

ROBY, AUTONOMIA CON PRECISIONE

di Flavio Barna e Paolo Marras

In questo articolo si descrive il progetto Roby nell'ambito del quale è stato realizzato un robot autonomo (detto 'rover') in grado di seguire un percorso predefinito con un'accuratezza di 2 centimetri.

Applicazioni GPS

Negli ultimi mesi si sono conclusi una serie di progetti finanziati dall'ASI, Agenzia Spaziale Italiana, mirati allo sviluppo pratico di applicazioni del GPS. L'ASI, fortemente coinvolta nello sviluppo del sistema di posizionamento satellitare europeo, Galileo, ha voluto così dare un significativo apporto al fine di incrementare ulteriormente la diffusione delle conoscenze relative a questo settore nell'ambito delle piccole e medie imprese. In questo numero, e nel successivo, Geomedia è lieta di dare spazio a due dei progetti sviluppati nell'ambito di questo programma. ■

Fabrizio Bernardini
fbi@aec2000.it

INTRODUZIONE

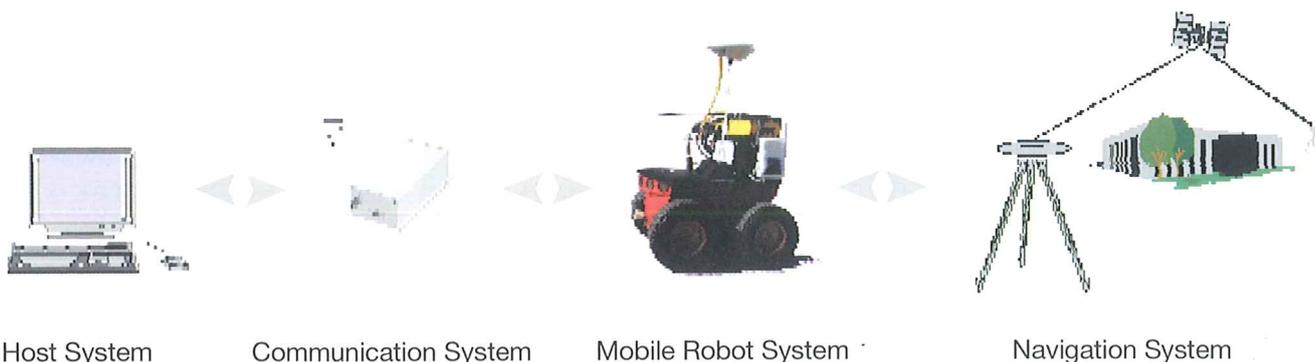
Il progetto Roby rappresenta il punto d'incontro tra le tecnologie di posizionamento globali (attualmente il sistema GPS ed in futuro l'europeo Galileo), la robotica mobile e le più moderne teorie dell'intelligenza artificiale. L'idea consiste nell'usare un robot mobile, equipaggiato con un ricevitore satellitare ad alta precisione e dei sensori di distanza, per seguire un percorso predefinito, determinato da un insieme di punti prefissati, in ambiente esterno al fine di effettuare una determinata missione, in modo autonomo senza l'intervento dell'uomo.

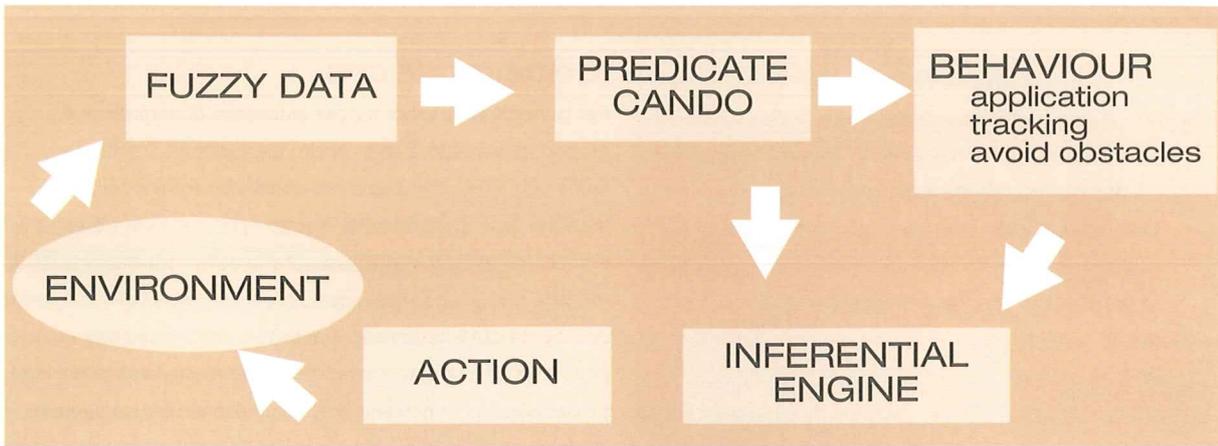
I componenti principali del sistema Roby:

- il 'rover',
- il sistema di navigazione satellitare (GPS),
- il sistema di comunicazioni che permette di mantenere i contatti con un PC di controllo remoto.

Utilizzando una rete 'Wavelan' (che permette connessioni convenzionali Ethernet via radio) operante con protocolli TCP/IP (internet) è possibile la connessione tra e con più robot per realizzare applicazioni 'multirobot' (flotte), e tra più host, per elaborazioni scientifiche dedicate a distanza. Tutti i componenti fondamentali del sistema (l'architettura di rete, il GPS, i sistemi di calcolo, ecc.) sono realizzati con componenti commerciali.

FIGURA 1 Architettura generale del sistema Roby





IL SOFTWARE

Il sistema di controllo del robot è caratterizzato da una serie di comportamenti reattivi che gli consentono di raggiungere una specifica posizione evitando eventuali ostacoli, fissi o mobili, che si trovino sul percorso.

Il sistema di controllo del robot mobile è un applicazione software, sviluppata dalla società Info Solution S.p.A. in collaborazione con il Politecnico di Milano, basato sulle più avanzate teorie dell'intelligenza artificiale: quelle dei 'behavioral models' e quella delle della logica 'fuzzy'. Insieme queste tecnologie consentono di avvicinarsi al modello di ragionamento umano, interpretando il concetto d'intelligenza in termini di "capacità di legare percezione sensoriale e azione" e conferendo autonomia all'agente mobile. In particolare la logica 'fuzzy' è un formalismo informatico che permette di trattare quantità "approssimate" anche nell'ambito estremamente rigido della logica dei computer; in pratica, per fare un esempio banale, permette di sostituire a quantità esatte, termini come "tanto" e "poco").

Il software di controllo acquisisce in tempo reale i dati di posizione, opera una fusione sensoriale con le informazioni provenienti dai sensori di distanza, dei 'sonar', e dai sensori di

FIGURA 2

'Behavioral model' applicato al progetto Roby. L'utilizzo della logica 'fuzzy' per elaborare i dati dei sensori lo rende robusto e limita l'influenza dei rumori dei sensori. I comportamenti ed i diversi moduli sono tutti configurabili, senza dover modificare il codice.

movimento odometrici (gli 'encoder'), ricostruendo istante per istante il proprio mondo. I comandi per i motori sono elaborati in base ad un set di comportamenti configurabili, secondo l'architettura descritta in figura 1, al fine di permettere al robot di raggiungere la posizione desiderata evitando eventuali ostacoli.

A tale scopo, all'interno del progetto Roby sono state sviluppate due applicazioni software: la prima residente a bordo del robot mobile e la seconda su un PC remoto. Da quest'ultimo è possibile, attraverso un'interfaccia grafica, impostare di volta in volta il target della missione, inteso come insieme di punti da raggiungere, e, quindi, monitorare la missione da remoto, grazie all'insieme delle informazioni scambiate attraverso il collegamento radio (Wireless Lan). Per maggiori informazioni sul software si veda anche il box dedicato all'intelligenza artificiale.

FIGURA 3

Interfaccia remota che permette di monitorare il 'rover', rappresentando sia la mappa dell'ambiente entro cui Roby si muove che i parametri ricevuti dalla telemetria del 'rover' (espressa nel formato CCSDS definito dall'ESA, Agenzia Spaziale Europea). Permette anche di gestire una serie di telecomandi (configurabili) per impostare e configurare il robot ed eventualmente gestirlo in modo manuale.

Rover mission status

Current rover position
Coord : (0,0) Deg : 0

Scientific data

- 16:40:30 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:30 Velocity [0], Teta [0], Status: R
- 16:40:30 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:31 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:31 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:32 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:33 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:33 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:34 RPos (0,0), RelPos (64,103)
- 16:40:35 RPos (0,0), RelPos (64,103)

Direct Command

- ROVER ON LINE
- FREE
- FREE
- FREE
- FREE
- FREE

LA LOGICA FUZZY

di Flavio Barna

Il termine 'fuzzy' (in inglese vuol dire "confuso, indistinto") è stato introdotto nella comunità scientifica da Lofti Zadeh nel 1965. Egli introdusse il formalismo dei concetti 'fuzzy' per superare alcune delle limitazioni dei modelli numerici, normalmente molto distanti da ciò che viene utilizzato dalla gente normale per ragionare.

Dopo alcuni anni di sviluppo teorico apparirono le prime applicazioni dei concetti 'fuzzy', essenzialmente nel campo dei sistemi di controllo e della rappresentazione della conoscenza. All'inizio degli anni 80, alcuni ricercatori giapponesi cominciarono ad interessarsi all'approccio 'fuzzy' per sviluppare applicazioni industriali e, in pochi anni, controllori 'fuzzy' sono divenuti parte integrante di molti dispositivi della vita di tutti i giorni. Attualmente i concetti 'fuzzy' sono ampiamente utilizzati in controlli automatici, pattern analysis, sistemi esperti, sistemi di ricerca delle informazioni ed in molti altri campi.

La semplicità realizzativa di controllori operanti in logica 'fuzzy' (che pur complessi possono essere realizzati con microprocessori) ne ha favorito una grande diffusione, soprattutto ad opera delle industrie giapponesi. I controllori generalmente di basano su regole inferenziali del tipo: IF oggetto IS valore THEN azione. Questo approccio permette di avvicinarsi al ragionamento umano e alla sua rappresentazione del mondo.

I vantaggi nell'utilizzo di simili controllori sono diversi:

- Permettono di affrontare in maniera efficace problemi non lineari (al contrario dei controllori convenzionali).
- Sono relativamente facili da sviluppare: un esperto dell'ambito nel quale devono operare può facilmente definire una base di regole che descriva in termini facili da capire, il proprio comportamento come controllore umano.
- Non richiedono nessun modello matematico del sistema da controllare.
- Agiscono in maniera dolce e sono robusti rispetto al rumore ed ai disturbi.
- Possono coprire un ampio campo delle variabili di ingresso, mettendo in pratica comportamenti differenti per ciascuna di esse.

IL RICEVITORE GPS

Per permettere al robot mobile autonomo di controllare il proprio movimento è stato scelto un ricevitore Trimble a tecnologia RTK, che grazie alla correzione fornita dalla stazione fissa di riferimento, e sotto opportune condizioni di visibilità di un certo numero di satelliti della costellazione GPS, fornisce dati di posizione assoluta con la precisione dell'ordine dei 2 centimetri. Il ricevitore comunica i dati di posizione ad una frequenza di 10 Hz, con una latenza minima tra acquisizione e risultato dell'elaborazione compatibile con le dinamiche di movimento del robot.

In ogni istante è possibile visualizzare sul PC di controllo i dati forniti dal ricevitore Trimble, sia nel formato del protocollo standard NMEA che nel formato del protocollo proprietario del costruttore. Le informazioni relative alla posizione istante per istante dell'agente mobile possono essere visualizzate così come le fornisce il ricevitore in maniera diretta oppure una volta elaborate e fuse alle altre informazioni sensoriali dal software a bordo.



Anche nell'ambito della robotica mobile il controllo fuzzy si è diffuso largamente, sia per la maggiore robustezza all'incertezza, sia per la possibilità che offre di realizzare ragionamenti del tipo: "Se OSTACOLO è AVANTI-A-DESTRA allora GIRA a SINISTRA". In questo modo è possibile definire dei veri e propri comportamenti da assumere in base ai dati sensoriali dell'ambiente. I comportamenti vengono "fusi" per determinare un'azione da eseguire, in base alle priorità definite dall'obiettivo da raggiungere. ■

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

di Flavio Barna

APPLICAZIONI

ROBY costituisce un punto di partenza per lo sviluppo di futuri progetti di ricerca, già in fase di studio, volti alla realizzazione di prodotti ad alta tecnologia. L'architettura software si basa sui sistemi satellitari attualmente in sviluppo per l'ESA (Agenzia Spaziale Europea), che saranno mandati in orbita attorno a Marte per il rilevamento dell'acqua sulla superficie del pianeta, rendendo il rover un possibile prototipo per future missioni spaziali.

Inoltre è predisposto per il coordinamento di una flotta di rover, i quali, dotati di opportuni sensori saranno capaci di procedere al fine di individuare delle mine, di monitorare un territorio o di raccogliere e gestire efficacemente le informazioni di riferimento spaziale a fini cartografici, inclusa la raccolta ed il mantenimento delle informazioni geodetiche. Il rover autonomo può allora essere uno strumento automatico per applicazioni GIS, per la rilevazione dell'estensione tridimensionale di discariche e per tutta una serie di possibili attività di misure ad alta precisione da compiere in zone pericolose per l'uomo.

La Info Solution S.p.A. (www.infosol.it) ha presentato il progetto Roby alla Triennale di Milano, nel padiglione dedicato all'intelligenza artificiale (CYBUGS) dal 23 aprile al 28 luglio 2002. ■

Flavio Barna e Paolo Marras
Info Solution SpA
Via A. Gramsci 12 - 20090 Vimodrone (MI)

Dal 1956, anno della sua formale apparizione sulla scena scientifica, l'intelligenza artificiale si è interessata alla possibilità di "riprodurre intelligenza", in toto o in alcuni suoi aspetti. L'esempio da imitare era ampiamente disponibile: l'uomo. L'approccio che apparve più immediato fu quello simbolico, più tardi formalizzato da Newell e Simon (1972) nell'ipotesi del sistema simbolico fisico, secondo cui «ogni sistema intelligente, naturale o artificiale, può essere visto come una realizzazione fisica di un sistema di elaborazione simbolica». Questa è l'intelligenza artificiale (IA) classica con un approccio top-down, che cominciò a mostrare le prime limitazioni al crescere della potenza di calcolo degli elaboratori e delle capacità dei sensori.

Verso la metà degli anni 80 si arrivò alla conclusione che imitare l'intelligenza umana nella sua totalità (e quindi nella sua complessità) era praticamente irrealizzabile. Cominciarono allora a proporsi nuovi e differenti approcci che presero come riferimento forme di intelligenze più "semplici", come gli animali o gli insetti.

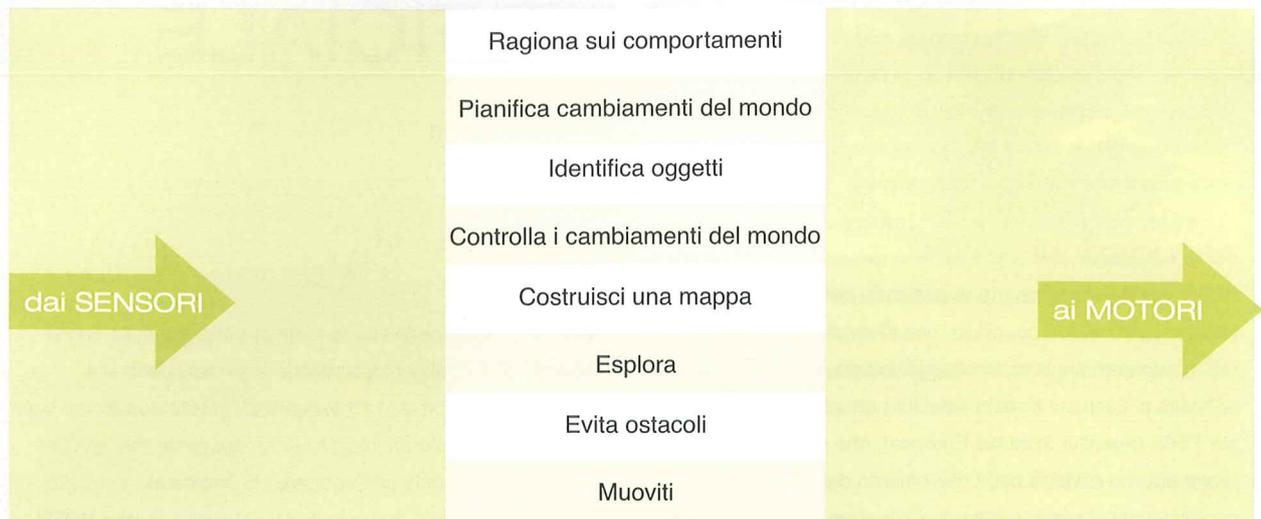
Tra coloro che tentarono strade alternative ci fu Ronald Brooks il quale nel 1986 propose un nuovo e radicalmente diverso punto di vista: anziché tentare di modellare al meglio il mondo attorno alle macchine "intelligenti", perché non costruire macchine in grado di interagire con esso ed eventualmente manifestare nell'interazione una qualche forma di intelligenza?

FIGURA 1



FIGURA 2

GEOMEDIA 03-2002



«*Robot reali in un mondo reale*», questo fu il suo motto. Portato all'estremo, il suo ragionamento era questo: «*Non devo essere io a dire esplicitamente cosa e come deve fare una certa cosa il robot; dopo averlo programmato, semplicemente lo accendo e lo lascio muovere...*» (in pratica senza dirgli dove sono i muri, ma facendo in modo che non ci sbatta contro). Il meccanismo, grazie al quale ciò era possibile, si basava per i robot sullo sviluppo verticale dell'architettura software (figura 2), contrapposto ad uno sviluppo orizzontale (figura 1) fino ad allora considerato dalla IA classica. Anziché distinguere in blocchi funzionali che si preoccupano di elaborare il dato e trasferirlo al modulo successivo, Brooks propose di costruire una struttura a strati (layer) in cui ogni strato che si sovrappone può produrre, in base ai valori in ingresso, delle uscite per inibire, o meno, gli strati sottostanti.

Il comportamento intelligente emergerebbe quindi dall'interazione tra i vari semplici comportamenti (ognuno sviluppato a se' stante), senza una preventiva costruzione di una rappresentazione del mondo circostante. Questo approccio all'IA è di tipo bottom-up, poiché in questo caso si sostiene che l'intelligenza si costruisce a partire da semplici schemi reattivi (come «evita gli ostacoli»)

Di recente (nel 1997), infine, Brooks ha portato un attacco ancora più massiccio all'IA classica, decidendo che le basi stesse di essa sono errate. Senza addentrarci molto nella questione se siano o meno errati i presupposti dell'IA classica,

è interessante soffermarsi sulle conclusioni a cui giunge Brooks. L'intelligenza umana ha quattro aspetti di grande interesse, dimenticati dall'IA classica:

Sviluppo

gli uomini non nascono già con un sistema di ragionamento funzionante.

Interazione sociale

la crescita dei bambini dipende molto dalle interazioni con chi li accudisce.

Incorporamento

gli esseri umani sono inseriti a stretto contatto con la realtà fisica e pertanto la rappresentazione interna del mondo può essere costruita sulle interazioni senso-motorie con esso.

Integrazione

gli esseri umani hanno la capacità di ricevere in ogni istante un'enorme quantità di informazioni sensoriali di natura differente. Queste informazioni però non vengono elaborate in maniera indipendente, come testimoniano studi sulle illusioni visuo-motorie (Churchland et al. 1994).

Per costruire delle macchine che manifestino intelligenza è necessario che siano situate nel mondo reale, fare in modo che possano avere molteplici e diverse interazioni con l'ambiente e che possano apprendere. ■