



## robot: cosa come perché

di Tommaso Pantuso

### Robot e manipolatori

Gli androidi che ci propinano il cinema e la televisione sono oggetti ben lontani dalle nostre capacità tecnologiche, sia perché non siamo ancora in possesso di potenti teorie sull'apprendimento, sia perché un supercalcolatore come Hal 9000 di "2001 odissea nello spazio" fa ancora parte della nostra fantascienza. Non si pensi quindi che presto uscendo di casa incontreremo una graziosa scatola di latta che si reca al supermercato a fare la spesa per il suo padrone, poiché la nostra abilità di costruttori di macchine del genere è poca cosa di fronte alle reali necessità ed ai reali problemi.

Da quando l'uomo ha cominciato a costruire le prime macchine per la lavorazione dei materiali, le sue ambizioni sono cresciute di pari passo col progresso tecnologico (ed in certi momenti lo hanno scavalcato) fino al desiderio di realizzare macchine che lo sostituissero in determinate applicazioni per salvaguardarlo da pericoli ambientali o per rendere più vantaggiosi i costi di produzione.

In questo momento esistono due categorie di macchine che offrono queste possibilità, i manipolatori ed i robot, fra cui non si può tracciare una precisa linea di demarcazione in quanto definire l'uno o l'altro oggetto è oggi una cosa ancora difficile.

Un manipolatore è un meccanismo capace di eseguire un determinato numero di operazioni il cui ciclo, determinato in fase di progetto, è dovuto al movimento di dispositivi meccanici quali leve, camme ed ingranaggi che permettono una rigida ripetitività delle operazioni. La versatilità di tali apparecchiature è pressoché nulla in quanto ogni modifica delle sequenze è subordinata alla modifica meccanica della struttura componente e quindi l'adattabilità è molto scar-

sa. Nell'industria essi sono generalmente utilizzati per lavori ripetitivi, spesso frustranti per l'operaio, oppure per lo spostamento di pezzi in posizioni determinate o per la manipolazione di oggetti pesanti. Si capisce come la scarsa capacità di interazione con l'ambiente richieda l'esatto posizionamento dei pezzi da manipolare, in quanto tali macchine non sono spesso in grado di percepire la loro posizione ed avviare a questa condizione richiedeva fino a non molto tempo fa l'impiego di grossi capitali.

In seguito, con il perfezionarsi dei calcolatori e con l'avvento del microprocessore, è sembrata

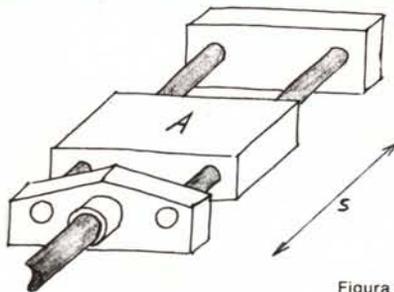


Figura 1

più vicina alla realtà l'idea di realizzare dei manipolatori intelligenti programmabili dotati di memoria facilmente modificabile nella quale poter memorizzare le varie operazioni da compiere, svincolandosi così nel legame della ripetitività obbligatoria. Infatti la possibilità di cambiare i cicli di lavorazione con semplici modifiche sul programma di controllo dà alla macchina quella versatilità che, unita alla presenza di sensori che le permettono un certo livello di riconoscimento dell'ambiente, la rende più vicina all'idea di robot come manipolatore programmabile e dotato di capacità autonome di osservazione.

### Aspetto, intelligenza ed apprendimento

Retaggio della cultura fantascientifica è l'identificazione dell'aspetto esteriore di un robot con quello umano, mentre spesso un aspetto umanoide è molto poco adatto ad una macchina del genere. Molte volte un robot è un braccio meccanico snodato, fissato ad una struttura portante, e dotato di una pinza all'estremità capace di afferrare oggetti; altre volte un robot è una trave scorrevole su un supporto e da cui pende la pinza. Gli occhi di un robot possono essere ad esempio telecamere situate lungo i percorsi su cui avviene la lavorazione e collegate alla struttura di manipolazione mediante un cavo oppure delle cellule fotoelettriche. Inoltre esso può possedere dei sensori che lo mettono in grado di rilevare la temperatura dell'ambiente o la pressione che sta esercitando in un determinato punto (siamo quindi ben lontani dall'aspetto umanoide di C3PO di Guerre Stellari). La più importante delle capacità che si tende a far possedere ad un manipolatore intelligente è quella visiva. Con essa si può infatti ovviare alle carenze intellettive e tattili: vedendo, un robot è capace di rilevare e quindi analizzare. Ad esempio, se durante la lavorazione di un pezzo quest'ultimo si sposta, mediante un adeguato programma la macchina può avvertire l'operatore dell'anomalia in atto o, di più, può agire sull'oggetto adattandosi alle nuove condizioni ambientali come un essere pensante: tutte le informazioni che un

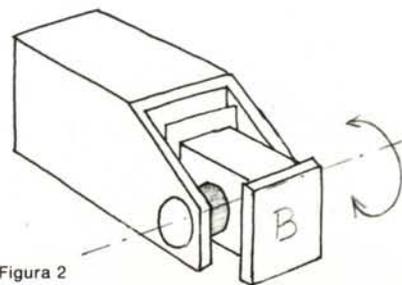


Figura 2

robot percepisce sono trasformate in segnali elettrici che inviati al computer (il suo cervello) vengono elaborati da programmi i quali implementano algoritmi più o meno sofisticati (l'intelligenza di un robot). È ovvio che più sofisticati sono questi algoritmi ed il modello dell'ambiente circostante, il quale dovrebbe contenere la possibilità di analisi di un numero enorme di differenti interazioni, maggiore è il grado di sofisticazione del robot, subordinato naturalmente alle proprie capacità motorie. Si capisce però quanto sia difficile trovare un modello del mondo ed implementarlo su un elaboratore! Per il momento ci si accontenta di educare il robot sui suoi compiti circoscritti ad ambienti abbastanza limitati facendogli apprendere le operazioni che dovrà compiere. Questa educazione avviene in due modi fondamentali: tramite un programma o tramite apprendimento diretto. Supponendo di voler istruire alla verniciatura di un pezzo un robot dotato di braccio e pistola a spruzzo, utilizzando il primo modo dovremmo costruire un programma che invii i giusti segnali elettrici agli organi di comando del braccio per definire un percorso efficiente e privo di indecisioni, regolando cioè adeguatamente la velocità. Anche qui

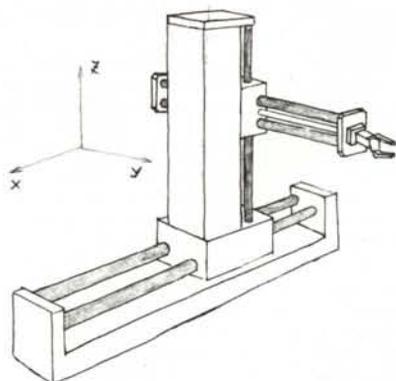


Figura 3

è evidente che più complessa è la struttura dell'oggetto su cui agire, maggiori sono le difficoltà che si incontrano nella composizione del programma, specialmente quando si devono ridurre al minimo gli sprechi.

Volendo invece educare il robot con il secondo metodo si scavalca un certo gruppo di difficoltà. Esso consiste nel condurre lungo il percorso, su cui dovrà operare definitivamente, il braccio meccanico guidandolo manualmente: la macchina registrerà i vari movimenti e li riprodurrà in seguito esattamente.

Quest'ultimo tipo di apprendimento è adatto

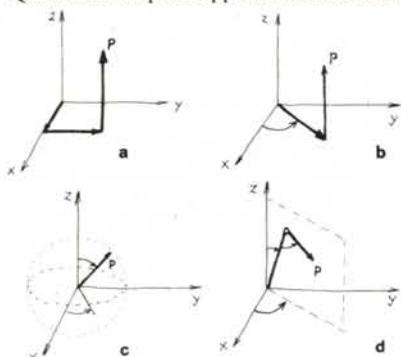


Figura 4

#### Riferimento alle figure

Le capacità di spostamento degli organi attuatori di un robot o di un manipolatore vengono chiamate "gradi di libertà" e la zona di lavoro della pinza è subordinata ad essi. Ad esempio in figura 1 un organo di presa trasportato dalla struttura A avrebbe una zona di lavoro rappresentata dai punti giacenti sul segmento s poiché il dispositivo atto allo spostamento possiede un solo grado di libertà e precisamente quello di traslazione lungo un asse.

Nella figura 2 si può osservare uno snodo, organo ad un solo grado di libertà, ma di qualità diversa rispetto al precedente. Un organo di presa fissato sul blocco B avrebbe infatti come zona di lavoro un arco di circonferenza. Uno snodo viene impiegato per la realizzazione del "polso" di un braccio meccanico.

La figura 3 schematizza un attuttore con tre gradi di libertà potendo la pinza essere spostata nello spazio all'interno di una zona cubica che ne rappresenta la zona di lavoro. Gli spostamenti possono avvenire, come facilmente si può osservare, lungo i tre assi cartesiani.

I gradi di libertà che permettono alla mano di assumere le varie posizioni possono venire sottintesi nella specificazione del sistema di coordinate utilizzato. Esso può essere:

- a) sistema cartesiano con 3 movimenti traslatori
- b) sistema cilindrico con 2 movimenti traslatori ed uno rotatorio

per operazioni altamente ripetitive e dove non esista la possibilità di verificarsi di imprevisti, e se da una parte della bilancia mettiamo la semplicità con cui possiamo comunicare al robot le operazioni che dovrà compiere rispetto ad un algoritmo preprogrammato, dall'altra dovremo mettere l'inadattabilità all'ambiente ed una eccessiva rigidità, dovendo rimemorizzare tutto il ciclo se si vuole modificare una sola posizione.

Per rendere un robot più intelligente giocano quindi un ruolo essenziale i linguaggi di programmazione ad alto livello sempre più orientati al problema specifico che evitano, in fase di programmazione, l'inserimento di un numero elevato di dettagli e permettano quindi la programmazione sintetica di compiti complessi.

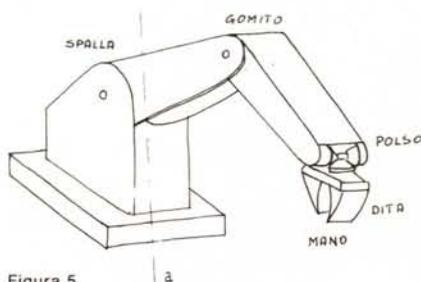


Figura 5

Tramite linguaggi del genere, dotati di istruzioni specifiche, si può più semplicemente dotare il robot di feedback efficace con l'ambiente, tramite la capacità di riconoscimento con acquisizione ed elaborazione di informazioni provenienti dall'esterno in tempo reale, cosa che permette di processare adeguatamente anche gli errori.

#### Cervello e sensi del robot ovvero robot e microcomputer

Fino a pochissimo tempo fa robot e manipolatori erano associabili solamente all'industria. Da quando però i computer sono entrati nelle case e nella mentalità di un vasto pubblico, la possibilità di "manipolazioni casalinghe" ad

opera di robot non è più considerata una velleità. Prescindendo un momento dei problemi meccanici, vediamo per sommi capi come un microcomputer possa diventare l'unità di governo di un robot analizzando gli attributi necessari per effettuare delle operazioni di controllo.

Ciò che differenzia un manipolatore da un robot è, come abbiamo già detto, la capacità di adattamento di quest'ultimo alle diverse condi-

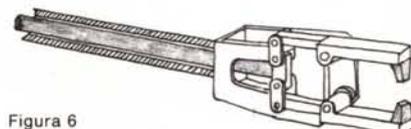


Figura 6

zioni di lavoro che si possono presentare. Ad esempio se cambia la qualità di un insieme da assemblare (forma e dimensioni) un robot può essere adattato semplicemente al nuovo contesto previa modifica del programma di controllo che costituisce la sua intelligenza. I gradi maggiori di sofisticazione si raggiungono quando la macchina, elaborando le informazioni che rileva dall'esterno che possiamo assimilare agli stimoli ricevuti dal cervello umano, è capace di automodificare il suo comportamento adattandosi all'ambiente senza ulteriore intervento dell'uomo. È evidente che questo processo sarà tanto più efficace quanto più perfetti saranno il program-

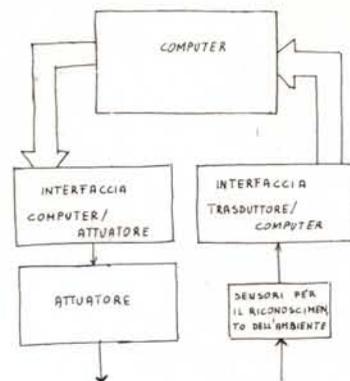


Figura 7

- c) sistema sferico con 1 grado di traslazione e 2 di rotazione
- d) sistema angolare con 3 movimenti rotatori.

Le varie situazioni sono schematizzate in figura 4.

Una struttura come quella rappresentata nella figura 5, supposta una rotazione lungo l'asse a, permette il raggiungimento di una qualunque zona dello spazio. Nella stessa figura vengono indicate le varie parti costituenti:

la spalla è la prima articolazione che si incontra partendo dalla base; la seconda articolazione prende il nome di gomito; lo snodo è l'organo che permette le rotazioni della mano e viene anche chiamato polso; la mano è l'organo che esegue materialmente il lavoro ed è composta da due o più dita che rappresentano gli organi di presa.

La figura 6 illustra un organo di presa a due dita, realizzato con sistemi di leve.

La figura 7 costituisce uno schema a blocchi di un robot. Il sensore rileva una certa condizione dell'ambiente che viene trasmessa ad un trasduttore il quale mette in corrispondenza il fenomeno fisico rilevato con un valore di tensione (o corrente). Un'appropriata interfaccia converte il segnale di tensione in codice digitale per permetterne la comunicazione al computer che, dopo aver processato adeguatamente i dati ricevuti, invia in uscita dei segnali di controllo che vengono resi compatibili con l'attuatore meccanico tramite un'altra interfaccia.

## Alcuni sensori elementari

Da parte di un robot la capacità di effettuare delle scelte legate al rilevamento delle condizioni ambientali permette di ottenere un più alto grado di sofisticazione del sistema. Con sofisticati mezzi di rilevamento e adeguati programmi si può ridurre al minimo la necessità di intervento dell'uomo, potendo la macchina adattarsi facilmente a nuove condizioni, consentendo tra l'altro un più elevato grado di precisione.

Di seguito riportiamo una breve panoramica su alcuni sensori di rilevazione di dati ambientali al fine di fornire un'idea di come una macchina possa riconoscere il mondo esterno.

**Termocoppia** - Sfrutta un effetto termoelettrico detto effetto Seebeck. Unendo le due estremità di due conduttori metallici di natura differente (ad esempio ferro e rame) e tenendo una delle estremità del sistema così costituito a temperatura costante, esponendo l'altra all'ambiente si produce tra le due giunzioni una differenza di potenziale proporzionale alla differenza di temperatura tra di esse. La tensione rilevata, funzione della temperatura, viene convertita in codice binario ed introdotta nel computer per essere processata. La qualità di una coppia termoelettrica dipende dalla purezza dei materiali che la costituiscono e da una rigorosa taratura. Il tempo di risposta alle sollecitazioni, cioè alle variazioni di temperatura, è dell'ordine di alcune decine di millisecondi.

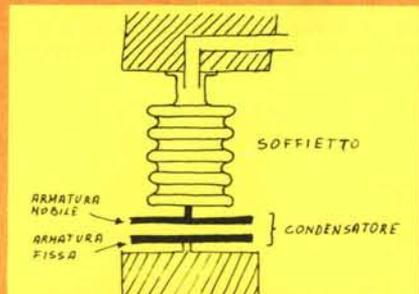
**Termistori** - Sono dispositivi che sfruttano la capacità che hanno alcuni materiali di variare la loro resistenza elettrica, se sollecitati termicamente, con caratteristica pressoché lineare entro certe gamme. Sono costituiti da leghe (ad esempio platino-nichel) o da semiconduttori ad ossido metallico. Se inseriti in configurazione a ponte di Wheatstone in un circuito, offrono un soddisfacente grado di accuratezza ed affidabilità della misura.

**Fotosensori** - Utilizzati come rilevatori di livello di liquidi o come rilevatori di posizione. Sono composti da una o più celle fotosensibili di materiale semiconduttore che, illuminate con segnali nello spettro visibile, generano un flusso di corrente che è funzione della luminosità. Come tutti i semiconduttori risultano molto sensibili alle variazioni di temperatura e devono quindi essere stabilizzati termicamente.

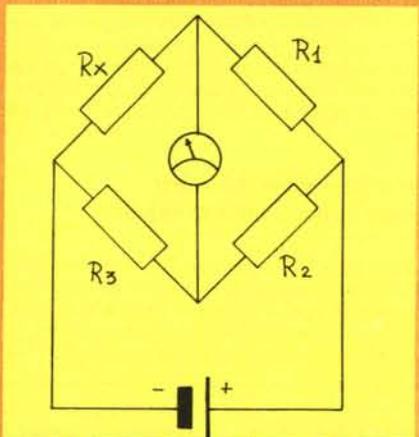
**Dinamo tachimetrica** - Serve per tenere sotto controllo la velocità di organi in rotazione. Il principio è quello della dinamo per cui la tensione rilevabile ai capi di un tale dispositivo

risulta una funzione della velocità di rotazione dell'organo sotto controllo.

**Soffietto** - È un classico trasduttore di pressione. L'aria proveniente dall'ambiente di cui si vuole misurare la pressione penetra in un soffietto e lo estende. La conversione dello spostamento meccanico in un segnale elettrico avviene per mezzo del collegamento del corpo mobile a potenziometri, ad armature di condensatori fra cui si provoca l'allontanamento o l'avvicinamento variandone così la capacità, ad elementi che variano la riluttanza od altro.



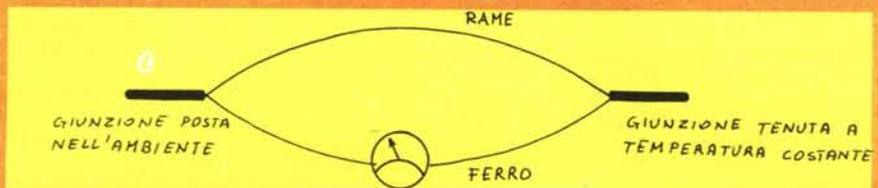
Schema di principio di un trasduttore di pressione. Una variazione di pressione provoca l'allungamento o la contrazione del soffietto ed il conseguente spostamento dell'armatura mobile del condensatore di cui varia quindi la capacità. In base alla variazione di questo parametro si può risalire alla variazione di pressione.



Ponte di Wheatstone. Se  $R_x$  è la resistenza variabile del termistore in funzione della temperatura, il ponte si trova in equilibrio, cioè nessuna corrente scorre nel misuratore, quando:

$$R_x R_2 = R_1 R_3$$

La variazione di  $R_x$  provoca una variazione proporzionale della corrente che scorre nello strumento.



Coppia termoelettrica. Se la temperatura della giunzione posta nell'ambiente varia, si genera una forza termoelettrica

$$dI = a(T) dT$$

dove  $dT$  è la differenza di temperatura ed  $a(T)$  è la forza elettromotrice per grado di differenza di temperatura tra le giunzioni.

ma di controllo ed il sistema di rilevamento di dati ambientali.

La prima cosa che serve è un microprocessore e della memoria, oltre alla possibilità di interazione con essi da parte dell'utilizzatore per mezzo di una tastiera ed altro: in pratica un computer che rappresenterà l'unità di governo del sistema robot-ambiente. Una volta stabilite le funzioni del "cervello", cioè dell'unità di governo, dovremo dargli la possibilità di interazione con l'ambiente facendo in modo che esso possa recepire gli "stimoli" ambientali ed inviare i comandi conseguenti, così come avviene tra cervello umano e sistema nervoso tramite il rapporto stimolo-reazione nervosa. Un computer colloquia con l'esterno tramite porte d'input/output dalle quali fuoriescono i segnali da inviare al mondo esterno e su cui vengono posti quelli provenienti dall'ambiente. Anche qui, come nell'uomo, i segnali sono la traduzione di fenomeni di qualunque natura in potenziali elettrici che vengono trasmessi alla macchina nel codice da essa direttamente comprensibile tramite opportune interfacce, elementi di adattamento tra computer e mondo. Questi elementi giocano un ruolo di vitale importanza in un sistema intelligente, cioè dotato di capacità di decisione sulla base di sollecitazioni dell'ambiente, costituendo parte del sistema "sensoriale" della macchina. Indispensabili per la funzione descritta sono le interfacce che convertono informazioni da analogico a digitale per l'input di dati verso il computer e quelle che effettuano il processo inverso che consiste nella conversione da digitale ad analogico per flussi di dati nella direzione opposta.

Supponiamo infatti di voler tenere sotto controllo la temperatura di un ambiente per agire in funzione di questa su di un braccio meccanico. Avremo bisogno per prima cosa di un elemento fisico di trasduzione che immerso nell'ambiente ne rilevi la temperatura e fornisca in uscita ad esempio una tensione proporzionale ad essa. Questa tensione, grandezza analogica, che varia con continuità in un certo intervallo, deve passare tramite un convertitore A/D che la renda compatibile con l'ingresso del computer trasformandola in forma binaria. La stessa cosa succede se vogliamo rilevare una variazione di velocità, una pressione od altro. In base ai dati rilevati dovremo poi, come detto, posizionare il braccio meccanico comandato ad esempio da motori passo-passo in corrente continua e per il comando di tali organi avremo la necessità di convertire l'informazione digitale in uscita dal computer in forma analogica.

Appare quindi evidente che sensi avanzati, efficienti modelli dell'ambiente, velocità di calcolo e linguaggi orientati ai problemi specifici, renderanno i robot più sofisticati e molto più vicini di adesso nelle loro funzioni all'uomo. Considerando i circa dodici miliardi di cellule nervose del cervello e l'impensabile numero di interconnessioni tra esse, unite alla perfezione dei ricettori umani viene difficile pensare che presto l'uomo creerà l'uomo. È però evidente che, allo stato attuale della tecnologia, l'aumento della funzionalità delle macchine da lavoro (robotica significa lavorare) passa attraverso l'informatica e questo potrà contribuire all'inquadramento del personal computer in un'ottica protesa verso i problemi del controllo anche da parte degli "utenti casalinghi".



**PERSONAL COMPUTER OLIVETTI M20**

# PERSONAL COMPUTER OLIVETTI. UNA FAMIGLIA CHE CRESCE

Nella famiglia di personal computer Olivetti M 20, il modello M 20D dispone di una memoria 30 volte più grande rispetto al modello base, ed è anche capace di gestire una rete di M 20 collegati fra loro, rendendo sempre più potente e coordinata la capacità di lavoro degli uffici. I personal computer Olivetti sono dunque una famiglia che cresce e che, per rispondere a esigenze diverse, offre differenti capacità di memoria e un'ampia scelta di sistemi operativi (MS-DOS, CP/M-86, PCOS, UCSD-P). Sono personal computer con tecnolo-



gia a 16 bit e capacità di "communication", progettati quindi per essere validi anche domani e per integrarsi agevolmente nelle strutture di elaborazione dati e di automazione dell'ufficio presenti e future. Perché Olivetti protegge i vostri investimenti in macchine e programmi.

Con M 20 in ufficio il lavoro individuale diventa più semplice e produttivo. Infatti anche i personal computer sono espressione di quel primato nel design e nell'ergonomia che è ormai parte consolidata del successo Olivetti negli uffici di tutto il mondo.

Anche in leasing con Olivetti Leasing S.p.A.

MS-DOS, marchio registrato Microsoft Inc.  
CP/M-86, marchio registrato Digital Research  
UCSD-P System, marchio registrato Regent  
of the University of California.

**olivetti**  
l'universo della comunicazione