

La Ricerca Sulla Robotica

Riccardo Cassinis
Dipartimento di Elettronica
Politecnico di Milano

1. - Cenni generali.

La robotica ha assunto solo negli ultimi anni la veste di una disciplina autonoma e ben definita. Tuttavia, a differenza di molte altre aree di interesse scientifico, essa ha la caratteristica del tutto peculiare di essere *onnivora*, nel senso che essa attinge teorie e metodologie da discipline tradizionalmente slegate fra loro, come, per esempio, la meccanica e l'informatica., e quindi ne costituisce un importante punto di incontro,

Questa particolarità ha fatto sì che da un lato ricercatori provenienti dalle più diverse scuole si incontrassero spinti da un interesse comune, e dall'altro ha provocato e provoca una costante necessità di incrementare il bagaglio culturale dei singoli ricercatori, estendendolo ad aree originariamente al di fuori dei loro interessi.

La diversa estrazione culturale originaria dei ricercatori, infine, ha comportato la creazione di diverse scuole, in ognuna delle quali il problema della robotica è affrontato da punti di vista e con angolazioni a volte estremamente diverse.

2.- Aree di ricerca.

Le principali aree di ricerca la cui convergenza ha determinato la nascita della robotica sono le seguenti:

- Meccanica (strutture, cinematismi);
- Elettrotecnica (motori, e azionamenti in genere);
- Fluidica (azionamenti non elettrici);
- Scienza dei materiali (materiali costruttivi per i robot);
- Controllistica (sistemi ed algoritmi per il controllo dei

robot);

- Elettronica ed informatica (sistemi di controllo, linguaggi e sistemi di programmazione).

3.- Strutture meccaniche e cinematiche.

In un primo tempo, l'interesse dei ricercatori è stato primariamente volto verso la determinazione delle strutture migliori per i robot, in funzione delle applicazioni per cui venivano progettati.

La classica struttura articolata, che è la più simile a quella del braccio umano, è stata presa in considerazione, ma quasi subito abbandonata in favore di strutture più semplici da realizzare e soprattutto da gestire. Infatti, l'enorme complessità dei calcoli occorrenti per controllare efficientemente un robot a struttura articolata ne rendeva quanto mai complessa la realizzazione con i calcolatori disponibili a quel tempo.

Sono così nati i primi robot a coordinate sferiche, cilindriche e cartesiane. Unica eccezione, i robot per verniciatura, i quali hanno sempre avuto, salvo rare eccezioni, struttura articolata. Va comunque notato che in questo caso, trattandosi di macchine che vengono programmate solo per apprendimento diretto sul campo, il problema dei calcoli cinematici è estremamente ridotto o addirittura inesistente.

Più tardi, con l'avvento dei sistemi a multimicrocalcolatori, la struttura articolata è stata reintrodotta in molti robot, ed è apparsa la nuova struttura *SCARA*, particolarmente studiata per applicazioni di assemblaggio.

4.- Azionamenti.

Contemporaneamente alle strutture cinematiche, venivano caratterizzandosi i tipi di azionamenti da impiegare: scartati quelli ad aria compressa, poco adatti per applicazioni di questo genere, si adottavano motori elettrici in corrente continua per piccole potenze e motori oleodinamici per potenze maggiori. Qualche tentativo veniva fatto con successo con i motori elettrici

a passo, ma solo per potenze medio-piccole. Queste scelte sono state mantenute fino ad adesso: la tecnologia degli azionamenti elettrici ha però avuto in questi anni una fondamentale evoluzione, per cui cominciano ad apparire, e si prevede che saranno presto impiegati estensivamente, i cosiddetti motori *brushless*, quelli lineari e soprattutto i motori a terre rare *direct drive*, che sono in grado di fornire coppie elevate a bassissimi regimi di rotazione, e che quindi non necessitano di demoltipliche fra il motore stesso e il giunto da azionare, con ovvii vantaggi per la rigidità dell'insieme.

Per quanto riguarda i materiali, non si sono avute sostanziali innovazioni: per la stragrande quantità dei robot in commercio si usano acciai e leghe leggere come per qualunque altra applicazione di tipo meccanico, e tutti gli sforzi sono stati concentrati verso l'ottenimento di strutture più rigide possibile. Solo ultimamente hanno cominciato ad apparire, soprattutto a livello sperimentale, applicazioni di materiali ultraleggeri (compositi, fibre di carbonio) per le parti più critiche dal punto di vista del peso e delle masse.

5.- Sistemi di controllo.

I sistemi di controllo sono senza dubbio, assieme ai sistemi e ai linguaggi di programmazione, i componenti dei robot a cui è stato dedicato il maggiore sforzo di ricerca.

Le particolarissime esigenze dei robot hanno stimolato in maniera impressionante la ricerca di nuove architetture che permettessero di ottenere dalle parti meccaniche dei robot stessi le migliori prestazioni possibili. Questo è vero sia per i sistemi di controllo veri e propri, sia per alcuni componenti *ausiliari* dei robot, quali ad esempio i sistemi di visione, che hanno richiesto lo sviluppo di architetture *sui generis*, che comprendono fra l'altro componenti VLSI appositamente progettati.

Nel campo delle architetture l'Italia ha avuto un ruolo importante, in quanto è italiano il primo esempio di un sistema multimicrocalcolatore per il controllo di un robot, che è stato realizzato nel 1975 dal Politecnico di Milano. Questo tipo di architettura è poi stato adottato, con varianti più o meno significative, da quasi tutti i fabbricanti di robot.

6.- La ricerca in Italia e nel mondo.

E' assolutamente impossibile fornire in poche pagine un quadro esauriente delle miriadi di ricerche che hanno attinenza, diretta o indiretta, con la robotica. Citerò quindi le ricerche che hanno avuto, a mio avviso, importanza rilevante nella storia dei robot, senza alcuna pretesa di completezza.

Innanzitutto, i Paesi che sono stati più attivi nel campo sono senza dubbio gli Stati Uniti, la Comunità Europea e il Giappone. Altre nazioni, quali l'Unione Sovietica e gli altri Paesi dell'Est, hanno dato contributi significativi, ma solamente in alcuni campi relativi alla robotica. In particolare, sono molto importanti le ricerche relative ai problemi di controllo cinematico e dinamico.

Gli Stati Uniti sono stati certamente i primi ad occuparsi in modo organico della robotica. Diverse università hanno impostato programmi di ricerca su praticamente tutti i campi, e soprattutto su quello dell'informatica. Va citata a questo proposito l'Università di Stanford, che già nei primi anni 70 aveva installato un laboratorio dotato di due robot, su cui venivano costruiti i primi linguaggi di programmazione (AL e POINTY).

Quasi contemporaneamente, altre università (Massachusetts Institute of Technology di Boston e Carnegie Mellon University di Pittsburgh) iniziavano la loro attività nel campo, dando luogo a una specie di competizione i cui risultati sono stati estremamente fruttuosi. Molte altre università americane preferivano invece dedicarsi ad aspetti specifici della robotica. Un esempio per tutti: quello dell'Università di Rhode Island, le cui ricerche sulla visione sono all'avanguardia in campo mondiale.

Anche il Giappone ha dedicato intensissimi sforzi alla ricerca sulla robotica, privilegiando però in un certo qual modo le ricerche che potevano avere una rapida applicazione industriale. Ciò non ha impedito, comunque, un reale avanzamento in quel paese anche delle conoscenze puramente scientifiche. Un altro merito del Giappone è quello di avere preso in considerazione, forse più di ogni altra nazione, le possibilità di applicazioni non industriali della robotica: sono stati infatti impostati massicci programmi di ricerca sui robot per l'assistenza agli handicappati, sia in ambiente domestico (*cani guida* per ciechi, macchine per

l'assistenza a persone costrette a letto, ecc.), sia in ambiente ospedaliero. Altri programmi riguardano robot e telemanipolatori per lavori pericolosi o nocivi (robot pompieri, robot per lavori agricoli, minerari, sottomarini, ecc.).

In Europa, a parte l'Italia, di cui parlerò diffusamente più avanti, le nazioni tradizionalmente più attive nel campo sono la Germania, la Francia, l'Inghilterra e la Svezia. In molte di queste nazioni sono stati avviati già da parecchi anni programmi di ricerca a livello nazionale, analoghi ai progetti finalizzati del CNR, coordinati da organi statali e coinvolgenti sia unità di ricerca accademiche, che industrie produttrici e/o utilizzatrici di robot.

Veniamo ora all'Italia, che è sempre stata ai primi posti nel mondo come quantità e soprattutto come qualità della ricerca sulla robotica, sia in campo accademico che industriale¹.

Bisogna ricordare che uno dei primi robot dotati di tutte le caratteristiche che oggi si considerano indispensabili è stato il SIGMA della Olivetti: a questo sono seguite diverse macchine che hanno riscosso un notevole successo anche all'estero (un esempio per tutti: il PRAGMA della DEA, che è prodotto su licenza anche dalla General Electric).

In campo accademico, gli inizi sono stati piuttosto difficili, ma hanno dato risultati pressoché immediati. A parte alcune ricerche iniziate addirittura negli anni 60, il primo laboratorio di ricerca dotato di robot è stato costituito nel 1975 presso l'allora Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica del Politecnico di Milano.

Attualmente esistono non meno di 13 centri di ricerca, distribuiti in tutta Italia, che si occupano di robotica. Di essi, la maggior parte appartengono alle Università, mentre alcuni sono Istituti o Laboratori del CNR.

I finanziamenti per queste ricerche derivano da svariate fonti. A parte i finanziamenti di industrie private, che hanno stipulato convenzioni con alcuni enti di ricerca su temi specifici, esistono diversi progetti, finalizzati e strategici, del CNR che hanno attinenza con la robotica e che quindi ne finanziano la

¹ Molte utili informazioni circa la ricerca industriale e accademica italiana si trovano nel volumetto *Italian robots: A Technical Guide*, edito recentissimamente dall'Istituto per il Commercio con l'Estero (ICE).

ricerca. Uno specifico progetto finalizzato sulla robotica, di cui è stato completato lo studio di prefattibilità, è attualmente fermo in sede politica.

Infine, è molto importante ricordare il Progetto Strategico Europeo ESPRIT, che finanzia ricerche in molti campi della tecnologia, uno dei quali è appunto la robotica. Molte università e industrie italiane partecipano a questo progetto, che si pone obiettivi molto ambiziosi, perfettamente inquadrati nell'ambito della *sfida tecnologica* che l'Europa sta portando agli altri Paesi industrializzati. Ad esempio, uno dei sottoprogetti di Esprit riguarda la costruzione di un sistema per la programmazione *implicita* dei robot, e cioè di un sistema in cui non sia più necessario, come si fa oggi, specificare *come* il robot debba compiere il suo lavoro, ma solamente *cosa* si vuole ottenere dal robot, lasciando alla macchina l'autonomia di decidere la sequenza di operazioni da impiegare.

