Raramente sono stati utilizzati robot reali, e, quando ciò è stato fatto, i problemi affrontati richiedevano solo un blando co-ordinamento tra i robot (Martinoli, 1999). Questa ricerca intende superare anche queste limitazioni.

### **Metodo**

La ricerca ha utilizzato un simulatore del robot commerciale miniaturizzato Khepera (diametro 5,5 cm; Mondada, 1993). Sono stati utilizzati quattro robot, ciascuno dotato dei seguenti sensori distribuiti intorno al perimetro: 8 sensori infrarossi (utilizzati dai robot per evitare gli urti); 4 microfoni direzionali (utilizzati dai robot per individuare la posizione degli altri robot); 4 sensori di luce (per individuare una luce-obiettivo nell'ambiente). I robot erano inoltre dotati dei seguenti effettori: due ruote motrici ed un emettitore di suono continuo. I sensori e gli effettori sono stati "campionati" sulla base del robot reale o, se non presenti in questo, sono stati simulati secondo le loro proprietà fisiche (Nolfi e Floreano, 2000). I robot sono stati posti in punti scelti a caso in una arena 1 metro per 2 circondata da pareti. Il sistema di controllo di ciascun robot era una semplice rete a due strati a propagazione in avanti dei segnali. Per sviluppare opportuni pesi di questa rete è stato utilizzato un algoritmo genetico ispirato al mondo delle formiche, dove la selezione opera al livello di gruppi di formiche aventi DNA molto simile tra loro. In particolare è stata generata una popolazione di 100 DNA, ognuno costituito dalla sequenza di pesi del sistema di controllo neurale di un robot. Una copia di questo sistema è stata poi immessa in ciascun robot di un gruppo di quattro robot. Con questa procedura sono stati creati 100 gruppi di robot in corrispondenza dei 100 DNA. Il compito dei robot di ogni gruppo era di riunirsi e poi navigare verso una luce-obiettivo posta ad una estremità dell'arena rimanendo vicini gli uni agli altri. La funzione di fitness utilizzata premiava la compattezza del gruppo, la velocità di avvicinamento alla luce e

l'assenza di urti. I 100 gruppi di robot sono stati testati con questa fitness e sono stati selezionati i DNA dei migliori 20 gruppi. Ciascuno di questi DNA ha dato luogo a 5 "figli", modificati con delle mutazioni casuali, in modo da formare una seconda "generazione" di 100 DNA (e 100 gruppi), e l'intero ciclo è stato ripetuto per 100 generazioni. Questa simulazione è stata ripetuta 10 volte a partire da 10 popolazioni di DNA iniziali casuali.

### **Risultati**

I risultati mostrano che emergono tre classi di strategie per la soluzione del compito. Ora illustreremo in dettaglio queste strategie (ad esse sono stati assegnati dei nomi di riferimento). Rosa. In questa strategia i robot ruotano molto velocemente su se stessi e facendo ciò riescono a mantenersi molto vicini tra loro. L'intero gruppo si sposta lentamente verso la luce.

Ameba. In questa strategia i robot si muovono caoticamente gli uni rispetto agli altri, ma così facendo riescono a mantenere una certa compattezza ed una discreta velocità di avvicinamento verso la luce.

Stormo. E' la strategia che massimizza le diverse componenti della fitness. In questa strategia i robot assumono una configurazione "a quartetto" compatta e stabile e l'intero gruppo si muove a massima velocità verso la luce.

### **Discussione e conclusioni**

Una analisi approfondita della strategia dello stormo mostra che una volta che il gruppo si è formato, i robot assumono dinamicamente dei ruoli di "leader" e "follower". In particolare i due robot di testa sono sempre rivolti verso la luce, ed eventualmente "aspettano" gli altri o si muovono verso di essi all'indietro. I robot di coda, invece, si impegnano a mantenere la compattezza del gruppo. Un aspetto importante è che i ruoli e le posizioni reciproche dei robot una volta assunti tendono ad essere mantenuti a fronte di perturbazioni casuali.

Queste risultati mostrano che effettivamente i metodi evolutivi: (a) costituiscono un mezzo potente di sviluppo del sistema di controllo di gruppi di robot coinvolti in compiti collettivi; (b) riescono a risolvere i compiti nonostante la complessa dinamica che caratterizza i comportamenti di gruppo; (c) riescono a sfruttare le proprietà auto-organizzative dei gruppi.

### **Riferimenti bibliografici**

Baldassarre G., Nolfi S., Parisi D. (accepted for publication). Evolving mobile robots able to display collective behaviour. *Artificial Life*.

Martinoli A. (1999). *Swarm intelligence in autonomous Collective robotics: from tools to the analysis and synthesis of distributed control strategies*. PhD Thesis. Lausanne: Computer Science Department, EPFL.

Mondada F., Franzi, E. & Jenne P. (1993). Mobile Robot Miniaturisation: A Tool For Investigation In Control Algorithms. *Proceedings of the Third International Symposium on Experimental Robotics*.

Nolfi S. & Floreano D. (2000). *Evolutionary Robotics*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

Reynolds C.W. (1993). An evolved, vision-based behavioral model of coordinated group motion. In Meyer J.A., Roitblat H.L., Wilson S.W. (eds.), *From Animals to Animats 2: Proceedings of the second international conference on the simulation of adaptive behaviour*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

Ward C.R., Gobet F. & Kendall G. (2001). *Evolving collective behavior in an artificial ecology*. *Artificial Life*. Vol. 7, pp. 191-209.

Werner G.M. & Dyer M.G. (1993). Evolution of herding behavior in artificial animals. In Meyer J.A., Roitblat H.L., Wilson S.W. (eds.), *From Animals to Animats 2: Proceedings of the second international conference on the simulation of adaptive behaviour*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.