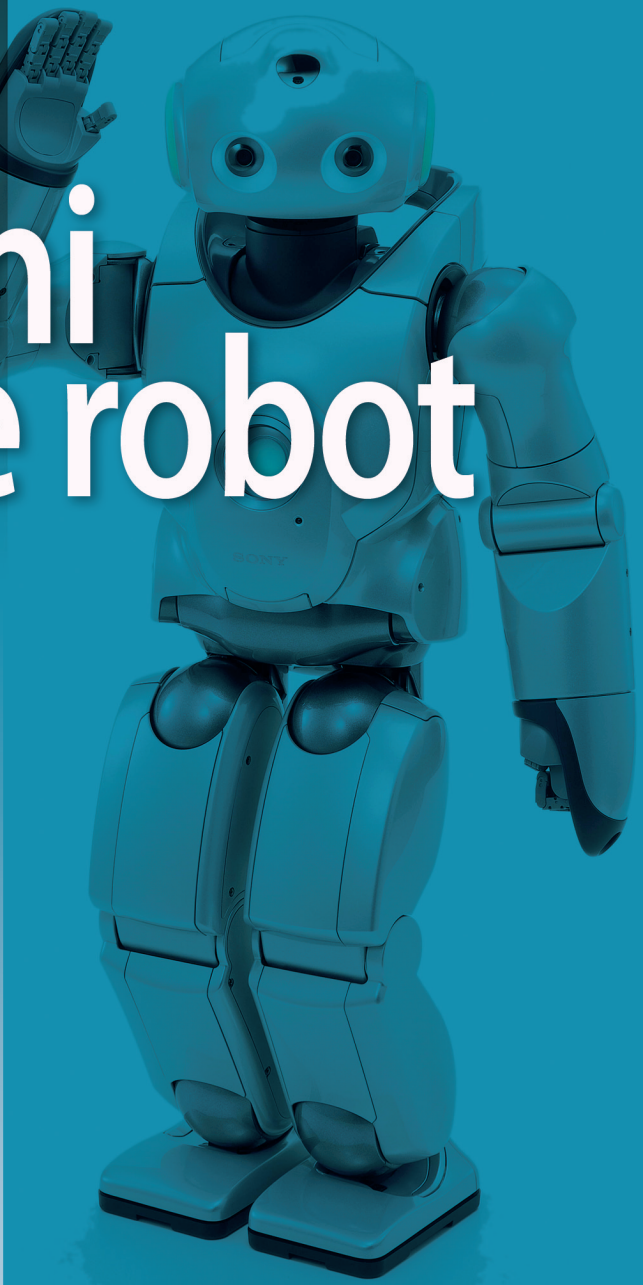
TELECOM LAB ITALIA

APOGEO

Salvatore Romagnolo
Roberto Saracco

uomini e robot



Quale ruolo hanno giocato e giocano i robot nella nostra vita quotidiana?

TELECOM ITALIA progetto Italia



Salvatore Romagnolo, giornalista, saggista ed esperto di comunicazione online, è direttore di Apogeonline.com. Collabora con “La Stampa”, per la quale cura due rubriche settimanali su Internet e le nuove tecnologie. È consulente di Smau, Telecom Italia Lab e autore di diversi saggi sui nuovi media e il giornalismo online.



Roberto Saracco è responsabile per la Comunicazione Scientifica in TILAB, il centro ricerca di Telecom Italia. Nei suoi oltre trent'anni nel settore delle telecomunicazioni è stato ricercatore prima nel settore tecnico e poi in quello economico. Per molti anni ha lavorato in un contesto internazionale, guidando tra l'altro un progetto della Banca Mondiale in America Latina per stimolare l'adozione delle nuove tecnologie. È autore di diverse pubblicazioni sulle nuove tecnologie e sul loro impatto sul business, tra cui il recente libro “4 passi nel futuro”, scritto con Alessandra D’Alessandro e Salvatore Romagnolo. Pubblica mensilmente una rubrica con commenti sulle evoluzioni tecnologiche su http://fc.telecomitalialab.com/news.htm. Attualmente è responsabile in un progetto della Comunità Europea, FISTERA, della valutazione delle possibili evoluzioni tecnologiche nei prossimi 15 anni con lo scopo di indirizzare gli investimenti comunitari in ricerca. È coautore del “Vision Book” che sarà pubblicato a fine anno dalla Comunità Europea in cui si delineano scenari di vita nel 2020.

Telecom Italia Lab è la realtà di ricerca del Gruppo Telecom Italia. I suoi mille ricercatori operano per sviluppare innovazione e renderla rapidamente ed economicamente fruibile ai clienti del Gruppo. Centro di eccellenza da quarant'anni nelle reti e nei servizi, ha contribuito alla definizione e affermazione del GSM, dell'MP3 e della trasmissione ottica. Oggi continua a creare innovazione nei suoi laboratori progettando ed implementando la rete di accesso fissa e mobile (http://www.telecomitalialab.com/aree_ricerca02.htm), impegnandosi nell'evoluzione della rete di trasporto (http://www.telecomitalialab.com/aree_ricerca01.htm), sviluppando servizi e piattaforme (http://www.telecomitalialab.com/aree_ricerca03.htm), sperimentando e progettando terminali di nuova generazione (http://www.telecomitalialab.com/aree_ricerca04.htm); il tutto nell'attenta analisi delle esigenze del cliente finale e delle imprese che vedono nella rete di telecomunicazioni del futuro l'elemento abilitante per competere sul mercato a livello mondiale. Tra le attività di ricerca in corso, che saranno percepite dal grande pubblico in modo particolarmente rilevante da qui a pochi anni, vanno citate: l'evoluzione delle comunicazioni mobili, dal cellulare di terza generazione e oltre a diversi sistemi che garantiscono un'alta velocità nell'accesso anche se in regime di condivisione di risorse (WiFi, UWB, WiMax, MoFi); la diffusione della larga banda, attraverso lo studio di modalità innovative per portare la fibra ottica fino a casa dei cliente; l'affermazione di nuove soluzioni di identificazione e localizzazione attraverso l' integrazione di funzionalità di telecomunicazione con tecnologie di tagging.
In stretto collegamento con università, centri di ricerca, e industria, Telecom Italia Lab avvicina il futuro con servizi avanzati in molti settori dal mobile al multimediale, per la casa e per l'impresa, garantendo qualità e sicurezza.
(http://www.telecomitalialab.com/aree_ricerca05.htm)

Progetto Italia è un mondo di eventi pensato dal **Gruppo Telecom Italia**, un concreto impegno dell'impresa nel progresso sociale e civile del Paese. Per questo Progetto Italia dà supporto alla ricerca scientifica, alla cultura, alla formazione, alle iniziative sociali e a quelle sportive, abbracciando geograficamente tutto il territorio nazionale.

Uomini e robot



Karel Čapek

Il termine robot è stato coniato dallo scrittore ceco Karel ?apek nel suo romanzo fantapolitico R.U.R. (Rossum's Universal Robots), del 1920. In realtà, pare, Karel ?apek non fu il vero inventore della parola, che gli venne, invece, suggerita dal fratello Josef, scrittore e pittore cubista, che aveva già affrontato il tema in un suo racconto del 1917, "Opilec" (L'ubriacone), nel quale però aveva usato il termine automat.

La diffusione del romanzo di Karel ha dato un'enorme fama al termine Robot, anche se il libro è caduto lentamente nel dimenticatoio, almeno in Italia. Attualmente non è disponibile una versione in italiano e per leggerlo è necessario accontentarsi di quella in inglese. Anche se i robot di ?apek erano uomini artificiali organici, il termine viene generalmente utilizzato per indicare un uomo meccanico. Uno dei sinonimi di robot è androide (dal greco anèr, andròs, uomo, e che quindi può essere tradotto "a forma d'uomo"), mentre cyborg ("organismo cibernetico" o "uomo bionico") sta a indicare una creatura che combina parti organiche e meccaniche.



UN PÒ DI STORIA

Il primo progetto documentato di un robot umanoide viene fatto risalire a Leonardo da Vinci. Gli appunti del genio toscano contengono disegni dettagliati per la realizzazione di un cavaliere meccanico, apparentemente in grado di alzarsi in piedi, agitare le braccia e muovere testa e mascella. Il progetto era probabilmente basato sulle sue ricerche anatomiche registrate nell'Uomo di Vitruvio. Il robot leonardesco non pare venne mai realizzato.

Il primo robot funzionante conosciuto risale, invece, al 1738. A costruirlo fu Jacques de Vaucanson, che realizzò una serie di macchine che svolgevano azioni umane o, quanto meno, animali: un'androide che suonava il flauto e un'anatra che, secondo alcune testimonianze, mangiava e defecava.

Nel XIX secolo si registrò un vero fiorire di storie con al centro automi e uomini artificiali in genere, che culminarono nell' Uomo elettrico di Luis Senarens, del 1885.



MA CHE COS'È UN ROBOT?

La domanda può apparire banale e la risposta semplice: un robot è una "macchina" che svolge delle funzioni proprie degli uomini. Ma secondo questa definizione, ogni macchina può essere considerata un robot. E infatti, alcuni elettrodomestici tuttofare vengono designati con questo termine. Ma un frullatore, per quanto complesso, non potrà mai essere considerato un robot. Il termine, come suggerisce Isaac Asimov nell'introduzione del suo "Visioni di robot" andrà applicato a quelle macchine computerizzate in grado di svolgere compiti che soltanto gli uomini riescono ad assolvere. Compiti così complessi che una macchina non computerizzata non sarebbe in grado di svolgere. In ultima analisi, accettando la sintesi di Asimov, "possiamo dire che un robot è una macchina controllata da un computer".



Sempre ad Asimov si devono, seppur in ambito letterario e non scientifico, la prime leggi della robotica. Uno dei temi che ha maggiormente affascinato gli scrittori di fantascienza, infatti, è quello della ipotetica capacità dei robot di competere con l'uomo o addirittura di sopraffarlo. Nella serie di racconti "Io, Robot", Isaac Asimov enunciò le Tre Leggi della Robotica, nel tentati-



vo di controllare la competizione fra robot ed esseri umani:

1) Un robot non può arrecare danno a un essere umano, o, per inazione, permettere che un essere umano subisca danno.
2) Un robot deve eseguire gli ordini che riceve dagli esseri umani, ma non quando tali ordini interferiscono con la Prima Legge.
3) Un robot deve proteggere se stesso, finché la sua autodifesa non interferisce con la Prima o la Seconda Legge.

Anche se può apparire coreografico, nel suo tentativo di creare artificialmente un essere a sua immagine e somiglianza, l'uomo ha tentato di tranquillizzarsi di fronte a un problema del tutto ipotetico, ma che rimane aperto e cioè quello dell'autonomia delle macchine, che un giorno potrebbero non aver più bisogno del loro creatore e, anzi, contro di lui sollevarsi. Non si tratta di un'ansia di tipo paranoico, anche se il problema oggi non si pone: le "macchine computerizzate" costruite finora dall'uomo non hanno coscienza di sé e anche le più intelligenti sono lontanissime dall'acquisire una qualsivoglia autonomia. Ma i progressi fatti in questi ultimi anni suggeriscono scenari futuri non del tutto prevedibili e gli scienziati paiono fortemente intenzionati a proseguire lungo la strada che porta alla creazione della vita artificiale; una vita, si presuppone, e si auspica, del tutto simile a quella biologica.

IMPARARE A ESSERE UMANI

Se un robot può anche non avere forme umane, non vi è dubbio che debba avere capacità intellettuali elevate. Oltre alle abilità motorie, scienziati e ricercatori stanno cercando di sviluppare sistemi che simulino il modo di funzionare del nostro cervello, per dare al robot una qualche forma d'intelligenza. E per farlo, è necessario insegnargli che immagine noi abbiamo del mondo.

In effetti, rendere i computer – o le macchine computerizzate - più intelligenti non significa soltanto renderli più potenti. La capacità di calcolo è una delle caratteristiche essenziali, ma la velocità da sola non sarà mai sinonimo d'intelligenza. Lo sa bene Chris McKinstry, che sta lavorando alla creazione di una gigantesca banca dati di informazioni comuni a tutti gli abitanti della Terra. Il progetto ha proprio lo scopo di rendere i nostri computer più intelligenti. Per farlo, secondo lui, è necessario iniziare a comunicare loro ciò che noi umani sappiamo.

La sua banca dati, alla quale sta lavorando in collaborazioni con migliaia di volontari che lo aiutano nell'impresa via Internet, contiene, semplicemente, le nostre conoscenze di base: l'acqua bagna, vero; il cielo è blu, vero; i cerchi sono quadrati, falso. Ognuna di queste affermazioni viene classificata



come "item" (voce) o "mindpixel", elemento di base dello spirito umano, e va a comporre la banca dati stessa. "Per pensare da soli - spiega McKinstry - i computer hanno bisogno di avere l'equivalente di ciò che noi chiamiamo il senso comune".

Di conseguenza, un computer che pensa è un computer che impara e combina delle informazioni semplici per fare delle cose complicate. In realtà oggi, non si riesce a costruire modelli matematici del comportamento o del pensiero umano; si tratta di processi troppo complessi e aleatori. Per arrivare a riprodurli, bisogna sperimentare altri metodi di ricerca, ed è quello che fanno alcuni approcci all'Intelligenza Artificiale: osservare come si comporta un essere umano in una data situazione, scomporre la sua azione o la sua riflessione in una serie di atti semplici, programmabili e gestibili da un software.

Nel 1994 Chris, da sempre affascinato dall'Intelligenza Artificiale, con l'aiuto del cognato, ha lanciato un primo progetto per raccogliere "items" su Internet. Dopo aver lasciato il Canada ed essersi stabilito in Cile, ne ha avviato un secondo, più complesso e affidabile, che ha battezzato GAC (pronunciare "jack") che sta per "Generic Artificial Consciousness". Tra una decina d'anni la banca dati potrà servire ad addestrare un sistema basato su una rete di neuroni per "mimare" l'essere umano. Christopher McKinstry spera addirittura che una rete di neuroni "formata" da GAC sia, in futuro, indistinguibile da un essere umano quando si tratti di rispondere "sì" o "no" a una precisa domanda. Anche nel caso in cui GAC - ed è questa la cosa più importante – non abbia avuto modo di confrontarsi precedentemente con la domanda.

Uno degli aspetti più affascinanti del progetto Mindpixel è che chiunque può partecipare dando il suo contributo. È sufficiente recarsi sul sito, registrarsi e quindi iniziare a "parlare" con GAC. Attenzione però, perché la banca dati raccoglie solo informazioni di buon senso (o senso comune); le domande devono prevedere le stesse risposte da parte di tutti. Per esempio, domande o affermazioni come "Sono bello?" oppure "Io sono il più bello", non saranno convalidate, l'autore verrà identificato e gli sarà interdetto l'accesso in caso di recidiva.

Chris McKinstry non è il solo a lavorare a un progetto di questo tipo e il

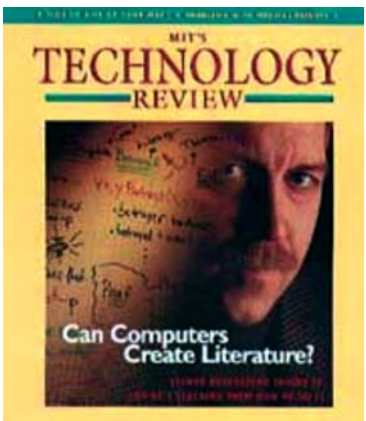
programma Openmind, lanciato più o meno nello stesso periodo, ha obiettivi simili. Così come il progetto di ricerca di Push Singh del Media Lab di Boston. Anche lui canadese e, come McKinstry, da sempre affascinato dall'Intelligenza Artificiale, Singh, di origini indiane, ha elaborato un sistema le cui informazioni sono "open source", cioè chiunque può scaricarle e utilizzarle, rispettando poche e semplici regole. Inoltre, non raccoglie informazioni su fatti, ma storie e immagini. In realtà, gli obiettivi dei due ricercatori sono identici, tanto che hanno deciso, con molta intelligenza, di mettere in comune gli "items" raccolti nelle rispettive banche dati.

C'È INTELLIGENZA SENZA CREAZIONE?

Giocare – e vincere a scacchi – per un computer è relativamente semplice. IBM ha dovuto lavorare duramente allo sviluppo di Deep Blue per battere un maestro di scacchi, ma qualsiasi gioco di scacchi per Pc non lascia alcuna speranza di vittoria alla quasi totalità dei suoi avversari. Nessun computer, nemmeno il più sofisticato, è invece in grado di scrivere un romanzo, anzi, non è nemmeno in grado di buttare giù un banalissimo racconto.

Il professore Selmer Bringsjord ha voluto raccogliere questa sfida dando vita a BRUTUS.1, il primo computer in grado di scrivere storie originali (che per qualcuno è più intelligente di Deep Blue) e si è reso conto di quanto sia difficile dare lezioni di creatività – in questo caso letteraria – a un computer.

Messo a punto nel Rensselaer Polytechnic Institute di Troy, New York, BRUTUS.1, per il momento, non è dotato di un'intelligenza cognitiva come la nostra e probabilmente non lo sarà mai, ma è in grado di interagire in modo molto efficace con gli esseri umani. Lo sviluppo di BRUTUS.1 è cominciato all'inizio degli anni Novanta. All'epoca i computer iniziavano a misurarsi con gli uomini nel gioco degli scacchi arrivando in poco tempo a dimostrare di essere dotati di qualcosa che molti definivano come intelligenza. Per il professor Bringsjord, però, questo non era un test abbastanza impegnativo per verificare le capacità di ragionamento di un computer. Così, con altri suoi colleghi del Rensselaer Polytechnic Institute, avviò un progetto particolarmente ambizioso: insegnare a scrivere a un elaboratore elettronico. Non il riassuntino di un testo, ma una storia originale.



Selmer Bringsjord

Perché BRUTUS.1 potesse scrivere la sua storia, però, era necessario fornirgli la struttura del racconto e una serie d'informazioni sulla natura umana dei personaggi. Dopo alcuni tentativi iniziali non troppo incoraggianti, lo staff del professor Bringsjord ha deciso che il primo racconto avrebbe avuto come tema il tradimento. In realtà, al Rensselaer Polytechnic Institute erano partiti con progetti più ambiziosi, ma era necessario fornire al computer un concetto semplice sul quale lavorare e il tradimento è un concetto semplice, ideale da questo punto di vista perché è riconducibile con facilità ad una sequenza di logica matematica. In pratica, il tradimento non è altro che una serie di passaggi logici elementari: prendi un personaggio e creagli l'aspettativa che un altro personaggio farà qualcosa per lui; crea un evento nel quale il secondo personaggio delude le aspettative del primo personaggio ferendolo. Fine della storia.

Ma perché mettere a punto un computer scrittore? Perché l'elaborazione letteraria è il concetto più vicino a quello dell'intelligenza umana. Anche un super computer non è dotato di facoltà cognitive. "Giocare a scacchi - spiega il professor Bringsjord - comporta la semplice manipolazione di simboli che non hanno alcun significato al di fuori del gioco, mentre raccontare una storia è l'essenza stessa dell'elaborazione tipica della mente umana".

Gli sviluppatori hanno anche messo alla prova BRUTUS.1 sottoponendolo al Test di Turing: un suo scritto è stato inviato alla scrittrice Susan Mulcahy senza dirle che quello che stava leggendo era opera di un computer. Mulcahy ha trovato il racconto "amatoriale", ma è rimasta alquanto sorpresa quando ha scoperto che si trattava del lavoro di una macchina. Si è trattato di un primo passo, ma il professor Bringsjord ritiene che in futuro una versione di Brutus possa competere con gli umani nella stesura di testi originali. Non rimane che da chiedersi: a quando il primo premio Nobel per la letteratura a un computer?

IL MIO AMICO ROBOT



Se quelle sull'intelligenza artificiale rappresentano una delle frontiere più affascinanti della ricerca scientifica, gli ambiti nei quali si muove sono spesso concettuali e di difficile comprensione per una persona comune.

Nell'immaginario collettivo, il Robot continua a rappresentare l'archetipo della macchina intelligente, anche perché, imitando oltre alle prerogative cognitive, anche la forma umana, suscita un maggiore sentimento di identificazione.

Per capire verso quali sentieri si sta muovendo lo sviluppo di automi più o meno antropomorfi, può essere utile vedere quanto stanno facendo i laboratori di alcune grandi aziende giapponesi. Il paese del Sol Levante è, infatti, uno dei centri mondiali di ricerca in questo campo. Dopo Aibo, il cane Robot da compagnia sviluppato e commercializzato da Sony con un certo successo, altri giganti nipponici si sono lanciati in quello che appare ormai come un nuovo, seppur per il momento marginale, settore di mercato.

A fine 2003, la Casa della Cultura del Giappone ha organizzato a Parigi "Immaginazioni cybernetiche", una mostra che si poneva l'obiettivo di fare il punto sul progresso delle macchine animate e le loro interazioni con gli umani. Alcuni degli automi presentati hanno suscitato molto interesse e non solo tra il pubblico.

Il robot Pino, sviluppato da ZMP e attualmente arrivato alla seconda generazione, ha, con i suoi 26 motori, l'ambizione di riprodurre i movimenti di un bipede di piccola dimensione. Ma anche se è in grado di stringere la mano del suo interlocutore o effettuare movimenti di scioglimento prima d'iniziare a ballare, la sua non è una vera e propria danza e si agita in modo piuttosto sgraziato. Nonostante ciò, Pino colpisce per la fluidità dei suoi gesti, che non hanno nulla di meccanico.

Non ha, invece, ambizioni da umanoide Papero, almeno nei movimenti, perché il robot sviluppato da NEC ha puntato tutto sull'interattività. Montato su ruote, Papero è un chiacchierone. Comunicare con lui è abbastanza gratificante: ha una bella voce e ti guarda negli occhi. Le due orbite nere che gli danno uno sguardo penetrante contengono, in effetti, due macchine fotografiche, che permettono al robot di riconoscere i suoi interlocutori. Una volta salutato, Papero si trasforma in chiacchierone instancabile, dotato di una piccola voce di bambino digitale.



NEC ha inserito una trentina dei suoi robot in altrettante famiglie nipponiche per valutarne l'impatto. Anche Papero sta facendo il suo apprendistato: il robot è capace di adattarsi al suo ambiente e fare ciò che gli altri si attendono da lui. Ad esempio, è in grado di collegarsi a Internet, in modalità wireless, per riportare le previsioni meteorologiche a qualunque membro della famiglia gliele chieda. Ma può anche fungere da "messaggero" tra i membri di un gruppo. Papero, però, è

soltanto un prototipo e Pino è destinato a essere commercializzato solo nella comunità dei ricercatori. Il robot domestico è ancora lontano.

"Immaginazioni cybernetiche", oltre a far vedere i nuovi robot, voleva anche valutare l'impatto di questi umanoidi elettronici nella vita di tutti i giorni. In "Happy Robo Room", ad esempio, era possibile dialogare non solo con dei robot, ma anche con oggetti semplici, come delle finestre o dei tavoli interattivi. Anche perché se un giorno l'intelligenza non sarà solo più una prerogativa umana, sarà allora una prerogativa alla portata di qualunque oggetto.

DOPO I CANI GLI UOMINI

Sony, dopo aver sconvolto i mercati con Aibo, il suo cane robot che ha riscosso, soprattutto negli Stati Uniti, un successo straordinario, ha presentato anche un automa antropomorfo. Per il momento si chiama, molto freddamente, SDR: una semplice sigla con la quale Sony identifica il prototipo di quella che si annuncia come una nuova generazione di robot evoluti. Questa volta, però, non si tratta di cani o di altri animali più o meno intelligenti, ma di automi umanoidi. Il costruttore nipponico, nel maggio del 2003, ha presentato l'ultima versione di SDR, la 4X, un robot dalle sembianze umane poco più alto di mezzo metro, molto accattivante esteticamente, ma che ancora non convince gli osservatori e, probabilmente, nemmeno i dirigenti Sony.

SDR è capace di ballare e cantare e di sostenere una conversazione molto semplice con un interlocutore umano. I suoi progettisti speravano di commercializzarlo prima della fine dell'anno a un costo molto vicino a quello di un'automobile di lusso, ma, probabilmente, hanno fatto delle previsioni troppo ottimistiche.



Sony, in effetti, cerca ancora di capire cosa i potenziali clienti potrebbero aver voglia di fare con un robot umanoide di sessanta centimetri di altezza e di sette chili di peso e, soprattutto, se saranno disponibili a pagare una cifra che presumibilmente si aggirerà intorno ai 40 mila euro, per possederne uno.

La nuova versione di SDR è equipaggiata di un microprocessore supplementare - per migliorarne le funzioni verbali - e di speciali sensori che evitano che si scontri con le persone quando muove braccia o gambe. Le sue capacità di localizzazione e di spostamento

gli impediscono, ormai, di inciampare su ostacoli e azionano l'apertura delle braccia quando sta per cadere. Per il momento, SDR parla soltanto giapponese, ma gli ingegneri di Sony stanno lavorando a una tecnologia di riconoscimento e sintesi vocale che gli consentirà di parlare in inglese e, successivamente, anche in altre lingue.

L'approccio adottato da Sony nel progettare SDR è stato diametralmente opposto a quello della Honda, che ha presentato già da tempo Asimo, il suo robot umanoide. Quest'ultimo, nella concezione del costruttore di automobili, dovrebbe diventare un assistente del suo proprietario, un automa utile, mentre SDR dovrà solo tenere compagnia e divertire il suo padrone.

I ROBOT COREANI

La Corea del Sud programma lo sbarco dei suoi robot: data prescelta il 2005, quando i primi prototipi accoglieranno i clienti negli uffici postali. Nel 2007, invece, modelli sempre più sofisticati dovrebbero entrare in tutte, o quasi, le case, per svolgere servizi via via più complessi. Dalla fine del 2005, entrando in un ufficio postale sud coreano, si assisterà a una scena da film di fantascienza: gli utenti aspetteranno tranquillamente il proprio turno, a dargli il benvenuto una silhouette metallica alta 1 metro e 50 centimetri. Il compito di questo robot? Aiutare le persone a pazientare diffondendo dei video sui propri monitor. Più lontano, defilato, un altro robot avrà la funzione di un'agente di sicurezza e la notte, sarà programmato per scattare fotografie agli eventuali intrusi. Questo "ubiquitous robotic companion" (lavoratore robotico onnipresente) è studiato per fornire ai Coreani "servizi ovunque e in qualsiasi momento", precisa il ministero dell'Informazione e delle comunicazioni incaricato del progetto.

Nel 2005, infatti, i robot non saranno più solo appannaggio dei luoghi pubblici. Dovrebbero anche invadere 400 case coreane, famiglie appositamente scelte per partecipare a questo progetto pilota. Un investimento di proporzioni enormi

Ben lontano dall'agire a scopi altruistici, il governo della Corea del Sud ha investito in questo progetto enormi ambizioni commerciali. Intende piazzarsi sul mercato della robotica, e intende farlo al meglio dal momento che stima possa arrivare a 200 miliardi di dollari nel 2007.

Per questa data, i Coreani potranno acquistare effettivamente i loro primi robot. Tre i modelli proposti in commercio. Il primo, più evoluto e più grande, dovrebbe garantire un collegamento Internet e servizi di assistenza sanitaria, come distribuire medicine a ore precise. Negli Stati Uniti, un ospedale di Memphis fa già ricorso a un robot per questo compito. Il secondo robot

coreano dovrebbe concentrare i suoi sforzi sui compiti domestici. Infine il terzo, meno evoluto, dovrebbe essere dedicato all'intrattenimento. Potrebbe, ad esempio, raccontare favole per aiutare i bambini ad addormentarsi. Il governo coreano, inoltre, ha chiesto di controllare i costi di sviluppo dei robot, per garantire che i modelli siano accessibili al grande pubblico. Secondo Korea Times, le forchetta di prezzo dovrebbe oscillare dai 3 milioni di wons (2.100 euro) ai 500.000 wons (350 euro), a seconda dei modelli.

La data del 2007, comunque, non è che una prima tappa nella "vita" dei robot. La Corea intende sviluppare, entro il 2011, dei prototipi capaci di comprendere le necessità degli esseri umani, mentre per il 2015, questi robot dovrebbero essere così evoluti da poter interagire con gli uomini.

TRASFORMARE IL PROPRIO NOTEBOOK IN UN ROBOT

Evolution Robotics, una piccola azienda statunitense, ha presentato qualche tempo fa un prodotto che potrà avvicinare alla robotica molti appassionati di informatica. Il robot si chiama ER1, e non è altro che uno chassis mobile in cui è possibile installare il proprio computer portatile. Alla Evolution Robotics, infatti, hanno pensato che fosse inutile sviluppare un processore ad hoc per le azioni del robot: meglio utilizzare l'estrema potenza dei più recenti processori per il mercato mobile.

Il kit è composto da uno chassis di alluminio dotato di ruote su cui installare il notebook, oltre che da una telecamera che funge da "occhio" e, entro pochi giorni, anche di un braccio meccanico snodato, in grado di afferrare oggetti di piccole dimensioni.

ER1 è completamente controllabile via software; il programma di controllo, infatti, permette di impostare un grande numero di comportamenti complessi. Il robot è in grado di muoversi agevolmente in ambiente domestico, evitando gli ostacoli. Grazie alla videocamera, ER1 è in grado di riconoscere gli oggetti e agire su di essi. Per esempio, può portare un oggetto da una stanza all'altra, tramite un semplice comando vocale: ER1, infatti, è in grado di distinguere l'oggetto in mezzo agli altri e di prenderlo con sé.



Il programma di gestione del robot è relativamente semplice, ma molto potente: permette la creazione di routine d'azione personalizzate, esportabili sul sito della Evolution e condivisibili con gli altri utenti.

In verità, al di là di qualche uso pratico piuttosto banale (monitoraggio di ambienti, dissuasione anti-intrusione, ecc.) ER1 non ha nessuna applicazione pratica di rilievo. Sicuramente si tratta di un giocattolo per adulti piuttosto costoso (599 dollari per il kit da assemblare, 699 per il prodotto assemblato), che avrà però il merito di rendere molto più popolare la robotica amatoriale.

Per far "vivere" ER1 è necessario disporre di un notebook con processore pari o superiore al Pentium 3 a 800 MHz, almeno 256 Megabyte di RAM, due porte USB e Windows 98 o superiori. http://www.evolution.com/

ROBOT CHE SI EVOLVONO "NATURALMENTE"

Alcuni scienziati hanno studiato un sistema per la produzione di robot che si basa sulle teorie dell'evoluzione e della selezione naturale. Hod Lipson e Jordan Pollack, della Brandeis University, Massachusetts, hanno creato un sistema in grado di costituire "forme di vita robotiche" senza alcun intervento umano. Due dei principali ostacoli nelle ricerche sulla vita artificiale sono la mancanza di versatilità dei robot e i loro alti costi di produzione. Un modo per superare il problema potrebbe essere quello di renderli maggiormente autonomi e cioè, in grado di evolversi e di costruirsi da soli.

Lipson e Pollack hanno sviluppato un sistema che progetta e costruisce automaticamente i robot, simulando un'evoluzione naturale. L'intervento umano è ridotto al minimo, sia nella progettazione, sia nella realizzazione degli automi. Al termine dell'esperimento, dopo centinaia di generazioni virtuali, i robot con le migliori performance sono stati convertiti, sempre tramite un sistema automatico, in prototipi.

Lipson e Pollack hanno dimostrato come un sistema computazionale sia in grado di disegnare e costruire automi senza l'intervento umano. Anche se il risultato non è paragonabile ai robot generati da progetti umani, sii tratta di un ulteriore passo nella direzione di macchine totalmente autosufficienti.

AFGHAN EXPLORER: IL ROBOT GIORNALISTA

Il mestiere di giornalista è spesso pericoloso, come dimostrano i tanti caduti sui fronti di guerra in questi ultimi mesi. Il Massachusetts Institut of Technology ha ipotizzato un prototipo di robot giornalista in grado di realizzare reportage a rischio senza mettere a repentaglio vite umane



Il robot messo a punto dal MIT è stato denominato Afghan Explorer, per sottolineare come la morte di numerosi giornalisti da questo fronte di guerra abbia spinto i ricercatori del famoso laboratorio americano a cercare un sistema più sicuro per informare l'opinione pubblica. L'équipe, diretta da Chris Csikszentmihalyi, ha messo a punto una sorta di vettura telecomandata che ricorda i veicoli per l'esplorazione spaziale della Nasa. Una somiglianza non casuale, a giudicare da quanto dichiarano i suoi creatori, che sul sito Internet dedicato affermano: "Gli Stati Uniti mandano dei robot nello spazio, perché non possiamo allora fare la stessa cosa con i punti caldi del pianeta?".

Dotato di quattro ruote motrici, questo cyber giornalista è in grado di muoversi piuttosto agevolmente anche sui terreni accidentati. Una serie di pannelli solari disposti nella parte superiore gli assicurano il rifornimento di energia necessaria per spostarsi e per alimentare i vari dispositivi elettronici dei quali è equipaggiato. Ovviamente, non manca una telecamera, per realizzare interviste in luoghi pericolosi. L'Afghan Explorer è anche dotato di uno schermo a cristalli liquidi, in modo che le persone intervistate possano vedere, oltre che sentire, i loro intervistatori. Gli interlocutori comunicano tramite un microfono e degli altoparlanti installati sul cyber reporter. L'intervista, viene quindi trasmessa via satellite dal fronte di guerra direttamente al più sicuro e confortevole studio televisivo. L'Afghan Explorer, che viene comandato a distanza, dispone anche di un ricevitore GPS e di una bussola elettronica.

L'intento del MIT, come spesso accade, è più quello di attirare l'attenzione dei media che di fornire soluzioni concrete a un problema. L'Afghan Explorer, infatti, quasi certamente, non avrà mai un'applicazione pratica, anche se, in teoria, l'utilizzo di un veicolo telecomandato per realizzare filmati senza esporre al pericolo gli operatori, non è del tutto peregrina. Nonostante ciò, i primi commenti dei giornalisti americani appaiono scettici. Daniel Sneider, dal "San Jose Mercury", non ha dubbi: "Non è possibile - ha scritto su "Wired" - mandare una macchina a realizzare reportage in zone di guerra. Anche se sarebbe effettivamente una bella cosa".

Lo stesso Chris Csikszentmihalyi non nasconde i limiti del suo progetto. "Se delle persone vedessero questa strana macchina avanzare verso di loro - ha dichiarato con spirito autocritico - la prima reazione sarebbe quella di spararsi contro. La macchina è una vera calamita da questo punto di vista, ma, purtroppo, è anche molto poco resistente alla pallottole".

IL ROBOT FARMACISTA

La robotica applicata ha mosso i suoi primi passi in fabbrica, dove ha sostituito l'uomo nei lavori più pesanti e nocivi (dal trasporto delle componenti, alla verniciatura). Adesso inizia a ricavarsi uno spazio in ambienti e lavori più delicati e complessi. Uno di questi ultimi robot ha trovato lavoro al Centro ospedaliero dipendente dall'università del Québec (CHA). Il suo compito, preparare le dosi medicinali.

Il direttore generale del CHA si dice soddisfatto, perché l'introduzione del robot ha ridotto i costi di funzionamento della farmacia e supplisce alla mancanza di manodopera, aumentando l'efficienza, il rigore e la qualità del servizio di medicazione.

Il robot è della serie Robot-Rx dell'azienda McKesson Canada e gestisce il 95 % delle dosi robotizzabili. Attraverso un codice a barre gestisce e prepara le dosi di medicinali senza errori e con grande rapidità.



Una tecnologia che, come spiegano i responsabili del nosocomio, modifica sensibilmente i metodi di lavoro e assicura il passaggio di distribuzione da settimanale a giornaliero per tutti i pazienti di 2 ospedali. Una risposta all'aumento dei costi dei medicinali che colpisce anche il Canada. Con il robot, però, si riduce considerevolmente il magazzino, oltre alla gestione del ritiro dei medicinali. Un assistente tecnico passava 35 ore alla settimana per gestire il ritiro, circa il 50-60 % delle dosi preparate.

Come sempre, quando l'informatica e la tecnologia in generale entrano in un sistema, cambiano anche le regole. Secondo il direttore del servizio profes-

sionali del CHA, "l'acquisizione del Robot-Rx ci ha portato a ripensare completamente il nostro servizio di farmacia".

Adesso, i farmacisti possono lavorare a monte delle prescrizioni, sulle unità di cura e raccomandare i farmaci migliori al miglior costo. Gli assistenti tecnici assicurano la raccolta informatica dei dati e assumono la responsabilità della verifica del contenente e contenuto. Secondo i responsabili del servizio, Robot-Rx costato 2 milioni di dollari si potrà ripagare in 6 anni, in più offrendo il servizio ad altre istituzioni. Veniamo alle percentuali di errore nella gestione delle medicazioni. Il CHA aveva una percentuale di errore di meno di 1/10 dell'1 % di medicazioni. Secondo il rapporto sulla gestione rischi del CHA per il 2000-2001, si parlava di 329 errori su più di 335.890 atti di medicazione.

Secondo l'esperienza veicolata da altri utilizzatori del robot, ci dovrebbe essere una diminuzione quasi totale degli errori, visto che il codice a barre evita le confusioni di contenuto e contenente, che costituiscono la maggior parte degli errori registrati.

In pratica, Robot-Rx potrebbe compiere un errore su 3,7 milioni di dosi preparate.

IL ROBOT POLIZIOTTO

Aibo, il cyber cucciolo creato dalla Sony si è evoluto e le generazioni successive al primo modello sono state modificate da hacker e proprietari appassionati (nonostante la resistenza della Sony). Ma c'è chi ne immagina nuove funzioni prevedendo l'utilizzo di robot integrati con reti wireless e adibiti a compiti di pubblica sicurezza analoghi a quelli delle unità cinofile.

Sony ha già venduto centomila unità di cyber cagnolini da compagnia in tutto il mondo (i primi 3000 in Giappone furono venduti in meno di venti minuti nonostante il prezzo non proprio popolare). La seconda generazione del robot domestico Aibo è stata resa meno somigliante a un cane, ma ha affinato l'abilità nell'esprimere le sue emozioni. Aibo grazie a dei sensori di tatto, è infatti già in grado di "capire" se gli si fa una carezza o lo si sculaccia. Ma con i sensori olfattivi potrebbe potenziare le sue capacità - già governabili a distanza grazie all'integrazione di una Wireless LAN card - e lasciare la sfera domestica per lanciarsi in avventure di tutt'altro genere!

Stuart Wallock, direttore della pianificazione strategica presso la Sony Electronics Entertainment Robot America, afferma infatti che le applicazioni possibili di questi robot sono moltissime anche nel campo della sicurezza e del controllo. Molti strumenti sono già usati in diversi servizi di sicurezza, ma la loro integrazione e soprattutto la possibilità di avere un collegamento on line immediato tra tutti i vari rilevatori e con un elaboratore centra-



le, rappresentano un passo avanti molto significativo.

Veniamo quindi all'idea del cane poliziotto, o meglio, al di là della metafora del cane, alle applicazioni nel settore della sicurezza di questo genere di tecnologia. Nel settore della robotica e delle perceptual interfaces i ricercatori stanno infatti valutando nuove applicazioni, soprattutto dall'11 settembre in avanti. Ephraim Schwartz, editorialista di Inforworld specializzato in wireless, ha svolto una breve indagine tra gli operatori del settore scoprendo interessanti linee di sviluppo tra i laboratori di R&D.

Solitamente si mettono a confronto le capacità dell'uomo con quelle della macchina - e spesso vince la seconda - in questo caso si tratta di capire chi sia meglio tra il cane e la macchina: chi annusa meglio e in modo più preciso? Pare vinca la macchina.

Sensor technology ha già realizzato prototipi in grado di rilevare sostanze chimiche usate negli esplosivi e anche Sensar sta già sperimentando sistemi di questo tipo. Ron Pretlac, della Electronic Sensor Technology (EST), afferma che i cani delle unità cinofile richiedono lunghi addestramenti, mentre il zNose della EST può rilevare ogni tipo di sostanza con un bassissimo margine di errore.

I robot come Aibo sono programmabili per nuove funzioni e ovviamente hanno già incorporato funzionalità wireless per la trasmissione di dati. Schwartz ipotizza l'utilizzo di questi sistemi in contesti in cui le misure di sicurezza necessitano maggiore attenzione, come negli aeroporti dove si stanno sperimentando nuovi sistemi integrati in Wireless Lan per l'identificazione elettronica degli oggetti e delle persone. Agli americani non sarà venuto in mente, ma a questo punto perché non pensare a un Aibo cane da tartufo? L'uso delle nuove tecnologie è d'altra parte già diffuso per localizzare, tramite reti GPS, i siti migliori per la pesca e per la caccia, e si sono fatti molti progressi verso i nasi elettronici.

ROBOT: L'EVOLUZIONE DELLA SPECIE

Abbiamo sotto gli occhi, o forse crediamo di avere, una varietà di robot che ancora 3 anni fa si trovavano solo nei libri di fantascienza. Aibo, il cagno-

lino robot della Sony, Roomba, l'aspirapolvere robot, Pathfinder, il robot che cammina su Marte, la costruzione delle auto in catene di montaggio in cui sono quasi scomparsi gli operai, sostituiti da pochi tecnici che interagiscono con robot, i robot che si trovano in sala operatoria…

Sono però robot anche altri oggetti che probabilmente non associamo a questa categoria. Ad esempio: i treni di alcune metropolitane, ormai completamente automatizzati senza alcun guidatore e anche gli aerei moderni in cui il pilota serve più a dar fiducia ai passeggeri che non a pilotare l'aereo.

Questa mancanza di percezione di sistemi robotizzati è un segnale importante che dimostra la maturità raggiunta da questi sistemi. Rimane però, nell'immaginario collettivo, la concezione di robot come imitazione dell'uomo e in questo senso l'aspetto antropomorfico è quello che immediatamente attira l'attenzione. I sistemi che oggi troviamo intorno a noi sono molto diversi, dal punto di vista della forma, dal nostro corpo e per questo motivo suscitano meno attenzione e spesso non sono considerati robot.

La somiglianza con l'uomo si gioca tuttavia anche ad un livello più profondo e ben più complesso della somiglianza di forma.

Le riflessioni che seguono, così come indicato dal titolo, sono relative alla evoluzione dei robot in senso antropomorfico soprattutto a livello profondo o comunque strettamente collegato all'uomo.

In questo senso profondo la capacità di rendersi conto dell'ambiente circostante e comportarsi in modo intelligente rispetto all'ambiente e agli obiettivi è un continuo progresso che ritroviamo negli esseri viventi e su cui si può effettuare una comparazione evolutiva dei robot nei prossimi 100 anni.

Per il 2010 i ricercatori ritengono che si disporrà di robot in grado di avere un rapporto con l'ambiente simile a quello che ha una piccola lucertola (già molto più sofisticato di quello di un coleottero, stadio a cui siamo praticamente arrivati). La capacità di apprendimento e di concettualizzazione potrebbe essere simile a quella di un bimbo di 3 anni, senza però ancora la capacità di progredire nella concettualizzazione dell'apprendimento, cosa che invece un bimbo di tre anni riesce a fare in quanto diventerà un bimbo di 4-5…20 anni. Il robot, almeno a questa data rimarrebbe invece racchiuso nelle concettualizzazioni normalmente possibili ad un'età di tre anni[1].

Per il 2020, anche se qui iniziamo a entrare più nel campo delle ipotesi che non in quello della programmazione scientifica, il robot potrebbe avere una capacità cognitiva e di relazione simile a quella di un topolino.

Intorno al 2030, siamo ormai nel mondo dell'immaginazione stimolata dai

1 In Giappone è stato proposto al governo da parte di alcuni ricercatori di attivare un progetto della durata di tre anni con una richiesta di finanziamenti per 50 miliardi di Yen (360 milioni di Euro) con l'obiettivo di sviluppare un robot antropomorfico in grado di comportarsi come un bambino di 5 anni. Il progetto, chiamato Atom, dal nome di un super robot protagonista di un cartone animato di successo del dopoguerra, comporta lo sviluppo di una varietà di tecnologie di base come sistemi visivi, uditivi, comunicativi … http://www.wired.com/wired/archive/12.07/race.html

progressi tecnologici, potremmo vestire un robot con la pelle di una scimmia e riuscire ad ingannare un uomo che lo osservi ed interagisca con lui.

Nel 2040 si dovrebbe raggiungere, qui siamo a cavallo tra sogni, speranze e anche preoccupazioni, un tipo di capacità di interazione e comportamento simile a quella di una persona umana.

Per fine secolo, e qui siamo forse più nel campo della speculazione filosofico-fantascientifica si immagina la possibilità di trasferire una persona, intesa come carattere, esperienza, capacità intellettuali, ad un robot. In questo caso il robot diventerebbe una "fotocopia" di quella persona[2].

Questa evoluzione verrà resa possibile dal progresso in alcuni settori tecnologici. Vediamone almeno i principali, con l'esclusione delle tecnologie della sintesi e del riconoscimento del parlato che saranno oggetto di uno specifico incontro al Future Centre.

Tecnologie per …muoversi

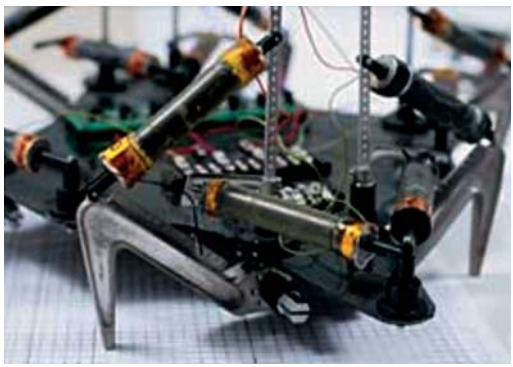
La capacità di movimento dell'uomo è frutto di una evoluzione di milioni di anni e di un adattamento all'ambiente che ha portato a dei vantaggi specifici. Non è in assoluto il modo migliore di muoversi, anzi non esiste in assoluto un modo ottimale per muoversi. La pulsazione ritmica delle meduse è un sistema altamente efficiente, così come lo spostamento di un serpente attraverso le ondulazione del corpo o le 8 zampe di un ragno, le sei di un insetto o le quattro di un cane. Ciascun sistema si è ottimizzato nel tempo sulla base del comportamento di quell'animale in quell'ambiente (condizionandolo ovviamente allo stesso tempo). Il movimento su due "zampe" caratteristico dei bipedi è notevolmente complesso da un punto di vista meccanico in quanto richiede un continuo rie-



Robot dotato di 6 zampe che ne assicurano una buona stabilità. Lo spostamento avviene muovendone 3 alla volta in modo tale che ve ne siano sempre 3 a garantire la stabilitá statica.

2 Uno dei racconti contenuti nel libro di Hofstadtter, l'Io della mente, rappresenta in modo molto avvincente questa situazione. A seguito di un incidente nucleare occorre inviare una persona a risolvere il problema. Esiste una unica persona che ha le capacità per affrontare questa situazione ma il livello di radiazione è talmente forte che morirebbe nel giro di pochi secondi non appena si avvicinasse al reattore. Viene quindi deciso di scaricare il cervello di questo esperto in un robot mantenendo i due cervelli perfettamente sincroni tramite un collegamento radio. Le cose sembrano andare come si sperava ma un piccolo incidente interrompe il canale di collegamento tra i due cervelli, quello biologico e quello del robot. In quel preciso istante il robot è esattamente uguale alla persona, indistinguibile in termini di interazioni, percezioni dell'ambiente, carattere. Tuttavia da quel punto in poi le esperienze a cui è sottoposto il robot e quelle a cui è sottoposto il cervello della persona divergono e quindi ciascuno via via assume una identità diversa. Tuttavia entrambi "sentono" di essere l'incarnazione della persona "vera". Di qui in poi si apre una interessantissima riflessione su cosa significhi essere e percepire la propria esistenza. Da leggere.

quilibrio, in assenza di questo si cade. Sappiamo che un sistema è stabile quando appoggia su tre "gambe" (non allineate). Una sedia a due gambe non funziona. Se però l'oggetto si deve muovere questo richiede che almeno una delle gambe si stacchi da terra e quindi per assicurare l'equilibrio occorre averne almeno altre 3. Un sistema a quattro zampe può quindi spostarsi restando sempre in equilibrio. La rapidità di movimento migliora però se il sistema passa attraverso fasi di equilibrio instabile, come succede nel movimento dei quadrupedi in cui vengono spostate allo stesso istante 2 zampe (lasciandone quindi solamente due a contatto con il terreno in una situazione di instabilità statica).

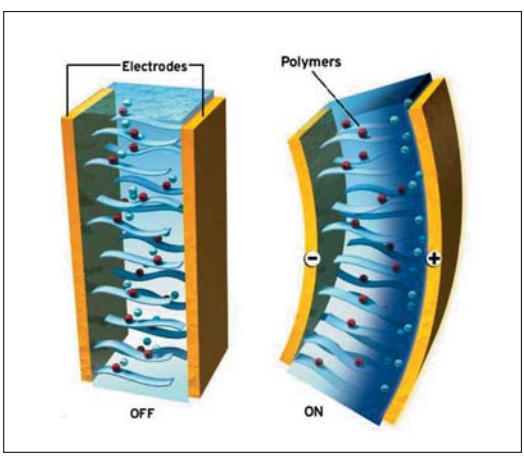


Sistemi di muscoli artificiali per consentire il movimento di un piccolo robot. I "muscoli" sono i cilindretti che collegano varie parti del robot.

Il mantenimento di una stabilita` dinamica nello spostamento rimane un forte elemento di complessità per i robot.

Il movimento delle singole "gambe" così come quello di tutte le diverse parti che devono muoversi può essere effettuato tramite dei sistemi di leve e ingranaggi, meccanismi idraulici o altri ancora.

La Festo AG, azienda specializzata nella realizzazione di robot per catene di montaggio per autovetture, PC e pasti preconfezionati, ha sviluppato TRON-X un robot "androide", cioe` simile ad un uomo come aspetto esterno, i cui movimenti sono resi possibili da circa 200 cilindretti pneumatici in



Muscolo artificiale realizzato tramite delle lamelle di polimeri (plastica) tese tra due elettrodi flessibili. Applicando una tensione agli elettrodi le lamelle si deformano provocando una alterazione della forma con una conseguente contrazione, cosi` come avviene nei muscoli naturali.

cui viene regolata la quantità di aria presente creando uno spostamento su un pistone che causa il movimento dei pezzi collegati. TRON-X è in grado di ballare, cambiare le espressioni facciali e eseguire complicati movimenti con le mani.

Nel caso di piccoli robot il sistema di movimento deve essere miniaturizzato e per questo occorrono tecnologie diverse rispetto a quelle che si possono utilizzare, ad esempio, in una scavatrice. Sono stati sviluppati dei muscoli artificiali basati su dei materiali che hanno la proprietà di cambiare la loro forma quando sono soggetti ad un campo elettrico. L'idea non e` affatto nuova: le cellule che formano i nostri muscoli sono fatte proprio cosi`. All'interno di ogni cellula sono presenti delle molecole che quando vengono stimolate dal campo elettrico attivato dai nervi motori cambiano la loro forma riducendo la dimensione lineare, in pratica si accorciano. Moltiplicando la piccolissima riduzione di lunghezza di ogni molecola per il numero di molecole coinvolte si ottiene una riduzione percettibile che crea il movimento.

Per stimolare la ricerca nel settore dei muscoli artificiali (di cui si intravedono anche applicazioni come protesi per l'uomo) la NASA, l'ente spaziale americano, ospiterà il concorso di braccio di ferro (Arm Wrestling Grand Challenge) a cui farà partecipare EWA-1, un robot i cui muscoli sono realizzati con fibre di grafite che si deformano quando sottoposte ad un campo elettrico da 120 volt.

I movimenti più sofisticati che abbiamo come uomini sono quelli delle nostre mani che hanno ben 25 movimenti distinti (eseguiti in tutte le combinazioni possibili). Al momento non è stato ancora possibile realizzare questa varietà di movimenti mantenendo la forma e le dimensioni tipiche della mano. Chi vi si è maggiormente avvicinato è la Shadow Robot Company con la "Shadow hand" (la mano ombra). Alla università Carnegie Mellon sono riusciti per ora a realizzare un singolo dito artificiale con le proprietà di movimento tipiche di un dito "vero".

Muoversi richiede anche una consapevolezza dello spazio attorno, sapere dove si può appoggiare il piede o la distanza di un oggetto che si vuole afferrare oltre al senso di se`: il mio braccio è lungo abbastanza da arrivare ad afferrare l'oggetto o devo avvicinarmi? Come devo afferrare quell'oggetto in modo che non cada? Quanto potrebbe pesare e quindi è alla mia "portata"?

Tutto questo che per noi è talmente banale da non farci neppure più caso ma deve invece essere affrontato dal robot (e da chi lo costruisce).

Il robot QRIO della Sony si può proprio dire che faccia un passo avanti in questa direzione. Infatti è stato dotato di una varietà di movimenti, di sensori e di un cervello (un computer) che analizzando le informazioni e conoscendo le possibilità di movimento riesce a farlo muovere anche su superfici complicate.

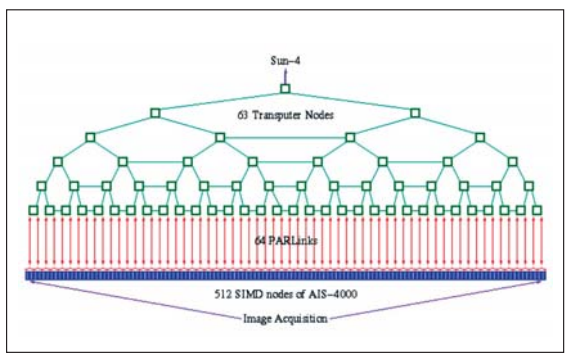
Tecnologie per…vedere

I robot per poter essere utili devono essere in grado di "vedere" il mondo attorno a loro. Questa visione può essere "cablata" e fissa, è il caso di un robot che monti dei componenti su di una piastra. Il progettista fornisce al robot le coordinate precise del punto in cui il componente deve essere montato e la piastra viene posizionata in modo ben preciso e sempre uguale. Un robot che operi in un ambiente che cambia o che si muova nell'ambiente deve necessariamente avere la capacità di capire come è il mondo attorno a lui.

Vedere il mondo significa riuscire a distinguere i vari elementi che lo compongono. Il primo passo e` quello di identificare un oggetto tra altri trovandone i confini. Questo sembra semplicissimo a ciascuno di noi perché occhio e cervello effettuano in modo completamente automatico questa operazione. L'automatismo non e` innato ma viene costruito nei primi mesi di vita del neonato risultando poi in strutture "cablate" che distinguono i confini di un oggetto e quindi lo isolano dal contesto. Il nostro occhio a livello retinico opera una rilevazione delle linee che segnano il confine di un oggetto, rilevando linee verticali, orizzontali e diagonali sulla base di contrasto tra aree limitrofe. La fusione di questi elementi elementari viene operata con una struttura gerarchica che fonde i diversi elementi catturati da punti diversi della retina.

Questo stesso tipo di struttura e` stato realizzato anche dai ricercatori per arrivare a fornire la capacità di vedere ad un robot.

Una società americana, Canesta, ha realizzato un chip (Equinox) e un programma che permette a chi realizza dei robot di dotarli della capacità di vedere. Il chip funziona come un radar anche se non emette onde sonore ma degli impulsi di luce e misura il tempo impiegato dai fotoni emessi per rimbalzare sul sensore dopo aver colpito un oggetto. Il chip crea una mappa tridimensionale utilizzando oltre 50 immagini al secondo dell'ambiente in cui si trova. La tridimensionalità e` importante in quanto permette di valutare la distanza degli oggetti "dall'occhio". Inoltre la numerosità di immagini catturate ogni secondo consente di rilevare i movimenti.



Schema della "macchina visiva" realizzata dalla universita` di San Francisco in cui si evidenziano i diversi livelli di progressive analisi delle immagini.



Elaborazione di immagine per separare gli oggetti che la compongono tramite evidenziazione di linee di contrasto. A sinistra l'immagine catturata, in mezzo la evidenziazione delle linee che potrebbero segnare la separazione tra oggetti e a destra una ulteriore elaborazione per separare in modo preciso i diversi componenti.

L'immagine raccolta dall'occhio artificiale assomiglia a quella che vedremmo su di un televisore anche se come abbiamo detto contiene degli elementi relativi alla distanza relativa dei diversi punti dell'immagine dall'occhio. Questo non è sufficiente a separare un oggetto dall'altro in quanto un oggetto può avere punti della sua superficie posti a distanze diverse dall'occhio. Occorre effettuare, e questo e` il compito del programma, una analisi dell'immagine per separare gli oggetti a partire dalle linee di contrasto.

La separazione di una immagine in oggetti non può basarsi solo sulla identificazione di linee di confine tra aree a diverso contrasto. Deve riuscire a mettere insieme varie linee in modo da contornare un componente dell'immagine cancellando anche quelle che non sono determinate da contorni di due componenti ma sono parte di uno. Questo richiede un riconoscimento di quali oggetti potrebbero essere presenti.

Non siamo ancora ad una soluzione perfetta anche se diversi passi avanti sono stati fatti. In questo settore la capacità di apprendimento e` fondamentale, così come accade al neonato che nel tempo acquisisce la capacità di identificare oggetti portando la manina a prenderne uno dimostrando quindi di essere riuscito a separarlo dal contesto.

Ricercatori della Siemens sono riusciti a realizzare un chip contenente l'equivalente di milioni di cellule nervose in grado di identificare delle tipologie di oggetti, ad esempio una maniglia. Il chip non contiene una riproduzione in silicio di cellule nervose. Queste sono simulate da un apposito programma che opera sul chip.

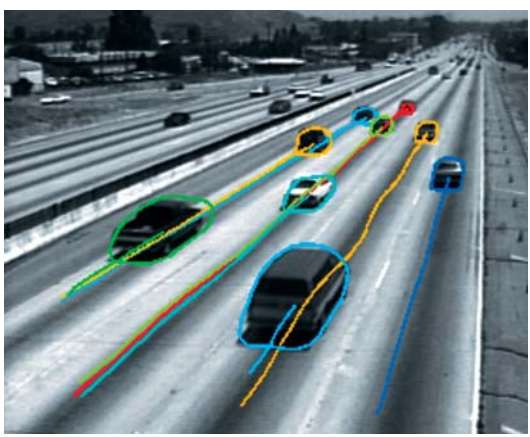
Un robot dotato di questo sistema visivo e` in grado di guardarsi attorno in una stanza, riconoscere la porta e identificare correttamente la maniglia per poi "girarla" e aprire la porta. Le cellule elettroniche sono state addestrate a riconoscere oggetti a forma di maniglia tramite una osservazione di molti esempi. Tanto per dare un'idea della complessità, riconoscere una maniglia richiede l'esecuzione di oltre un milione di equazioni differenziali in un secondo.

Il sistema della Siemens identifica non solo una maniglia ma anche il fatto che possano esservi dei codici di colore per indicare in che modo "girare" la maniglia. Come avviene nel nostro cervello esistono aree diverse di programma e del chip per elaborare informazioni di colori e di forme. Queste vengono poi fuse insieme ad un livello gerarchico più elevato. Gli elementi vengono attivati da questa fusione sono chiamati le cellule "nonna" e rappresentano il "senso comune" del robot, l'equivalente del nostro senso comune: ad esempio che una maniglia deve essere girata, che girandola la porta si apre se la si spinge o la si tira, che la maniglia gira solo per un certo arco, che e` collegata alla porta, che a volte non gira perché e` necessario prima girare una chiave …e così via.

Tecnologie per…capire

Abbiamo visto che per separare un oggetto dal contesto e` spesso necessaria una comprensione di cosa sia quell'oggetto. Questo è in qualche modo legato anche alle sue proprietà, a cosa serve, come si può interagire con quell'oggetto, se questo si muove o meno…

Jerry, un robot sviluppato al MIT, a Boston negli USA, imita il processo spesso seguito dagli umani per rendersi conto di cosa siano le cose che sta osservando. Per prima cosa cerca di rendersi conto del contesto complessivo osservando oggetti distanti come l'orizzonte e i limiti dello spazio osservato, ad esempio una strada o le pareti di una stanza e quindi passa ad osservare le cose vicine, come ad esempio un'auto, per capire che tipo di interazione queste possano avere con lui. Ad esempio: l'auto è parcheggiata e gli impedisce il passaggio? Sta muovendosi nella sua direzione e quindi lui deve spostarsi per evitare di venire investito?



Riconoscimento di automobili e delle loro traiettorie. In questa analisi non viene effettuata una previsione delle traiettorie future ma sono solo identificate quelle percorse in un certo arco temporale. È chiaro che un robot che debba interagire con oggetti in movimento deve essere in grado di prevedere dove questi saranno in istanti successivi e quindi deve prolungare le traiettorie osservate nel futuro.

In Giappone ricercatori dell'università di Tokyo, utilizzando sofisticate tecniche di riconoscimento, sono riusciti a realizzare un robot in grado di

catturare la palla lanciata da un giocatore di baseball. Questo e` abbastanza difficile anche per un uomo (per noi il problema principale sono i riflessi mentre per il robot e` distinguere la palla dal contesto). Questo robot ha una "vista"che raccoglie ogni secondo 1.000 immagini (il nostro occhio ne raccoglie circa 16).

Occorre osservare che per quanto notevoli siano i risultati raggiunti questi riguardano sempre un contesto di laboratorio o al massimo un contesto predefinito. Non sappiamo ancora creare un robot che sia in grado di distinguere un ambiente qualunque e qualunque oggetto nell'ambiente. Anche quei robot, come il robot infermiere che opera in un centinaio di ospedali in USA, che operano in un ambiente normale in realtà usano dei riferimenti ben precisi per "orizzontarsi" e semplicemente trascurano quello che non sono in grado di riconoscere perché non è stato pre-programmato nel loro cervello (computer).

La complessità di adattamento all'ambiente esterno è tale che gli scienziati non vogliono sbilanciarsi su quando potremo effettivamente avere un robot in grado di muoversi come una persona umana. Alcuni ritengono che non basteranno 40 anni per arrivare a questo, e quindi al 2050 non avremo ancora questo tipo di robot. Tuttavia quasi tutti i ricercatori concordano che per il 2015 sarà possibile avere un robot domestico in grado di muoversi nella casa come una …domestica.

Si noti che questo è diverso dall'obiettivo di avere un robot che in certi settori possa avere delle capacità simili a quelle umane, e magari anche superiori.



Il progetto Robocup ha per obiettivo di sviluppare dei robot sempre più sofisticati in grado di giocare a pallone. Entro il 2030 si vorrebbe riuscire a creare una squadra in grado di sfidare una nazionale di calcio e se non vincere almeno fare bella figura. Questo richiede una capacità di cooperazione in un contesto che cambia continuamente, un obiettivo al di là delle possibilità odierne.

Tecnologie per…cooperare

Capire l'ambiente è ovviamente importante ma la comprensione può avvenire a diversi livelli. Noi sappiamo bene che il mondo attorno a noi è popolato da altre persone, animali, cose che non sono elementi passivi ed indifferenti a quanto decidiamo di fare. Se impugniamo un trapano e premiamo il pulsante per farlo funzionare siamo anche consci che occorre tenere le mani ben distanti dalla punta….Questo

stesso tipo di conoscenze deve essere parte del modello "cerebrale" di un robot che voglia interagire con l'ambiente. L'interazione, quindi, richiede una comprensione non solo di cosa possa fare il robot ma anche di cosa possano fare le altre entità che si trovano nello stesso ambiente in quanto il risultato complessivo dipende dalla cooperazione tra le diverse entità ed il robot.

I bambini piccoli non nascono "imparati". La conoscenza del mondo viene costruita attraverso una continua serie di interazioni che consente al bambino di imparare e di iniziare a cooperare con il mondo attorno a se`. Un approccio simile viene utilizzato anche per certi tipi di robot, quelli che devono operare in un contesto dinamico. La differenza rispetto al bimbo è che nel caso del robot vengono pre-installate molte conoscenze, quante più se ne hanno e l'apprendimento è un continuo affinamento di questo insieme iniziale. Nei robot del futuro l'insieme iniziale di conoscenze sarà sempre più grande ma dovrà essere costruito in modo tale da poter essere cambiato dal robot stesso sulla base delle esperienze che via via questo maturerà. In effetti un sistema di apprendimento realmente flessibile potrebbe portare ad un robot che si comporta in una maniera assolutamente non prevista dal progettista. Occorrerà quindi inserire delle regole che in qualche modo fissino i confini della sua discrezionalità, come aveva fatto Asimov nel sul romanzo Io, robot.

Alcuni esempi di robot in grado di imparare dall'esperienza esistono già. Ricercatori della Siemens hanno realizzato un robot[3] per fare le pulizie nei supermercati che riconosce ostacoli e li aggira per proseguire le pulizie. Dove decida di proseguire a fare le pulizie e l'ordine in cui pulirà il supermercato non è prevedibile dal progettista. Di giorno in giorno sulla base di cosa gli capita il robot evolverà la sua strategia percorrendo percorsi diversi.

La cooperazione in futuro dovrà esistere anche tra robot, in contesti che cambiano in continuazione ed in modo non prevedibile. Non sarà quindi una collaborazione come quella che già oggi avviene tra robot in una catena di montaggio. In questo caso le azioni da fare sono pre-



Robot sparti-traffico utilizzati negli USA per cambiare il numero di corsie sulle strade a seconda dei flussi di traffico.

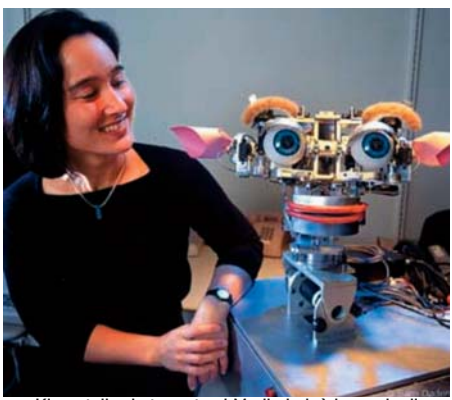
3 http://w4.siemens.de/Ful/en/archiv/pof/heft2_02/artikel19/index.html

programmate e la comunicazione tra robot ha un valore di sincronizzazione. Per sviluppare queste tecnologie fornendone anche una dimostrazione evidente è stato creato il progetto Robocup il cui obiettivo è la realizzazione di una squadra di robot in grado di giocare a calcio sfidando una squadra di calciatori. I robot, per avere speranza di vincere (giocando secondo le regole e quindi senza a prendere a pugni i calciatori) dovranno essere in grado di formare una vera squadra in cui ciascuno collabora con l'altro.

Un esempio molto meno ambizioso di collaborazione è quello formato da dei robot che sono entrati in servizio su alcune strade in USA. Ciascun robot è a forma di cilindro con delle ruote ed è in grado di collaborare con altri cilindri-robot in modo da disporsi su di una strada per delimitare una corsia di traffico a seconda delle condizioni. Ad esempio quando il flusso delle macchine è prevalentemente diretto verso la città i cilindri-robot si dispongono in modo da lasciare più corsie disponibili al traffico entrante e viceversa quando le condizioni sono opposte, al pomeriggio quando i flussi sono verso il fuori città.

Robot sociali

Un robot in grado di collaborare con altri robot in modo dinamico, quindi non pre-cablato, può collaborare anche con noi visto che il tipo di comunicazione in termini di informazioni da scambiarsi e` sostanzialmente lo stesso. Nel caso di un rapporto tra noi ed un robot, però, entrano in gioco delle modalità di interfaccia che devono essere quelle tipiche della comunicazione tra umani. Mentre un robot può "dire" ad un altro: "0A45CC6B1" e fornire con questo le informazioni necessarie, se vuole comunicare con noi deve usare il nostro linguaggio. Può parlarci o magari scriverci ma deve seguire i nostri sistemi di interfaccia.



Kismet, il robot creato al Media Lab è in grado di sorridere, mostrarsi triste, allegro, annoiato, spaventato. È un robot "sociale".

La comunicazione tra umani si svolge spesso "tra le righe". Diciamo qualcosa e allo stesso tempo strizziamo l'occhio. Il significato delle parole cambia completamente. Ascoltiamo quello che ci dice un amico e sorridiamo. In quel sorriso c'è una risposta e uno scambio enorme di informazioni.

Diversi ricercatori sono al lavoro per dotare i robot della capacità di interagire con noi a livello sociale, come fossero delle persone e per questo sono chiamati robot sociali.

Alla università di Waseda in

Giappone un gruppo di ricercatori ha creato WE-4R. Questo robot ha una mimica per esprimere emozioni che proviamo e leggiamo sul viso e nel comportamento dei nostri interlocutori ogni giorno: gioia, sorpresa, paura, rabbia, disgusto, felicità, tristezza.

WE-4R è in grado di vedere, sentire e ascoltare, toccare, apprezzare gli odori. Le reazioni che ha sono evidenziate dalla mimica facciale.

Interessante notare anche i progressi che si stanno facendo per dare la voce ai robot: parlare sarebbe ovviamente il modo più naturale per interagire con loro. Mentre una volta il robot parlava (e la maggioranza lo fa ancora) utilizzando un altoparlante pilotato da un computer ora alcuni ricercatori sono riusciti a creare un vero e proprio apparato fonetico, simile alle nostre corde vocali, ugola, naso e bocca per consentire al robot di parlare. La Toyota ha dimostrato questo progresso facendo suonare la tromba a Partner, un robot con una bravura, a detta degli intenditori, che gli avrebbe consentito di non sfigurare di fianco ad un jazzista. Il robot impugnava la tromba che gli forniva un assistente, se la portava alla bocca e …vai con le note.

KRT-V.3 fa anche meglio. Costruito dalla Sawada giapponese, ha un surrogato di polmoni per generare aria compressa che poi fa vibrare delle corde vocali artificiali. Il suono emesso è simile a quello di una voce umana grazie a delle labbra di silicone che svolgono il compito che per noi fanno lingua e labbra.

Un robot attorno a noi

Al MITnel laboratorio di Biomecatronica del Media Lab un gruppo di ricercatori lavorano dal 1999 per costruire un sistema di ortosi per aiutare chi ha problemi alla caviglia e al piede. A differenza della protesi in cui si ha una sostituzione di una parte del corpo, l'ortosi prevede un affiancamento alla parte deficitaria per garantire comunque la funzionalità. L'ortosi realizzata e` un vero e proprio robot fatto di plastica dura con un motore un computer e una batteria. Il computer attraverso sensori capisce cosa



Il BLEEX, un robot che fornisce un aiuto a persone che debbano trasportare grossi pesi per lunghe distanze oppure a persone che abbiano delle disabilità motorie.

dovrebbe fare il piede e la caviglia e ordina al motore i movimenti necessari per fornire la stessa funzionalità.

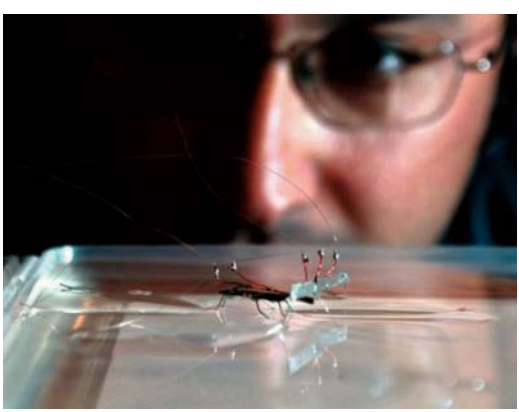
In California alla università di Berkeley il centro di robotica e ingegneria umana sta lavorando ad un robot, BLEEX: Berkely Lower Extremity Exoskeleton – esoscheletro per le estremità inferiori, che si indossa quasi come un paio di pantaloni e assiste la persona con delle disabilità motorie oppure facilita il trasporto di pesi su lunghe distanze. Proprio per questo scopo l'esercito degli USA aveva finanziato la ricerca.

Il robot possiede una varietà di sensori che forniscono le informazioni ad un computer che comanda i movimenti in sintonia con i muscoli della persona. Si può agganciare alle spalle del robot uno zaino di quaranta chili e si cammina normalmente. Il robot ci seguirà come un'ombra, passo passo senza staccarsi da noi.

In prospettiva questi tipi di robot potrebbero sostituire la ruota: in fondo le nostre gambe, se opportunamente aiutate, sono molto più efficaci per muoversi in una varietà di terreni.

Mini robot

La miniaturizzazione nel settore dei robot rappresenta ancora una grande sfida. Non per l'elettronica che come abbiamo visto è nata piccola ed è riuscita ad integrare sempre più funzioni in quello stesso, piccolo, spazio. Il robot è fatto anche di parti meccaniche e queste sono molto più difficili da ridurre a dimensioni piccolissime. Le ricerche sono nella direzione di sviluppare nuovi materiali le cui caratteristiche consentano di realizzare micro componenti meccanici.



Mini robot in grado di camminare sull'acqua come riescono a fare alcuni insetti.

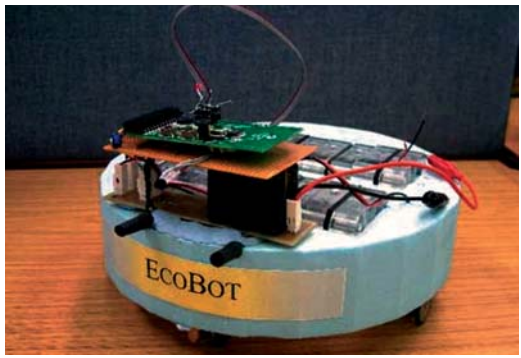
Si dice, ma sono informazioni difficili da verificare, che l'esercito degli Stati Uniti disponga di mini robot, delle dimensioni di un insetto, in grado di volare effettuando ricognizioni senza essere notati.

Certamente dispongono di sistemi robotizzati delle dimensioni di un uccello che utilizzano per riprendere immagini e catturare suoni al di là delle linee.

Uno degli aspetti chiave nella miniaturizzazione dei robot rimane la disponibilità di energia. Il robot pseudo uccello appena citato ha una autonomia decisamente

limitata. Qualche chilometro e una mezz'ora di volo. Robot in grado di restare in volo per tempi molto più lunghi, anche 48 ore senza rifornimento, sono molto più grandi, operano ad alta quota e sono portati in quota da aerei.

Ovviamente per robot che stiano ben saldi sulla terra si possono immaginare strategie di "rifornimento" di energia che garantiscano al robot una ben maggiore autonomia. Romba, il robot aspirapolvere, quando si sente a corto di energia smette di pulire e cerca una presa di corrente da cui ricaricare le batterie.



Ecobot, un robot fornito di un sistema per attirare le mosche e digerirle, come fanno le piante carnivore, generando l'energia che gli serve per muoversi e interagire con l'ambiente.

Alla università di Bristol è stato realizzato un robot, Ecobot, in grado di attirare mosche e "digerirle" generando quel minimo di energia che gli consente di muoversi alla velocità di 3 metri all'ora.

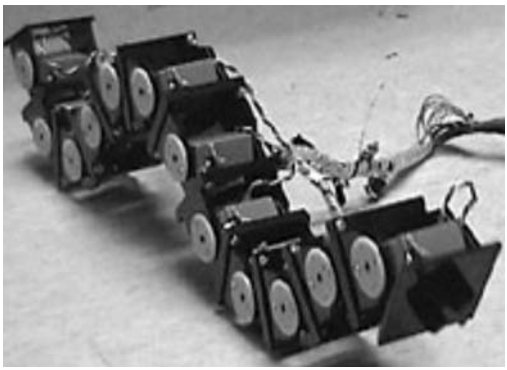
Robot in grado di auto-costruirsi

Se un robot deve arrivare ad avere una vita autonoma, cosa che ad esempio è indispensabile per un robot che debba sopravvivere su un altro pianeta dove non c'e` ovviamente un ingegnere pronto ad aggiustarlo se qualcosa si rompe, deve avere la capacità di auto-aggiustarsi e in alcuni casi di riprodursi.

Detta così sembra una cosa fantascientifica, il passaggio da un essere "cosa" ad un essere "vivo". In realtà tra un robot assolutamente passivo ed in balia del mondo esterno ed uno in grado di riprodursi esistono moltissimi passi intermedi.

Il primo passo e` quello di progettare dei robot come insieme di moduli che abbiano delle interfacce il quanto più identiche in modo da poter essere intercambiabili. Ogni modulo può contenere un computer e il software che questo contiene è in grado di adattare le funzionalità del singolo modulo a ciò che è


Sistema di auto-costruzione basato su piccolo sfere che si aggregano a dar forma ad una tazza.



Robot modulare in cui si possono utilizzare in modo indipendente ma coordinato i singoli moduli. Se uno si guasta gli altri sono in grado di supplire alla mancanza.

necessario quando si trova inserito in un certo punto.

Il secondo passo è quello di insegnare al robot ad avere un senso di sé e dell'ambiente. Questo gli permette di rendersi conto se e quando qualcosa si guasta e di cercare un componente nell'ambiente con cui sostituire quanto si è guastato.

I passi successivi hanno una crescente complessità e hanno l'obiettivo di riuscire a costruire quanto serve (quindi il modulo o il pezzo che si è guastato) a partire da materiali sempre più elementari (e quindi con una crescente complessità). Il passo ultimo, in questa scala ma non ultimo in termini evolutivi, e` quello di duplicarsi creando altri robot che coesistono con lui.

In termini evolutivi, ma qui siamo già in un futuro molto più distante anche se alcune tecnologie base sono già disponibili o comunque in fase di ricerca, i robot potrebbero diventare capaci di migliorarsi, cioè di creare dei "figli robot" meglio adatti all'ambiente, più intelligenti.

Questo risultato può essere perseguito con due approcci: uno cerca di produrre un "figlio" migliore del padre introducendo nel figlio dei componenti diversi (software e o hardware); l'altro invece tende a sfruttare la comunità dei robot in un certo settore o in una certa area per migliorare il comportamento complessivo (questa strada è ben illustrata nel libro "Preda" di Crichton).

Il primo approccio segue in un certo senso il processo evolutivo che troviamo in natura e che ha portato a piante e animali che esistono oggi. Il secondo approccio è più di tipo sociale ed è affine al tipo di sviluppo che la società degli uomini ha avuto, sta avendo ed avrà. Mentre nel primo l'importanza e la velocità dell'evoluzione dipende dal numero di generazioni che vengono coinvolte nel secondo approccio diventa fondamentale il numero di elementi che partecipano ad una aggregazione sociale e la capacità di comunicazione tra i diversi elementi.

Per questo è interessante accennare ad una delle aree di ricerca più avanzate nella robotica, gli swarm.

Gli "swarm"

Swarm è l'equivalente inglese di "sciame". In uno swarm il comportamento osservato non è quello di un singolo componente dello sciame ma quello complessivo di tutti gli elementi. Diciamo che uno sciame di api va in una certa direzione se la maggioranza delle api vanno in quella direzione, non badiamo cioè a quello che una singola ape sta facendo.

Uno swarm presuppone l'esistenza di componenti ragionevolmente piccoli, diciamo una dimensione di un insetto. Se gli elementi componenti sono sensibilmente più grandi l'attenzione si sposta sul singolo componente.

Inoltre il singolo componente deve avere un comportamento che, per quanto sofisticato, risulta minimale rispetto al comportamento dello sciame.



Micro robot in grado di cooperare ad un obiettivo comune mostrando quindi un comportamento complessivo che trascende quello del singolo robot.

Ciascun micro-robot deve possedere una capacità di elaborazione propria ed un certo insieme di sensori che gli consentano di acquisire una consapevolezza dell'ambiente. Inoltre deve essere in grado di comunicare con altri robot che fanno parte dell'ambiente. Questo può avvenire in due modi, così come peraltro capita in natura. Il primo comporta una comunicazione tra i robot stessi e una negoziazione tra questi per arrivare a formulare un modello complessivo dell'ambiente attuale e a fronte dell'obiettivo dello sciame identificare una strategia di evoluzione del comportamento. Questo tipo di approccio ha una complessità non indifferente e richiede una capacità tecnologica ed elaborativi non indifferente con un conseguente consumo, relativamente, elevato di energia. In natura troviamo questo tipo di strategia solo in ambienti sociali evoluti, ad esempio tra i branchi di lupi (e tra gli umani).



Micro robot visto da vicino. Le sue dimensioni sono inferiori al mezzo centimetro di lato.

Il secondo approccio invece non prevede una comunicazione diretta tra i robot ma una mediata con l'ambiente. Un robot comportandosi in un certo modo cambia l'ambiente attorno e un robot che stia in quell'ambiente reagisce variando il suo comportamento. Se esiste una coerenza tra queste reazioni al cambiamento, emerge un comportamento complessivo che sembra derivare da una

comunicazione tra i componenti dello sciame che in realtà non esiste.

In natura troviamo moltissimi esempi, dalle comunità sociali di insetti come api e formiche fino agli stormi di uccelli che sembra si mettano d'accordo per volare in una certa formazione mentre in realtà ciascun uccello risponde solo alla variazione dell'ambiente circostante.

Questo tipo di approccio utilizza una sofisticazione molto inferiore da parte dei singoli componenti con relativo minor consumo energetico. La sua efficacia dipende dalla numerosità dei componenti. I ricercatori stanno proprio studiando le regole di alcuni sciami in natura per riprodurle a livello di sciami di robot e anche a livello di agenti software che popoleranno tra qualche anno le reti di telecomunicazione (e internet).

Il vantaggio del comportamento di uno sciame rispetto a quello del singolo è la sua estrema flessibilità e adattabilità al contesto. Inoltre l'affidabilità' complessiva del sistema è enormemente maggiore visto che nessun singolo elemento è importante e la struttura è intrinsecamente ennuplicata. Anche il guasto di decine e decine di robot non influisce sulla funzionalità complessiva dello sciame, al massimo sulla sua "potenza".

Micro-robots … e noi

Se i robot riescono a diventare piccolissimi non è difficile immaginare che alcuni di loro possano essere immessi nel nostro corpo per effettuare delle riparazioni. Già oggi la medicina è progredita a tal punto da riuscire a effettuare interventi dall'interno, ad esempio per rimuovere degli emboli o allargare le coronarie aterosclerotiche.

Per vedere i micro robot all'opera occorrerà probabilmente attendere ancora la fine di questa decade ma sembra ormai solo una questione di tempo, di quando non di se…

Vi sono infatti diverse università che stanno sperimentando tecnologie per costruire dei micro robot con l'obiettivo di farne strumenti in grado di arrivare anche nei punti più inaccessibili del nostro corpo per poter fare operazioni di manutenzione ai vasi sanguigni così come oggi abbiamo dei mini robot in grado di percorrere le tubazioni dell'acqua per ripararle.

Interessante anche notare come gli scienziati siano già riusciti a dimostrare un mini motore che potrebbero utilizzare questi robot che si alimenta con lo zucchero contenuto nel nostro sangue. Un carburante ideale quindi per questo tipo di robot.

UNA RISPOSTA AD UNA NECESSITà O PURO SPIRITO DI PROGRESSO?

Abbiamo visto come la tecnologia ci consentirà di sviluppare robot di tutti i tipi, da quelli di compagnia per intrattenere anziani e bambini, e anche per-

sone di qualunque età, a quelli microscopici che operano in sciami.

Certo può sorgere la domanda se la tecnologia non si stia forse spingendo un pò troppo oltre realizzando cio` che è possibile piuttosto che fermarsi a cio` che serve davvero.

Viene allora in mente la battuta del film Toto` Tartan in cui Toto` osserva:

Civiltà significa poter avere cose che non ci servono…

