

# Giovedì **Scienza** 30<sup>a</sup> Edizione

LA SCIENZA IN DIRETTA  
*settimana per settimana*

## GIOVEDÌ 11 FEBBRAIO 2016 **DIAMOCI UNA MANO, AMICO ROBOT**

*Quando le macchine aiuteranno i fisioterapisti*

### **PAOLO ARIANO**

Laureato in fisica ha esordito con la costituzione di una cooperativa che sviluppava tecnologie per non vedenti. Poi è venuta un'esperienza come ricercatore all'Istituto Nazionale di Fisica della Materia, seguita da un dottorato in Neuroscienze. Studiando l'attività elettrica dei neuroni, è stato il primo a interfacciare un neurone con un elettrodo di diamante per fabbricare biosensori trasparenti. Attualmente è ricercatore all'Istituto Italiano di Tecnologia e coordina l'Artificial Physiology Lab, un gruppo multidisciplinare che utilizza l'ElettroMioGrafia (sEMG) e la mecatronica per sviluppare esoscheletri per la mano utilizzabili in ambito spaziale e riabilitativo.

### **PER SAPERNE DI PIÙ**

Philip K. Dick, "*Ubik*", un libro per visionari

### **PER SAPERNE DI PIÙ... CON UN FILM!**

Chris Columbus, "*L'Uomo bicentenario*", 1999  
Don Hall e Chris Williams, "*Big Hero 6*", 2014 - Walt Disney Animation Studios

### **WEB**

[www.iit.it](http://www.iit.it)

Il sito ufficiale dell'Istituto Italiano di Tecnologia

[www.hexec.it](http://www.hexec.it)

Il sito di Paolo Ariano

# UN ROBOT IN OGNI CASA

Immaginate di essere testimoni della nascita di un nuovo settore industriale. Si tratta di un'industria basata su tecnologie nuove e pionieristiche, in cui un ristretto gruppo di società affermate vende apparecchiature altamente specializzate a uso commerciale, mentre un numero in rapida crescita di nuove imprese produce giocattoli innovativi, articoli per l'hobbistica e altri interessanti prodotti di nicchia. Ma si tratta anche di un comparto estremamente frammentato, che ha pochi standard o piattaforme comuni. I progetti sono complessi, i progressi procedono lentamente e le applicazioni pratiche sono relativamente rare. Di fatto, malgrado le grandi aspettative che suscita, nessuno può dire con certezza se e quando questo settore raggiungerà la massa critica. Se lo facesse, però, potrebbe rivoluzionare il mondo.

Il paragrafo precedente potrebbe essere una descrizione dell'industria informatica intorno alla metà degli anni settanta. Più o meno il periodo in cui io e Paul Allen lanciammo la Microsoft. Allora, enormi e costosi computer mainframe gestivano le operazioni di back-office delle società più importanti, delle pubbliche amministrazioni e di altre istituzioni. I ricercatori delle università più all'avanguardia e dei centri di R&S industriali stavano ponendo le fondamenta che avrebbero dato origine all'era dell'informazione. Intel aveva appena introdotto il microprocessore 8080, e Atari vendeva il popolare videogioco Pong. Intanto i primi appassionati cercavano di capire esattamente a che cosa sarebbe servita questa nuova tecnologia. Ma ciò che ho in mente è qualcosa di molto più vicino a noi: l'emergere della robotica, che si sta sviluppando in modo analogo a come fece l'industria informatica trent'anni fa.

Pensate ai robot usati nelle linee di assemblaggio dell'industria automobilistica come all'equivalente dei computer mainframe di una volta. Tra i prodotti di nicchia industriali troviamo bracci robotici che eseguono interventi chirurgici, robot di sorveglianza (usati in Iraq e in Afghanistan) che eliminano le bombe dalle strade e robot domestici per pulire i pavimenti. Le aziende di elettronica hanno realizzato robot-giocattolo che imitano persone, cani o dinosauri, e gli appassionati aspettano trepidanti di poter mettere le mani sull'ultima versione del sistema robotico della LEGO. Nel frattempo, alcuni dei migliori cervelli del mondo sono alle prese con i problemi più ardui della robotica, come il riconoscimento visivo, la navigazione e l'apprendimento artificiale. E stanno riuscendo a venirne a capo. Alla Grand Challenge del 2004, organizzata dalla Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), un concorso istituito per premiare il primo veicolo robotico capace di muoversi in modo autonomo coprendo una distanza di 230 chilometri su un percorso accidentato nel deserto del Mojave, il concorrente migliore riuscì a far percorrere al suo veicolo appena 12 chilometri. Solo un anno dopo cinque veicoli hanno coperto l'intera distanza, e il vincitore lo ha fatto a una velocità media di 30,7 chilometri orari. Ma c'è di più: le sfide che l'industria robotica sta affrontando sono analoghe a quelle che abbiamo affrontato noi nell'informatica trent'anni fa. Le società di robotica non hanno un software operativo standard che consenta a programmi di vasta applicazione di funzionare su

dispositivi diversi. La standardizzazione dei processori robotici e di altro hardware è limitata, e pochissimo del codice di programmazione usato in una macchina può essere applicato a un'altra. Ogni volta che qualcuno vuole costruire un nuovo robot, generalmente deve ripartire da zero. Malgrado queste difficoltà, quando parlo con persone che hanno a che fare con la robotica, tra cui ricercatori universitari e imprenditori, appassionati e studenti delle superiori, il livello di trepidazione e le aspettative mi ricordano l'epoca in cui io e Paul Allen osservavamo la convergenza di nuove tecnologie e sognavamo il giorno in cui ci sarebbe stato un computer su ogni scrivania e in ogni casa. E se osservo le tendenze di oggi, posso immaginare un futuro in cui i robot diventeranno parte integrante della nostra vita quotidiana. Credo che tecnologie come l'informatica distribuita, il riconoscimento vocale e visivo e la connettività wireless a banda larga apriranno la porta a una nuova generazione di dispositivi indipendenti che consentiranno ai computer di eseguire compiti al nostro posto. Potremmo trovarci sulla soglia di una nuova era, in cui il PC andrà oltre la scrivania, e ci permetterà di vedere, sentire, toccare oggetti in luoghi in cui non siamo fisicamente presenti.

## DALLA FANTASCIENZA ALLA REALTÀ

La parola «robot» divenne popolare nel 1921 grazie al drammaturgo ceco Karel Capek, ma la gente ha sognato di creare macchine simili a robot per migliaia di anni. Nella mitologia greca e romana, gli dei della metallurgia costruivano servitori meccanici fatti d'oro. Nel I secolo d.C. Erone di Alessandria, il grande ingegnere cui si attribuisce l'invenzione della prima macchina a vapore, progettò degli automi interessanti: si diceva che uno di essi avesse addirittura la capacità di parlare. Il primo progetto di un robot umanoide si deve invece a Leonardo da Vinci, che in uno schizzo del 1495 raffigurò un cavaliere meccanico capace di sedersi e muovere gambe e braccia. Nel XX secolo i robot antropomorfi sono diventati figure familiari nella cultura popolare grazie a libri come *Io, robot* di Isaac Asimov, film come *Guerre Stellari* e telefilm come *Star Trek*. La popolarità dei robot nella fantascienza fa pensare che la gente sia ben disposta all'idea che un giorno queste macchine si muoveranno tra noi per aiutarci e magari anche per farci compagnia. Tuttavia, anche se i robot hanno un ruolo centrale in industrie come quella automobilistica (ormai ce n'è uno ogni dieci operai), è certo che dobbiamo fare ancora molta strada prima che i veri robot raggiungano le prestazioni dei loro simili della fantascienza. Una ragione è questa: è stato molto più difficile del previsto fare in modo che computer e robot riuscissero a percepire l'ambiente circostante e a reagire rapidamente e con precisione. È stato terribilmente arduo dare ai robot capacità che noi esseri umani diamo per scontate: pensiamo per esempio alla capacità di orientarsi in relazione agli oggetti presenti in una stanza, di reagire ai suoni e interpretare i discorsi, o ancora di afferrare oggetti di diverse dimensioni, diverso materiale e diversa fragilità. Anche una cosa elementare come capire la differenza tra una porta aperta e una finestra può essere incredibilmente complicata per un robot. Ma i ricercatori stanno iniziando a trovare le risposte.

Ad aiutarli, innanzitutto, è l'eccezionale disponibilità di potenza di calcolo. Un megahertz di potenza di elaborazione, che nel 1970 costava più di 7000 dollari, può oggi essere acquistato per pochi centesimi. Il prezzo di un megabit di memoria ha subito un declino analogo. La potenza di calcolo a basso costo ha permesso agli scienziati di lavorare a molti dei problemi complessi che sono fondamentali per rendere funzionali i robot. Oggi, per esempio, i programmi di riconoscimento vocale riescono a identificare le parole abbastanza bene, ma costruire macchine che capiscano il significato di quelle parole nel loro contesto è una sfida molto più ambiziosa. Con il progredire della capacità di calcolo, i progettisti di robot avranno la potenza di elaborazione necessaria ad affrontare questioni ancora più complesse. Un'altra barriera allo sviluppo dei robot è stato l'elevato costo dell'hardware, come i sensori che permettono a un robot di determinare la distanza di un oggetto, oppure i motori e i servomeccanismi che gli consentono di maneggiare un oggetto con forza o con delicatezza. Ma i prezzi stanno calando rapidamente. Fino a qualche anno fa i telemetri laser, usati per misurare la distanza con precisione, costavano circa 10.000 dollari; oggi possono essere acquistati per 2000. E sensori nuovi e più precisi, basati su radar a banda ultra-larga, si trovano anche per meno. Oggi i costruttori di robot possono inoltre integrare chip GPS, videocamere, microfoni a schiera (che sono migliori dei microfoni tradizionali nel distinguere una voce dal rumore ambientale) e altri sensori con una spesa ragionevole. Il conseguente miglioramento di capacità, insieme a una maggiore potenza di elaborazione e di memoria, consente ai robot di oggi di eseguire compiti come spolverare o aiutare a disinnescare una bomba: mansioni che sarebbero state impossibili soltanto fino a qualche anno fa.

### **UN APPROCCIO «BASIC»**

Nel febbraio 2001 ho visitato una serie di importanti università, tra cui la Carnegie Mellon University, il Massachusetts Institute of Technology, Harvard, Cornell e l'Università dell'Illinois, per parlare del potente ruolo che possono avere i computer nel risolvere alcuni dei problemi più urgenti della società. L'obiettivo era aiutare gli studenti a capire quanto possa essere stimolante e importante la scienza dei computer. Speravo di incoraggiare alcuni di loro a considerare l'idea di una carriera in ambito tecnologico. In ogni università, dopo aver tenuto il mio discorso, mi hanno invitato a dare un'occhiata ad alcuni dei progetti di ricerca più interessanti dell'ateneo in campo informatico. Quasi senza eccezioni, mi è stato mostrato almeno un progetto di robotica. A quel tempo, anche i miei colleghi alla Microsoft avevano contatti con persone del mondo accademico e di aziende di robotica che si chiedevano se stessimo lavorando a progetti che potevano essere di aiuto al loro lavoro. Non lo stavamo facendo, perciò abbiamo deciso di guardare la cosa più da vicino. Chiesi a Tandy Trower, un membro del mio staff strategico e veterano della Microsoft con 25 anni di carriera, di dare il via a un'estensiva missione esplorativa e di parlare con persone della comunità robotica. Scopri un entusiasmo generale per il potenziale del settore, insieme alla diffusa necessità, nell'industria, di strumenti per semplificare lo sviluppo. «Molti ritengono che l'industria robotica sia arrivata a un punto di svolta tecnologico in cui uno spostamento verso l'architettura

PC trova sempre più fondamento», scrisse Tandy nel rapporto che mi consegnò dopo la sua missione. Come ha osservato di recente Red Whittaker, leader dei concorrenti della Carnegie Mellon nella DARPA Grand Challenge, «la capacità hardware ce l'abbiamo; ora il problema è avere il software giusto».

Ai primi tempi del PC, ci eravamo resi conto che ci voleva un ingrediente che avrebbe consentito a tutto il lavoro pionieristico di raggiungere la massa critica, di fondersi in un'industria capace di generare prodotti utili su scala commerciale. Quello che serviva, si dimostrò in seguito, era Microsoft BASIC. Quando negli anni settanta creammo questo linguaggio di programmazione, posammo le fondamenta comuni che permisero ai programmi sviluppati per una specifica serie di hardware di funzionare anche su altri modelli. BASIC inoltre facilitò la programmazione, cosa che fece affluire nell'industria informatica sempre più persone. Sono stati molti i singoli individui che hanno apportato contributi fondamentali allo sviluppo del personal computer, ma Microsoft BASIC è stato uno dei maggiori catalizzatori delle innovazioni software e hardware che hanno reso possibile la rivoluzione del PC. Dopo aver letto il rapporto di Tandy, mi fu chiaro che anche l'industria robotica aveva bisogno di trovare l'ingrediente mancante per riuscire a compiere lo stesso salto di qualità realizzato dall'industria informatica trent'anni fa. Così gli chiesi di mettere insieme un piccolo team che avrebbe lavorato con persone provenienti dal campo della robotica per creare una serie di strumenti di programmazione che avrebbero fornito l'apparato essenziale, in modo che chiunque fosse interessato ai robot, anche con le più elementari conoscenze in campo di programmazione, potesse facilmente scrivere applicazioni robotiche in grado di funzionare con diversi tipi di hardware. L'obiettivo era capire se era possibile realizzare lo stesso tipo di piattaforma comune che Microsoft BASIC aveva dato ai programmatori di computer, al fine di integrare hardware e software nei progetti di robotica. Il gruppo di robotica di Tandy ha attinto a una serie di tecnologie avanzate sviluppate da un'équipe diretta da Craig Mundie, responsabile ricerca e strategia della Microsoft. Una simile tecnologia aiuterà a risolvere uno dei più ardui problemi che affrontano i progettisti di robot: come gestire contemporaneamente tutti i dati provenienti da diversi sensori e inviare i comandi corretti ai motori del robot, una sfida nota come «concomitanza». Il metodo ordinario consiste nello scrivere un programma tradizionale di questo genere: un lungo ciclo iterativo che prima legge i dati provenienti dai sensori, quindi li elabora, e infine genera un risultato che determina il comportamento del robot, prima di ricominciare il ciclo daccapo. I punti deboli sono ovvi: se il vostro robot ha a disposizione dati appena trasmessi dai sensori che indicano che la macchina si trova sull'orlo di un precipizio, ma il programma si trova ancora all'inizio del ciclo a calcolare la traiettoria e sta comunicando alla ruota di girare più velocemente in base al messaggio ricevuto in precedenza, c'è una buona probabilità che il robot cada prima di essere riuscito a elaborare la nuova informazione.

La concomitanza è una sfida che va oltre la robotica. Oggi, mentre si scrivono sempre più applicazioni per reti di computer distribuite, i programmatori si sono sforzati di capire come orchestrare simultaneamente in maniera efficace l'esecuzione dei codici su molti server diversi. E

mentre i computer a singolo processore vengono sostituiti da macchine con processori multipli e processori multicore (circuiti integrati con due o più processori uniti insieme per prestazioni superiori), i progettisti di software avranno bisogno di un nuovo modo di programmare le applicazioni desktop e i sistemi operativi. Per sfruttare completamente la potenza di processori che lavorano in parallelo, il nuovo software deve affrontare il 3° problema della concomitanza. Un modo per gestire il problema è scrivere programmi multi-threaded che permettano ai dati di viaggiare lungo canali diversi. Ma questo, come potrebbe confermare qualsiasi sviluppatore che abbia scritto codici multi-threaded, è uno dei compiti più ardui nel campo della programmazione. La soluzione che ha escogitato il team di Craig si chiama Concurrency and Coordination Runtime (CCR).<sup>11</sup> CCR è una libreria di funzioni (una sequenza di codici software che eseguono compiti specializzati) che semplifica la scrittura di applicazioni multi-threaded che possono coordinare una serie di attività simultanee. Progettato per aiutare i programmatori a sfruttare la potenza dei sistemi multicore e a processare multiplo, il CCR è ideale anche per la robotica. Attingendo a questa libreria per scrivere i loro programmi, i progettisti di robot possono ridurre drasticamente le probabilità che una delle loro creazioni possa sbattere contro un muro perché il suo software è troppo impegnato a inviare altri segnali alle ruote e non può leggere i dati provenienti dai sensori.

Oltre ad affrontare il problema della concomitanza, il lavoro svolto dal team di Craig semplificherà anche la scrittura delle applicazioni della robotica distribuita con uno strumento chiamato Decentralized Software Service (DSS).<sup>11</sup> DSS consente di creare applicazioni in cui i servizi (le parti del programma lette da un sensore, per esempio, o che controllano un motore) operano come processi autonomi che possono essere coordinati più o meno nello stesso modo in cui testo, immagini e informazioni provenienti da server diversi possono essere riuniti in una pagina web. Dato che il DSS consente ai componenti software di operare autonomamente l'uno rispetto all'altro, se un singolo componente di un robot non funziona può essere spento e riavviato, o persino sostituito, senza dover riavviare l'intera macchina. Combinata con la tecnologia wireless a banda larga, questa architettura permette di controllare e regolare facilmente un robot da una postazione remota servendosi di un browser web. Inoltre, un'applicazione DSS che controlla un robot non deve necessariamente trovarsi tutta sul robot stesso; può essere distribuita in più computer. Di conseguenza, il robot può essere un dispositivo relativamente economico che delega complessi compiti di elaborazione all'hardware ad alte prestazioni che troviamo oggi nei PC che abbiamo in casa. Credo che questo progresso preparerà la strada per una classe completamente nuova di robot, che saranno essenzialmente periferiche mobili senza fili che sfruttano la potenza di calcolo dei PC per gestire compiti a elaborazione intensiva come il riconoscimento visivo e la navigazione. E poiché questi dispositivi possono essere messi in rete, possiamo prevedere di assistere allo sviluppo di squadre di robot capaci di lavorare in gruppo per raggiungere obiettivi come la mappatura dei fondali marini o la semina dei

campi. Queste tecnologie sono una parte fondamentale di Microsoft Robotics Studio, un nuovo kit di sviluppo software messo a punto dal team di Tandy.

Microsoft Robotics Studio contiene anche strumenti che possono semplificare la creazione di applicazioni robotiche usando una vasta gamma di linguaggi di programmazione. Ne è un esempio uno strumento di simulazione che consente ai costruttori di robot di testare le loro applicazioni in un ambiente virtuale tridimensionale prima di provarli nel mondo reale. Il nostro obiettivo per questo nuovo prodotto è creare una piattaforma economica e aperta che consenta agli sviluppatori di robot una semplice integrazione di hardware e software nei loro progetti.

## **LI CHIAMEREMO ROBOT?**

Quanto ci vorrà perché i robot diventino parte del nostro quotidiano? Secondo l'International Federation of Robotics nel 2004 nel mondo c'erano circa due milioni di personal robot, e altri sette milioni saranno installati entro il 2008. In Corea del Sud, il ministero dell'informazione e delle comunicazioni spera di avere un robot in ogni casa entro il 2013. La Japanese Robot Association dei robot prevede che entro il 2025 l'industria dei robot personali avrà un valore superiore a 50 miliardi di dollari all'anno a livello mondiale, rispetto ai circa 5 miliardi di dollari di oggi.

Come accadde con l'industria del PC negli anni settanta, è impossibile prevedere esattamente quali saranno le applicazioni che guideranno questo nuovo settore. Sembra comunque piuttosto verosimile che i robot giocheranno un ruolo importante nel prestare assistenza e forse addirittura compagnia agli anziani. I congegni robotici saranno probabilmente di aiuto alle persone disabili nei loro spostamenti e aumenteranno la forza e la resistenza di soldati, operai e personale medico. Effettueranno la manutenzione di macchinari industriali pericolosi, maneggeranno sostanze nocive e controlleranno oleodotti lontani. Permetteranno agli operatori sanitari di fare diagnosi e curare pazienti a migliaia di chilometri di distanza, e saranno un elemento cruciale dei sistemi di sicurezza e delle operazioni di ricerca e soccorso.

Anche se alcuni dei robot di domani assomiglieranno magari a macchine antropomorfe come quelle di Guerre Stellari, la maggior parte di essi non avrà niente a che vedere con qualcosa di così umano come C-3PO. In effetti, via via che le periferiche mobili saranno sempre più comuni, potrebbe diventare sempre più difficile definire esattamente che cos'è un robot. Dato che le nuove macchine saranno presto altamente specializzate e onnipresenti, ma assomiglieranno così poco ai robot umanoidi della fantascienza, magari non le chiameremo neppure robot. Ma diventando accessibili ai consumatori questi dispositivi potrebbero avere sul nostro modo di lavorare, comunicare, apprendere e divertirci un impatto altrettanto profondo di quello che ha avuto il PC negli ultimi trent'anni.

a cura di Bill Gates  
tratto da *le Scienze* n.461/Gennaio 2007