

Giochiamo con i Robot

Insegnare a un robot il gioco del calcio? Governare una colonia di automi?
 Questione di programmazione.

- **Andrea Bonarini**, Dipartimento di Elettronica e di Informazione - Politecnico di Milano
bonarini@elet.polimi.it
- **Augusto Chioccarello**, CNR - Istituto per le Tecnologie Didattiche
augusto@itd.cnr.it
- **Enrica Giordano**, Dipartimento di Scienze Umane per la Formazione "Riccardo Massa" - Università di Milano-Bicocca
enrica.giordano@unimib.it
- **Orazio Miglino**, Dipartimento di Scienze Relazionali "G. Iacono" - Università di Napoli Federico II
orazio.miglino@unina.it

INTRODUZIONE

"Giochiamo con i robot" è un laboratorio interattivo per grandi e piccini realizzato per l'edizione 2007 del Festival della Scienza di Genova.

Lungo un percorso che va dalla telerobotica alla robotica evolutiva, il laboratorio sviluppa il tema di dare intelligenza ai robot. Questo percorso, le cui tappe sono le varie installazioni, si conclude nella "bottega" dove è possibile costruire e programmare i propri robot o smontare e modificare quelli esposti durante il percorso didattico. I visitatori sono coinvolti in attività ludiche grazie alle quali possono entrare in contatto con alcune delle idee potenti della robotica, come "feedback" e "comportamenti emergenti".

Chi viene al laboratorio è accolto all'ingresso da un "robot maggiordomo" che accompagna i visitatori alle varie installazioni fornendo una prima introduzione (figura 1).

Le installazioni comprendono:

- i fotovori, robot autonomi che si nutrono di luce grazie ad una cella solare;
- SwarmBot, robot che si muovono su una piattaforma con 100 lampadine che pos-

sono essere accese o spente creando un ambiente mutevole che dà origine a interessanti dinamiche di gruppo;

- SpyBot, robot teleguidato dotato di una telecamera con cui si esplora un labirinto;
- RobotSoccer, due robot che vengono programmati per giocare a pallone;
- BreedBot, popolazione di robot capace di evolvere, il visitatore gioca il ruolo di un allevatore che seleziona gli esemplari più adatti al compito da eseguire;
- la "bottega", dove si possono smontare, modificare o costruire robot.

I robot delle installazioni sono realizzati con kit robotici commerciali. Le scatole da costruzione robotiche permettono anche ai bambini di creare, assemblare e programmare i propri robot e agli insegnanti di sviluppare una proposta educativa che amplia le attività di laboratorio sperimentale non limitandole a sensori direttamente collegati ad un PC. Inoltre, questi kit di costruzione permettono di approcciare competenze e saperi che ragionevolmente prevediamo essere importanti domani quando le ragazze e i ragazzi a cui ci rivolgiamo oggi saranno cresciuti.

Nei tempi limitati di una visita al laboratorio non è possibile sviluppare progetti autonomi e creativi e far seguire alle attività di costruzione momenti di riflessione e discussione collettiva indispensabili all'apprendimento, ma auspichiamo di suscitare abbastanza interesse e curiosità affinché genitori ed insegnanti consultino le nostre proposte educative sul sito web associato al laboratorio¹.

Il laboratorio è progettato per ospitare gruppi di 30 visitatori che si fermano per un'ora. Poiché nessuna delle attività permette a tutti i membri di un gruppo di interagire contemporaneamente con un'installazione, i visitatori sono suddivisi in sottogruppi e interagiscono con le installazioni in parallelo. Nella progettazione abbiamo anche previsto un suo utilizzo in attività di formazione in cui sono ampliate le attività di costruzione e programmazione previste; in questo caso il laboratorio dura due ore.

Il percorso di visita è organizzato in due livelli di complessità crescente. Nel primo livello (che comprende: Fotovori, Swarmbot e Spybot) i visitatori possono immediatamente interagire con le installazioni. Nel secondo livello (Breedbot, Robosoccer e Bottega) devono prima programmare i robot a risolvere i compiti assegnati.

Qui di seguito descriveremo le sei installazioni di Giochiamo con i Robot.

Fotovori

I fotovori (figura 2) sono dei piccoli robot autonomi che si nutrono di luce. Essi si muovono da soli senza la necessità di alcun controllo esterno. La loro fonte di energia è una cella fotovoltaica che in presenza di luce dà energia ai robot. I fotovori hanno due



sensori di luce (destro e sinistro) collegati ai due motori che permettono loro di muoversi verso la luce. Possiamo pensare i circuiti che collegano sensori e motori come due neuroni che rispondono alla regola: se vedi luce attiva il motore. Collegando il sensore destro al motore sinistro e viceversa, il comportamento risultante del fotovoro è di muoversi verso la luce e così facendo di ricaricarsi di energia "mangiandola" (da qui il suo nome). Anche se minimalisti, con appena due neuroni, i fotovori se la cavano egregiamente come entità artificiali autonome capaci di interagire con l'ambiente.

Il laboratorio interattivo è costituito da una piattaforma e quattro torce elettriche tramite cui i visitatori possono interagire con i fotovori.

1

<http://blog.itd.cnr.it/robot/>

figura 1

L'accoglienza al laboratorio da parte del Robot maggiordomo.

figura 2

Un fotovoro.

figura 3

Una gara di corsa con i fotovori.

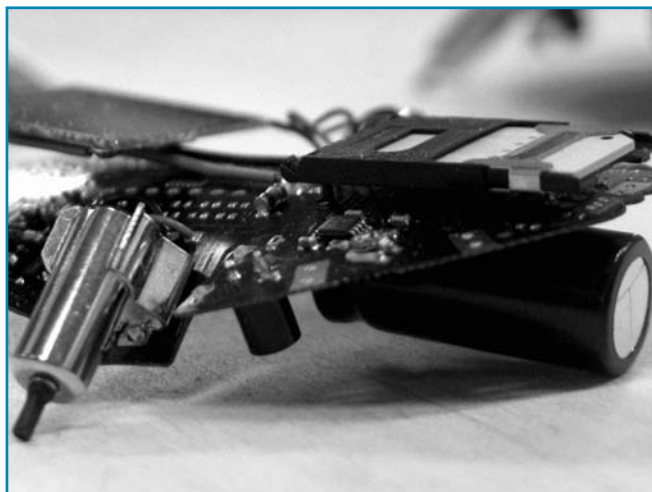




figura 4

Il laboratorio interattivo di SwarmBot.

figura 5

Momenti di interazione con SwarmBot.

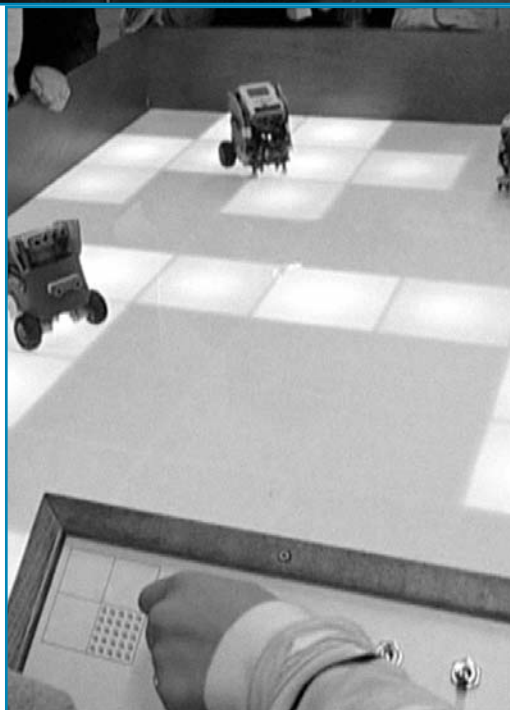


figura 6

Momenti di interazione con SwarmBot.



SwarmBot

Le forme di intelligenza più sofisticate emergono da una collettività di organismi (si vedano per esempio le società degli insetti e degli esseri umani). Non c'è *intelligenza senza corpo* e, contemporaneamente, non esistono *atti intelligenti sofisticati* senza collettività. L'installazione SwarmBot permette al visitatore di governare un team di robot. Ogni robot esibisce un comportamento molto semplice ma, se governata in modo efficiente, la collettività dei robot presenterà pattern (modelli) comportamentali sofisticati. Infatti la somma di semplici comportamenti individuali può produrre un comportamento collettivo complesso. Questo è, per esempio, il caso delle formiche: ogni singola formica ha solamente delle abilità semplici, ma, grazie all'interazione con altri semplici agenti, è in grado di mostrare comportamenti emergenti complessi, come cooperare per trasportare oggetti.

Nell'installazione SwarmBot i visitatori potranno interagire con due gruppi di robot, manipolando l'ambiente in cui essi vivono. I robot si muovono su di una piattaforma di 2 metri X 2 metri circondata da mura e suddivisa in 100 celle. Sotto ogni cella c'è una lampadina che può essere accesa o spenta da quattro consolle esterne. Ciò consente di creare molto facilmente dei labirinti di varia complessità accendendo le celle opportune. Nell'arena agiscono robot, costruiti con il kit Lego Mindstorms®, provvisti di un sensore di luce puntato verso il pavimento per distinguere la luminosità delle varie celle, e tre sensori di distanza.

I due gruppi di robot si distinguono in virtù del loro comportamento: i robot del primo gruppo si fermano sulle celle luminose e si muovono su quelle scure, mentre gli altri hanno il comportamento opposto (figure 5 e 6).

Al variare delle caratteristiche dell'ambiente i robot si trovano ad affrontare situazioni sempre più complesse. L'intervento umano crea ad ogni manipolazione diversi scenari nei quali i due gruppi di robot si muovono in interazione dinamica. Questo controllo decentralizzato conduce ad una situazione dinamica che determina la nascita di nuovi comportamenti.

SpyBot

Lo scopo della Telerobotica consiste nel controllare a distanza una macchina potenzialmente sofisticata. È ciò che accade nella maggior parte dei robot esploratori spediti nello spazio, sotto i mari o nei crateri dei vulcani. Nella Telerobotica l'essere umano presta alla macchina l'intelligenza e la macchina dona all'uomo un corpo nuovo e potente. Interporre però enormi distanze tra i corpi e le menti potrebbe causare dei problemi, forse perché viene violato uno dei principi cardini della natura: mente e corpo si affermano, nel corso dello sviluppo degli organismi, in un processo co-evolutivo.

L'ambiente in cui agisce SpyBot non è direttamente accessibile per il visitatore, che può però pilotare il robot tramite un joystick (figura 7).

L'informazione disponibile per l'utente proviene dal monitor che mostra quello che vede la telecamera montata sul robot. La telecamera offre un punto di vista egocentrico o soggettivo, che dipende strettamente dalla posizione del robot e quindi dall'azione che l'utente gli indica. Il compito proposto è quello di esplorare un labirinto per localizzare un oggetto (un pupazzo), come nel caso di un robot che cerca di localizzare i superstiti dopo il crollo di un edificio (figura 8 e 9).



figura 7

SpyBot.

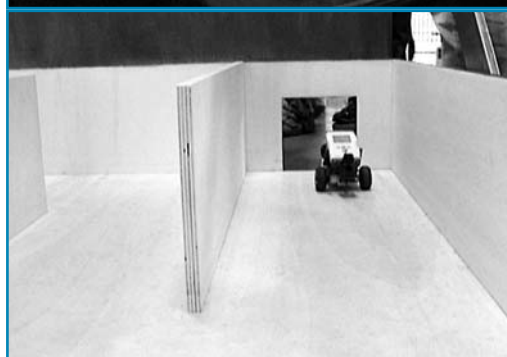


figura 8a/8b

Chi guida SpyBot deve riuscire a localizzare un oggetto piazzato nel labirinto da chi sta dietro lo schermo.



figura 9

Ora i ruoli sono invertiti. Si guida SpyBot con il joystick mentre il monitor mostra il labirinto come visto dalla telecamera montata sul robot.



BreedBot

Gli esseri viventi acquisiscono le loro conoscenze sul mondo attraverso il tempo sedimentando una lunga serie di esperienze. In natura nessuno “infonde” una volta per tutte l’intelligenza in un altro organismo; al massimo, lo si segue nel suo processo di crescita indirizzandolo, curandolo, educandolo. In questo senso, l’intelligenza è una caratteristica dinamica e non cristallizzata. Gli esseri viventi non si programmano, essi si adattano infatti all’ambiente in cui sono immersi o, al massimo, vengono allevati (o addestrati) da altri esseri viventi. Questa (banale) constatazione ha avviato un vasto campo di ricerca, denominato “*robotica adattiva*”, in cui i robot vengono dotati della capacità di apprendere dalla loro esperienza. Spesso i processi di apprendimento “robotici” vengono supervisionati e cana-

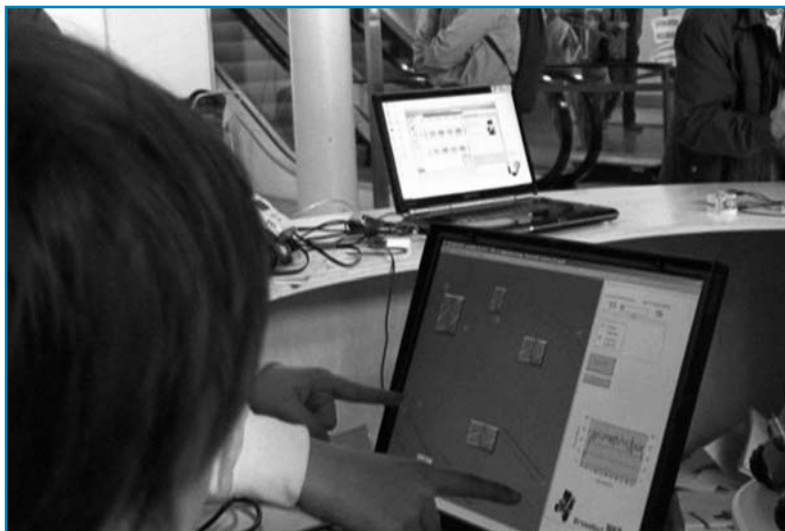
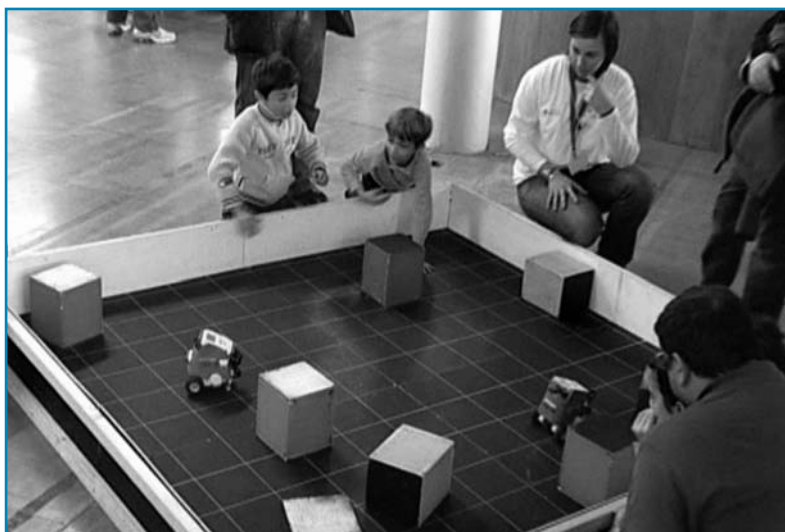
lizzati da un essere umano. Questo campo di ricerca ha un indubbio fascino; il problema però è che ancora non esiste una solida teoria scientifica circa i processi di apprendimento/adattamento. I robot attuali quindi riescono ad apprendere attuando dei processi tutto sommato abbastanza semplici. Il laboratorio interattivo, tramite l’uso del sistema hardware/software “BreedBot” (figura 10), consente al visitatore di addestrare una popolazione di robot premiando gli individui più capaci nello svolgere un determinato compito di orientamento spaziale. Nella simulazione al computer nove robot si muovono e vivono per un lasso di tempo impostato dall’utente. In ogni momento è possibile bloccare la generazione e selezionare i tre individui che formeranno la generazione successiva. A partire dal genoma di ogni individuo selezionato, Breedbot produrrà, introducendo delle piccole mutazioni, tre cloni che ricreeranno il numero della popolazione iniziale. Aggiungendo degli ostacoli si può definire a piacimento il loro campo d’azione. Nel processo di selezione ed evoluzione, ogni individuo possiede un suo codice genetico che contiene i valori relativi alle connessioni sinaptiche del “cervello” di Breedbot. Il cervello di Breedbot è una rete neurale, un insieme di “neuroni” artificiali connessi tra di loro, proprio come accade con quelli reali. La forza, o il peso, di tali connessioni viene conservato nel codice genetico di ogni robot. Dopo generazioni e generazioni, quando l’utente è soddisfatto del comportamento che il robot esibisce, arriva il momento di provare in reale il robot simulato. Il cervello di Breedbot passa dal robot simulato a quello reale ed è possibile vederlo all’azione e verificare la sua efficienza. La selezione può avvenire in maniera automatica, se viene affidata al sistema, o essere guidata da un essere umano (figura 11).

figura 10

Bread Bot.

figura 11

Selezione dei robot più adatti al compito.



RoboSoccer

L'iniziativa RoboCup², fondata nel 1997 da Hiroaki Kitano, è uno sforzo internazionale con lo scopo di promuovere la ricerca in robotica ed in intelligenza artificiale fornendo un problema standard alla cui soluzione una vasta gamma delle tecnologie può essere adibita. L'obiettivo ultimo di RoboCup è di produrre, dalla metà del ventunesimo secolo, una squadra di robot umanoidi capaci di vincere una partita di pallone contro i campioni del mondo. Un obiettivo simile per l'intelligenza artificiale è stato raggiunto nel 1997 quando il computer Deep Blue dell'IBM ha sconfitto a scacchi il campione del mondo Gary Kasparov.

Queste due sfide, quella vinta nel secolo scorso e quella in atto, esemplificano un cambiamento profondo nelle ricerche sull'intelligenza. Il computer che gioca a scacchi è più in sintonia con l'immagine di intelligenza suggerita dalla statua del pensatore di Rodin: un'intelligenza solitaria, astratta, che valuta le possibilità e razionalmente decide le sue mosse come appunto nel gioco degli scacchi. I robot calciatori invece devono interagire in maniera autonoma in un ambiente dinamico, in cui le decisioni devono essere prese con informazioni incomplete, il controllo dei vari componenti può essere distribuito e la comunicazione fra i robot è un fattore importante. La nuova sfida rappresenta bene un approccio all'intelligenza che privilegia il suo essere contestualizzata e tutt'uno con la fisicità del corpo in cui si esprime. Un'intelligenza più adattiva e evolutiva che razionalista, più sociale e collettiva che individuale.

RoboSoccer (figura 12) è una versione per profani di una partita di calcio tra robot. Gli utenti, che non hanno competenze specialistiche, hanno il compito di programmare il robot calciatore come un allenatore fa quando imposta la strategia di gioco dei suoi calciatori. Per esempio l'allenatore potrebbe dire all'ala che il suo compito è di tornare indietro nella sua area, prendere il pallone, correre lungo il bordo del campo ed infine crossare al centro. Allo stesso modo i visitatori selezionano i comportamenti in successione da far eseguire al robot calciatore (figura 13). I comportamenti a disposizione includono: reagire a un urto, andare in aree specifiche del campo, girare e muoversi in avanti, trovare il pallone, girare intorno al pallone, muoversi in direzioni prefissate, ecc.



figura 12

RoboSoccer.

figura 13

Programmare un robot calciatore.

2

Vedi:
<http://www.robocup.org>



figura 14

La Bottega dei robot.

figura 15

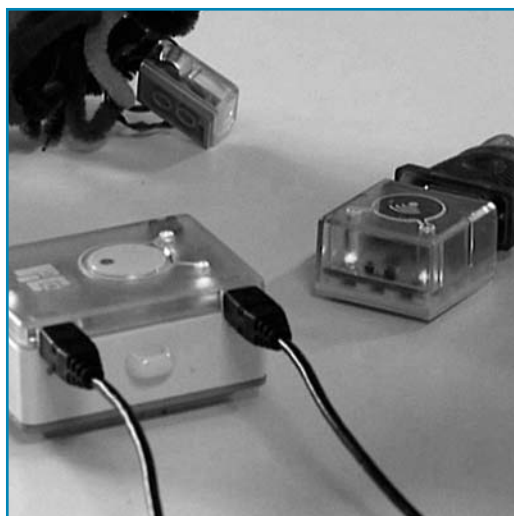
Smontare, costruire e ricostruire i robot.

figura 16

Kit di costruzione dei robot.

figura 17

Studenti alle prese con gli esperimenti.



La Bottega dei robot

La Bottega dei robot (figura 14) è il luogo dove i robot vengono costruiti, modificati o riparati. All'interno della bottega si possono smontare copie dei robot presentate nei laboratori interattivi per vedere come sono fatti e cercare di capire il loro funzionamento modificandoli. Si possono anche costruire nuovi robot (figura 15). Dati i tempi a disposizione dei visitatori, le attività possibili consistono nella scelta di uno dei progetti proposti dalla bottega a cui è associata una scatola da costruzione contenente moduli hardware e software preassemblati. A seconda dell'età dei visitatori cambiano i progetti e i kit di costruzione proposti (figura 16). In particolare la bottega prevede due kit (LEGO NXT e PICO Cricket): il primo per alunni delle scuole medie e superiori, il secondo per alunni delle scuole elementari (figura 17).

Ringraziamenti

Il laboratorio è una rielaborazione di vari progetti ed esperienze didattiche. In particolare, le installazioni Swarmbot, Spybot e Breedbot sono state sviluppate a partire da lavori di Orazio Miglino (2008a, 2008b); i Fotovori vengono dalla mostra *Cybugs* presentata alla triennale di Milano del 2002³ e curata da Andrea Bonarini e dalla Interactive Toys; Robosoccer da Henrik Hautop Lund e Luigi Paglierini (2000); la Bottega dei robot dalle attività progettate da Andrea Bonarini, Augusto Chiocciariello ed Enrica Giordano nell'ambito del progetto EST⁴.

3

<http://www.cybugs.info>

4

http://www.museoscienza.org/est/museo/robot_0.asp

riferimenti bibliografici

Lund H.H., Paglierini L. (2000). RoboCup Jr. with LEGO Mindstorms. In *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2000*, April 24-28, 2000, San Francisco, CA, USA, pp. 813-819.

Miglino O., Ponticorvo M., Rega A., Di Martino B. (2008). Robotics exhibits for science centres. Some prototypes. In A. Gottscheber, D. Obdrzalek, J.P. Mendoza, J.-D. Dessimoz, S. Enderle (eds.). *Proceedings of the EUROBOT Conference*

2008 Heidelberg, pp. 145-155.

Miglino O., Gigliotta O., Ponticorvo M., Nolfi S. (2008). Breedbot: an evolutionary robotics application in digital content. *The Electronic Library*, 26(3), pp. 363-373.