

A Genova dove si alleva il Babybot che "impara" a conoscere il mondo come un neonato

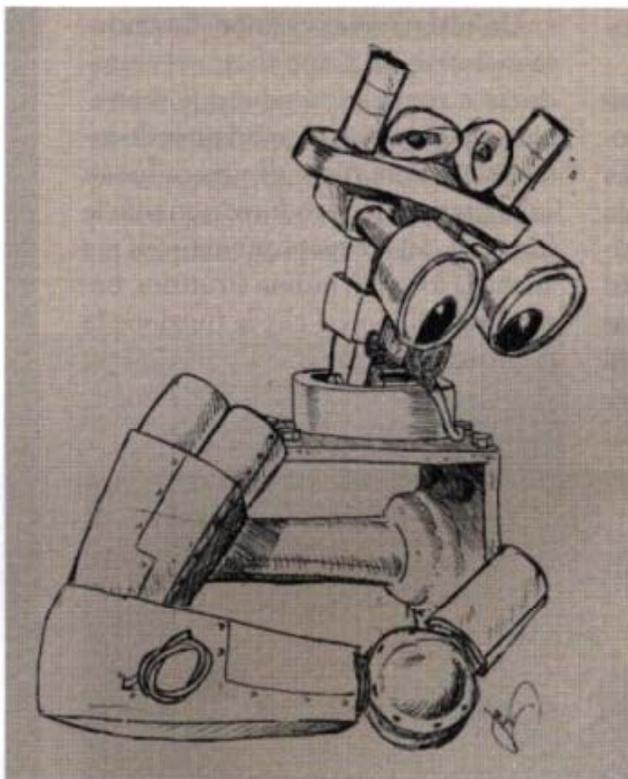
Genova

Zitti, zitti. Piano, piano. Non fate rumore. Al LIRA-Lab (Laboratorio Integrato di Robotica Avanzata) di Genova il direttore d'orchestra è alle prese con Babybot, un robottino che sta imparando a conoscere il mondo. Proprio come un neonato. Il direttore d'orchestra è il prof. Giulio Sandini, fondatore del LIRA-Lab nel 1993. Sin dall'inizio della carriera accademica si è occupato di percezione visiva nell'uomo e negli esseri artificiali sia in Italia (alla Scuola Normale a Pisa e, successivamente a Genova) che all'estero (alla Harvard University e al MIT).

Sandini e il suo gruppo stanno seguendo una via del tutto originale nel campo della ricerca sui sistemi artificiali, convinti che attraverso questi si può giungere alla comprensione dei meccanismi che consentono lo sviluppo dei sistemi naturali (uomo compreso).

Una sfida interessante, fantastica. Ma come è nata questa idea? "Una caratteristica fondamentale della mente umana – spiega l'ing. Sandini – è la possibilità di cambiare nel tempo consentendoci di "inventare" nuove soluzioni: una nuova teoria matematica ma anche un nuovo modo di lanciare una palla. Clonare una "mente" significa quindi cercare di riprodurre i meccanismi di apprendimento che ci consentono di scoprire e imparare nuove soluzioni. Nell'uomo que-

sta capacità rimane per tutta la vita ma è particolarmente evidente durante i primi anni di vita nei quali si sviluppano le capacità di base quali quella di manipolare e di "capire" le conseguenze delle nostre azioni. Partendo da questa premessa il tema principale delle ricerche del LIRA-Lab è lo studio del funzionamento del cervello umano attraverso la progettazione e la realizzazione di sistemi artificiali (robot). In breve costruiamo modelli artificiali sulla base delle attuali conoscenze



«neuroscientifiche» e utilizziamo tali modelli «fisici» per comprendere i meccanismi di controllo del cervello e della mente umana".

E in questo percorso a Genova hanno attivato varie collaborazioni in Eu-

ropa con il prof. Claes von Hofsten del Dipartimento di psicologia dello sviluppo dell'Università di Upsala, con la prof. Jacqueline Nadel dell'Università Pierre e Marie Curie di Parigi e, in Italia, con il gruppo del prof. Luciano Fadiga, dell'Università di Ferrara, che studia il coordinamento visomotorio nell'uomo e nella scimmia. "Facciamo delle ipotesi, chiediamo ai nostri partner di verificarle sull'uomo e sulle scimmie e, sulla base delle loro indicazioni spesso facciamo aggiunte o modifiche al nostro Babybot.

Ma quale motivazione scientifica c'è dietro tutto questo? "La motivazione scientifica – spiega l'ing. Sandini – deriva dalla difficoltà (impossibilità?) di sviluppare modelli solo matematici del comportamento di un sistema molto complesso come il cervello umano e dalla possibilità offerta dalle attuali tecnologie di costruire modelli significativi di parti del sistema nervoso (anche se realizzati con motori elettrici e microchip allo stato solido)".

Ed ecco nascere il progetto "Babybot" intorno al quale, a partire dalla tesi di dottorato di Giorgio Metta a metà degli anni '90 ("primo violino" dell'orchestra genovese), ruota la maggior parte delle ricerche del gruppo di Sandini. "Il nome *Babybot*" – esplicita l'ing. Sandini – deriva dalla contrazione di *baby-robot* in quanto l'aspetto principale che stiamo studiando è quello dell'apprendimento e più in particolare, dello sviluppo del coordinamento viso-motorio e cogni-

tivo nell'uomo. In pratica l'obiettivo è di capire quali sono i meccanismi di apprendimento che consentono ad un neonato di "evolvere", partendo da comportamenti semplici guidati da riflessi innati, verso un sistema in grado di controllare volontariamente le proprie azioni sulla base dell'esperienza e del ragionamento. Questo studio è interessante sia perché alcuni dei meccanismi coinvolti sono ancora sconosciuti, sia perché la loro comprensione potrebbe fornire utili suggerimenti per la progettazione/realizzazione di sistemi complessi e adattativi (vare a dire in grado di adattarsi a variazioni impreviste dell'ambiente esterno)".

Ma da dove Babybot ha cominciato a scoprire il mondo intorno a lui? "Insieme a Giorgio Metta e, successivamente, Lorenzo Natale e Sajit Rao, siamo concentrati, inizialmente – racconta l'ing. Sandini – sullo studio dell'apprendimento della capacità di manipolare gli oggetti. In altre parole abbiamo cercato di realizzare un robot che, partendo da una situazione nella quale muove occhi, testa e braccio in modo scoordinato impara ad afferrare volontariamente oggetti che gli vengono mostrati. Questi meccanismi di apprendimento comprendono, anche se per ora solamente in modo preliminare, la capacità di imparare osservando azioni compiute da altri (capacità di imitazione). Oltre agli aspetti senso-motori, abbiamo iniziato ad indagare la possibilità di imitare i processi che stanno alla base della coscienza e dell'esperienza soggettiva tipica della mente". Chiediamo a Sandini di esplicitare questo punto.

Sono soprattutto Tagliasco e Manzotti – spiega Sandini – ad essere impegnati in questo progetto in una collaborazione con l'Università di Parigi, dove si stanno compiendo ricerche sulla percezione che hanno di sé i bambini. Come essi percepiscono il loro corpo, la sua posizione nello spazio, il rapporto con gli oggetti, quando li vedono e anche quando dormono (non è molto chiaro il riferimento al dormire). Quando e come capiscono che gli oggetti non scompaiono quando loro

chiudono gli occhi e si cominciano a rendere conto che rimangono lì, anche se in quei momenti non li vedono.

Questo tipo di ricerche – continua Sandini – aiuta a comprendere come nasce e cresce in un bambino (e possibilmente anche in un umanoide) la coscienza di esistere in rapporto al mondo.

"L'aspetto straordinariamente innovativo della ricerca di Tagliasco e Manzotti è collegata proprio a questi aspetti e al ruolo che ha la coscienza di sé nello stimolare il desiderio di imparare sempre cose nuove. Vogliamo scoprire, insomma, se esistono metodi di implementazione della motivazione che sta alla base dell'apprendimento".

Tra le varie categorie di robot che il lettore troverà in questa pagine, Babybot si colloca a buon diritto, dunque, tra gli umanoidi. "Per poter studiare questi aspetti – afferma infatti Sandini – Babybot ha l'aspetto di un robot umanoide i cui compo-

nenti principali sono una testa con due occhi (retina-like) e un braccio (recentemente abbiamo aggiunto una mano) più altri sensori che, per brevità, tralascio di descrivere qui. Sul sito del LIRA (www.liralab.it) si possono trovare immagini e video che illustrano lo stato attuale dello sviluppo (equivalente a 3-4 mesi di vita) e mostra *Babybot* mentre "insegue" con gli occhi un oggetto e cerca di raggiungerlo con la mano".

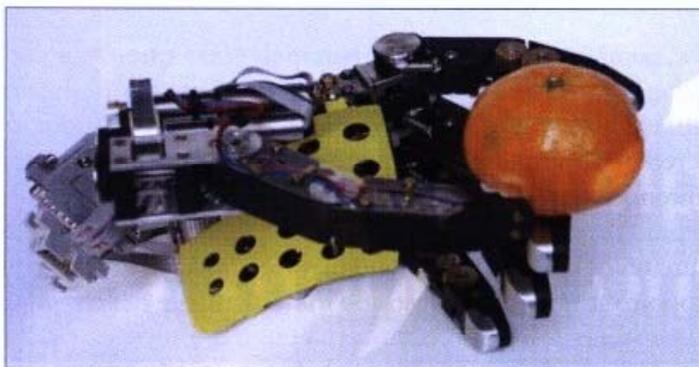
Osservando il comportamento che si può vedere nel video, la considerazione principale da fare è che il movimento del robot non è stato "programmato" a priori ma quello che è stato programmato è il processo di sviluppo. In pratica il sistema inizialmente si comporta come un neonato (vale a dire che agisce sulla base di riflessi motori) e successivamente impara a raggiungere con il braccio qualsiasi oggetto attiri la sua attenzio-

Il gruppo di ricerca del LIRA-Lab di Genova

Il gruppo del LIRA-Lab si compone di ricercatori italiani e stranieri la cui preparazione si è sviluppata sia nell'ambito dell'ingegneria che delle neuroscienze. Attualmente il gruppo è composto da otto ricercatori. Oltre al prof. Giulio Sandini fanno parte del gruppo Giorgio Metta, recentemente ritornato a Genova dal MIT di Boston, che, durante la tesi di dottorato svolta al LIRA-Lab, ha sviluppato buona parte del sistema di controllo viso-motorio di Babybot; attualmente si occupa degli aspetti cognitivi della manipolazione di oggetti. Sajit Rao, che ha conseguito il titolo di PhD presso il Laboratorio di Intelligenza Artificiale del MIT, si occupa attualmente degli aspetti visivi dello sviluppo cognitivo di Babybot. Riccardo Manzotti, che dopo aver conseguito il titolo di dottore al LIRA-Lab ha continuato ad occuparsi di temi legati allo sviluppo delle motivazionali e della coscienza artificiale insieme a Vincenzo Tagliasco. Lorenzo Natale, che, nell'ambito di un dottorato sta sviluppando tematiche di controllo della manipolazione e di integrazione visione-tatto. Carlos Beltran, laureato a Valencia in Spagna, che si occupa, nell'ambito di un corso di dottorato, degli aspetti di controllo real-time e di predizione del movimento nel Babybot. Infine Fabio Berton, dopo un'esperienza presso la Siemens a Princeton, è da un anno ritornato al LIRA-Lab dove segue lo sviluppo del progetto "retina artificiale".



Da sinistra a destra: Ingrid Sica, Sajit Rao, Giorgio Metta, Carlos Beltran, Fabio Berton, Riccardo Manzotti, Lorenzo Natale, Giulio Sandini. Non compaiono in questa fotografia Vincenzo Tagliasco e Francesco Panerai



Dita meccaniche afferrano gli oggetti.

ne. Attualmente lo sguardo è attratto da qualsiasi cosa si muova e abbia un colore diverso da quello dello sfondo.

Gli occhi di Babybot e il contributo dell'industria

Un discorso a parte meritano gli "occhi" di Babybot. Sono il risultato di una ricerca iniziata negli anni '80 e sviluppata successivamente in collaborazione con industrie italiane ed hanno la particolarità di simulare la distribuzione non uniforme dei recettori della retina umana.

"Sono principalmente tre – riferisce Sandini – le aziende che collaborano con noi, tutte genovesi ed associate al "polo della robotica" genovese (www.polorobotica.it). Una è l'Aitek, che ci ha aiutato a realizzare la telecamera spazio-variante (che tra l'altro nel 1999 ha vinto un premio internazionale lo "European Technology Prize" del-



Babybot "gioca" con i Lego.

l'Unione Europea); l'altra è la Telerobot che ha costruito per noi la testa e la mano del robot ed altri pezzi meccanici. Infine con la società Microdesign stiamo sviluppando una versione miniaturizzata di una scheda elettronica per il controllo

"intelligente" dei motori di Babybot.

Sono quasi sempre pezzi unici, senza una prevedibile produzione di grande serie (anche se alcuni "pezzi" realizzati per noi sono stati poi riprodotti e venduti ad altri laboratori di ricerca con i quali collaboriamo". E allora dove sta il tornaconto dell'industria? "Bella domanda, ma la risposta la sorprenderà. In questo lavoro noi – insieme Università e aziende – non facciamo ricerca applicata, ma basic science, scienza di base. Ci poniamo delle domande nuove e da queste domande saltano spesso fuori cose nuove, che derivano da nuove conoscenze. E così che si passa dagli avanzamenti tecnologici ai salti, che costituiscono la vera innovazione".

Qualche esempio? "È presto detto. L'Aitek ha trasferito aspetti dal lavoro fatto con noi sulla visione dei robot nel campo della trasmissione delle immagini su canali satellitari o sui telefonini (realizzando un minimo impegno di banda, con una riduzione delle informazioni da trasmettere); la Telerobot aiutandoci a realizzare le braccia e la mano di Babybot ha acquisito competenze su micromotori e sensori che ha poi trasferito in svariate applicazioni e interessanti applicazioni, per esempio, negli sbobinatori industriali". Microdesign ha in programma di sviluppare una versione "industriale" del prototipo di controllore realizzato insieme a noi.

All'ing. Sandini, a questo punto, Media Duemila chiede di entrare un po' di più nel dettaglio delle azioni nel robot neonato. Quali elementi entrano in gioco, come si integrano tra loro, come è possibile orientare il piccolo ro-

bot verso uno scopo. Qui la spiegazione di Sandini si fa più tecnica, ma ancora abbastanza comprensibile anche per un pubblico di lettori più vasto di quello degli esperti di neuroscienze e di ingegneria dei sistemi artificiali.

"Nel caso di Babybot – spiega l'ing. Sandini – sono numerosi i sistemi che, attraverso lo sviluppo, devono trovare il modo di integrarsi. Come nel caso dei sistemi naturali, è necessario che esistano dei meccanismi di avvio (*bootstrap*) in grado di indirizzare il sistema verso i propri obiettivi. Negli esperimenti svolti ci si è orientati verso l'implementazione di una serie di azioni elementari quali la tendenza a cercare di toccare gli oggetti di interesse al centro del campo visivo (*reaching*). Per acquisire questa, apparentemente semplice, capacità il robot (così come il bambino) deve imparare a controllare in modo coordinato un numero elevato di gradi di libertà sulla base di informazioni sensoriali. Da cosa "parte" il sistema? Cosa ci può suggerire lo sviluppo umano a questo proposito?"

E ora andiamo sul difficile. È possibile dare al robottino riflessi e motivazioni? "La base di partenza filogenetica di cui è dotato il sistema – risponde l'ing. Sandini – racchiude proprio questi due aspetti fondamentali: il primo quello della "motivazione" (per esempio il meccanismo che spinge il neonato a "cercare di toccare un oggetto colorato"), il secondo il fatto di essere dotato di "riflessi" e sinergie motorie che gli consentano, nonostante le evidenti immaturità sensoriali e motorie, di iniziare ad interagire con l'ambiente. A titolo di esempio pensiamo al cosiddetto riflesso di *grasping* (afferrare gli oggetti) che provoca la chiusura delle dita della mano ogni volta che un oggetto entra in contatto con il palmo della mano. Come sarebbe altrimenti possibile per un sistema ancora così primitivo essere in grado di controllare il movimento coordinato di 5 dita? D'altra parte l'azione dell'afferrare un oggetto è essenziale per imparare, se non altro, che il mondo è fatto sensazioni diverse che, alle volte, rappresentano la stessa cosa. Si pensi, ad esempio, alla difficoltà di

imparare che uno stesso oggetto può essere descritto attraverso il suo peso, la sua forma "tattile", la sua forma "visiva", il colore, la rugosità della superficie, la temperatura, il materiale (rigido, soffice, elastico ecc.). Come sarebbe possibile imparare se il sistema non fosse in grado, fin da subito, di toccare, spostare, succhiare, lanciare un oggetto? Sarebbe ancora possibile imparare questa unità sensoriale se il sistema dovesse aspettare di aver messo a punto la capacità di grasping? Non sarebbe forse troppo tardi? Non si correrebbe il rischio che la rappresentazione visiva di un oggetto rimanesse per sempre separata dalla sua rappresentazione tattile e motoria?"

Insomma – ci spiega Sandini – per consentire a Babybot di iniziare a "sperimentare" il mondo, nel momento in cui viene "acceso" per la prima volta è già dotato di un insieme di riflessi sensoriali (simili a quelli di cui è dotato un neonato) che gli consentono di orientare gli occhi nella direzione di oggetti colorati o in movimento o rumorosi (naturalmente con una precisione limitata) e il controllo del braccio è inizializzato in modo da aumentare la probabilità che il braccio stesso si trovi all'interno del campo visivo.

Ovviamente il sistema non è in grado di raggiungere con precisione un oggetto e toccarlo e non è neppure in grado di coordinare il movimento degli occhi con quello della testa e del braccio.

Motivazioni soggettive e l'interazione con esseri umani

È proprio a partire da queste caratteristiche di adattamento del sistema a modificazioni interne che, le ricerche su Babybot, possono avere ricadute interessanti anche in settori applicativi della robotica.

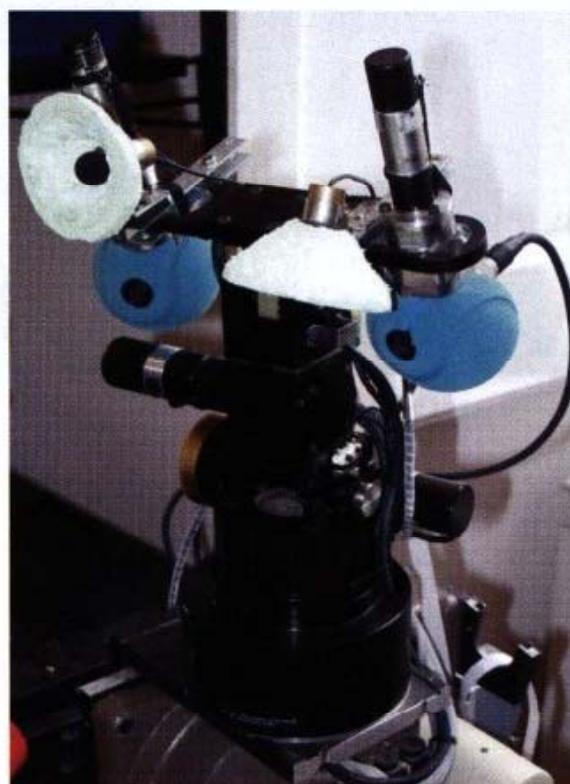
"La metafora dello sviluppo – spiega Sandini – vincola il progettista a studiare sistemi intrinsecamente adattativi nei quali le diverse componenti (sempre che sia possibile definirne i confini) sono continuamente integrate fra loro. Non esiste una fase

di "realizzazione dei sottosistemi" separata dalla fase di "integrazione". Non esiste una fase di apprendimento separata da quella di azione. Non esiste una fase di "calibrazione" separata da quella di esecuzione.

Certamente questa intrinseca adattabilità viene ottenuta utilizzando meccanismi "ad-hoc" (come i riflessi motori) che hanno la sola utilità di traghettare il sistema attraverso una successione di fasi il risultato di ciascuna delle quali rappresenta, senza soluzione di continuità, il punto di partenza per la successiva. Lungo questo viaggio alcuni processi sono solo "transitori", come ad esempio il riflesso di grasping che, non appena il sistema è in grado di controllare "volontariamente" la chiusura della mano, viene inibito. Ma non è forse questo assimilabile alle impalcature necessarie per costruire un edificio? Indispensabili nella fase di "costruzione" del sistema ma prontamente smantellate non appena hanno esaurito il loro scopo".

Il futuro di Babybot

Certamente il cammino che deve fare Babybot per incrociare gli obiettivi del gruppo di lavoro del LIRA-Lab è ancora lungo. "Babybot – ammette l'ing. Sandini – include capacità sensoriali e motorie analoghe a quelle di un bimbo di pochi mesi di vita. In futuro Babybot dovrà aumentare, oltre che le sue capacità sensoriali e motorie, ad esempio con l'utilizzo di informazioni tattili (e in questo la mano aggiunta di recente potrà essere molto utile), altre capacità più propriamente cognitive in grado di far acquisire a Babybot a partire da un ristretto numero di riflessi iniziali o di semplici azioni "goal oriented" (come il *reaching*), e attraverso un insieme di motivazioni auto-prodotte, quelle capacità di "comprensione" e generalizzazione che sono alla base delle capacità cognitive umane. In questo modo si avrebbero numerosi vantaggi: da un lato si ridurrebbe l'importanza dei moduli realizzati a priori contribuendo ad aumentare l'importanza dello sviluppo, dall'altro si po-



Gli occhi di Babybot sono il risultato di una ricerca iniziata negli anni '80.

trebbe studiare una struttura in grado di auto-assegnarsi motivazioni e segnali di rinforzo e di guidare autonomamente il proprio sviluppo. Babybot sarebbe dotato in questo caso di qualcosa di simile a una 'proto-mente' in cerca di una sua integrazione".

"Intanto – ci aggiorna Sandini – ci stiamo concentrando sul problema dell'attenzione visiva: come concentrarla su un oggetto e toccarlo; come dare al robot la capacità di afferrare gli oggetti e usarli in modo appropriato. Una cosa è impugnare un martello per battere un chiodo un'altra e prendere in mano un bicchiere per bere. Il bambino lo impara poco per volta, dopo essersi prima scontrato con la difficoltà a impugnare il sonaglio per farlo suonare senza sbatterselo in testa. Ecco, vogliamo che anche Babybot impari a maneggiare gli oggetti in modo appropriato al loro uso".

Auguri, prof. Sandini. A lei, all'orchestra del LIRA-Lab di Genova e al piccolo Babybot.

Cesare Protetti

cesare.protetti@apbiscom.it