

# **ROBOTICA AVANZATA: UNA ALLETTANTE PROSPETTIVA DI SVILUPPO**

**Riccardo Cassinis\***

Da diversi anni, i mass media ci hanno abituato a vedere bracci meccanici di varie forme che saldano carrozzerie di automobili passando indenni attraverso spettacolari cascate di scintille.

D'altra parte, fin da quando eravamo bambini la nostra fantasia è stata stuzzicata da rappresentazioni di uomini e di mostri meccanici che da libri, fumetti e cartoni animati ci mostravano le loro intenzioni, a volto buone, a volte cattive, ma quasi sempre bellicose.

E quante volte, trovandoci di fronte ad un lavoro noioso, ingrato o pesante, abbiamo pensato a quanto sarebbe stato bello avere una macchina che lo facesse per noi?

Questa idea meravigliosa, di un servitore meccanico da far lavorare al posto nostro, magari anche da maltrattare un po' senza che ciò ci crei problemi di coscienza, è vecchia come il mondo, non è mai stata realizzata, ha creato innumerevoli millanterie, alcune delle quali storiche e documentate, e ha perfino un nome quasi universale: si chiama robot.

Robot: termine poco chiaro che vuol dire tutto e niente, usato (spesso a sproposito) per indicare sia fantascientifici personaggi spaziali, sia più prosaici ma realistici macchinari che, usati nei processi industriali, compiono una gran quantità di operazioni produttive, sempre caratterizzate da un alto grado di ripetitività, come la saldatura, la verniciatura, l'assemblaggio, eccetera.

La robotica industriale, così viene chiamata la disciplina che studia queste macchine, è nata più di venti anni or sono, e ha raggiunto rapidamente un discreto grado di maturità. L'Italia ha ottenuto buoni risultati in questo campo, sia nella ricerca scientifica, sia nella produzione di robot industriali, giungendo a piazzarsi nel gruppo dei cinque Paesi più importanti al riguardo.

Ma, da un po' di tempo, l'interesse dei ricercatori, che in tutto il mondo sono in diverse centinaia ad occuparsi dell'argomento, si è progressivamente spostato verso un diverso tipo di robot: i cosiddetti robot "avanzati", o "autonomi". Vediamo di capire di cosa si tratti, e quali siano le differenze fra i robot industriali e le macchine di questa nuova generazione.

---

\* Riccardo Cassinis è Professore Associato di Fondamenti di Informatica e di Robotica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia.

Un robot industriale, o come si dice più propriamente, un manipolatore, è in buona sostanza un braccio meccanico, che, mediante una serie di motori comandati da un calcolatore, può assumere di momento in momento posizioni diverse. Se all'estremità di questo braccio montiamo un attrezzo, diciamo una pinza, o una pistola per verniciare, ecco che la nostra macchina sarà in grado di compiere alcune semplici operazioni pratiche. Una volta che la avremo "programmata", poi, potrà ripetere all'infinito la stessa sequenza di movimenti. È chiaro che, perché un manipolatore possa funzionare, occorre che i pezzi su cui deve agire gli vengano presentati sempre nelle stesse posizioni. In altre parole, i manipolatori industriali operano in un ambiente completamente noto. Questo vale anche per quelle macchine, spacciate spesso per "intelligenti", che sono in grado di adattarsi, in misura molto limitata, a variazioni dell'ambiente che rilevano attraverso sensori (telecamere, sensori di presenza pezzo, ecc.).

Proviamo ora a metterci in un punto di vista completamente diverso. Supponiamo di voler costruire una macchina che, tanto per fare un esempio, sia capace di distribuire i pasti in un ospedale. È evidente che avremo bisogno di una specie di carrello, capace di trasportare i vassoi, e che questo carrello dovrà essere in grado di spostarsi in un ambiente di cui alcune caratteristiche sono note (nel senso che possiamo dare al robot una pianta dell'edificio), ma di cui, a priori, non potremo mai sapere tutto. Non potremo sapere, per esempio, se ci sono persone che camminano o che stazionano nei corridoi, impedendo il passaggio al nostro robot; se ci sono ostacoli imprevisti (una sedia, il carrello degli addetti alle pulizie), o se le porte di comunicazione sono aperte o chiuse, a che piano sono gli ascensori, eccetera.

Anche se adesso il lavoro del robot è molto più semplice (spesso non c'è addirittura nessun bisogno di toccare o manipolare oggetti, come devono per forza fare i robot industriali), la sua esecuzione può comportare grandi difficoltà, e, soprattutto, non può essere programmata a priori. Infatti, dal momento che non è possibile fare piani particolareggiati se non si sa come stanno le cose, dobbiamo in genere limitarci ad assegnare al robot una "missione" da compiere, fornendogli informazioni "di massima" su come sarà l'ambiente in cui dovrà lavorare. Tutto il contrario dei robot industriali, che sono "programmati" in maniera estremamente precisa, con tanto di coordinate geometriche dei punti da raggiungere.

La conseguenza di tutto questo è ovvia: i robot autonomi devono essere dotati di un gran numero di sensori, per poter acquisire direttamente tutte le informazioni che gli servono per operare: dove sono rispetto alla mappa, ammesso che ne posseggano una\*, se ci sono ostacoli fissi sul loro cammino, o mobili che possano attraversarlo; dove sono le esatte posizioni da raggiungere, dove sono le aree pericolose (per esempio le rampe di scale in discesa), e tante altre.

Inoltre devono avere la capacità di elaborare e di sfruttare queste informazioni nella maniera più "intelligente" possibile, ed essere in grado di risolvere i problemi che nascono da situazioni impreviste, tenendo presente che, se in fabbrica c'è sempre l'intelligenza di

---

\* In molti casi la mappa non esiste: è compito del robot "costruirselo" mentre esplora l'ambiente. Questo vale, ad esempio, per molti robot pensati per lavorare all'aperto, in operazioni militari, agricole, e così via.

un uomo che può rimettere a posto le cose, molto spesso i robot autonomi devono lavorare da soli, in alcuni casi addirittura nello spazio o su altri pianeti, e quindi non c'è nessuno che possa aiutarli a cavarsi d'impaccio.

Finora, ho parlato dei robot avanzati come di oggetti esistenti e di uso comune. Sappiamo invece, per esperienza diretta, che le cose non stanno così: anche se abbiamo visto tutti le foto di Sojourner che esplorava la superficie di Marte, o il robot della Polizia all'opera per disinnescare ordigni, non abbiamo nessuna esperienza diretta di altre macchine di questo tipo. La ragione della loro ancora scarsa diffusione è fondamentalmente legata al costo: con la tecnologia di oggi le cose che ho descritto si possono fare, ma occorrono molti quattrini. D'altra parte, e soprattutto in quei Paesi in cui la ricerca scientifica è tenuta nel debito conto, si stanno facendo grandissimi sforzi per riuscire a rendere i robot autonomi più economici e più efficienti.

Già due anni fa un'automobile, opportunamente dotata di sensori e di calcolatori, ha attraversato tutti gli Stati Uniti, da Pittsburgh a San Diego, senza che nessuno toccasse il volante. Questo non vuol dire che sia pronta l'automobile automatica, ma certamente si tratta di un risultato di tutto rispetto. Veicoli automatici sono disponibili anche in altri Paesi, per una gran varietà di applicazioni. Sarebbe impossibile qui elencarle tutte: una caratteristica dei robot autonomi è che possono essere pensati per gli impieghi più diversi, dalla pulizia dei pavimenti alla manutenzione di strutture sottomarine, dalle operazioni agricole alla bonifica dei campi minati.

E proprio queste due ultime applicazioni costituiscono il punto focale della ricerca in corso presso l'Università di Brescia, che si concentra attorno al progetto *BARCS*.

Lo scopo di questo progetto, che è stato avviato dieci anni fa e ha già prodotto diversi risultati utilizzabili, è quello di mettere a punto una metodologia per la costruzione di robot totalmente autonomi, in grado cioè di operare senza intervento dell'uomo in qualunque situazione. È evidente che, allo stato attuale della tecnologia dei calcolatori e dell'Intelligenza Artificiale, è impensabile che una macchina di questo genere sia anche *universale*, cioè in grado di portare a compimento qualunque lavoro. Il progetto *BARCS* si limita quindi a macchine specializzate, in grado cioè di eseguire pochi compiti, ma punta molto l'attenzione proprio sul concetto di autonomia: in altre parole, saper fare poche cose, ma saperle fare in qualunque situazione. Il primo punto originale del progetto è il tentativo di rendere il robot conscio del proprio obiettivo. Rispetto ai robot industriali, la differenza è notevole: a questi ultimi si insegna infatti come svolgere il lavoro, programmando i movimenti e le altre azioni da compiere, ma il robot non ha assolutamente cognizione del perché gli venga detto di fare quelle determinate cose. In *BARCS* invece l'obiettivo è chiaramente specificato al robot, che deve sviluppare in modo autonomo la sequenza di operazioni che lo porteranno a raggiungerlo. Questo è importante perché, in presenza di situazioni impreviste, permette al robot di ripianificare le sue azioni, cosa che un robot industriale non può fare, appunto perché non sa a cosa deve arrivare.

Un secondo punto, forse ancora più caratterizzante, è che, dal momento che è impossibile pianificare fin nei minimi dettagli le azioni da compiere in un ambiente che in genere è a priori sconosciuto (non possiamo farlo neppure noi uomini!), i piani vengono formulati in termini vaghi e generici, e devono poi essere integrati con i dati rilevati dai

sensori, e che descrivono l'ambiente in cui ci si trova. Questo compito, che è difficilissimo, viene in *BARCS* eseguito mediante l'applicazione di regole generali di comportamento (i muri non possono essere attraversati, gli uomini hanno la precedenza sui robot, non è sano per un robot uscire se piove, ecc.) che sono memorizzate all'interno della macchina, e che sono relativamente indipendenti dal compito assegnato. Per inciso, *BARCS* è l'acronimo di *Behavioural Architecture Robot Control System*, proprio perché questo aspetto *comportamentale* è ritenuto il più importante.

Attualmente il progetto *BARCS*, che copre anche altri aspetti della problematica relativa alla robotica autonoma (in particolare quelli relativi all'elaborazione e all'integrazione dei dati sensoriali e alla capacità di autoapprendimento) viene sviluppato anche sperimentalmente sul robot mobile *RISK* e, per alcuni aspetti secondari, su una serie di piccoli e molto simpatici robot poco più grandi di una scatola da scarpe.

Di particolare interesse, per i possibili risvolti economici, una ricerca che mira a simulare il "funzionamento" di insetti sociali, in particolare delle api. Sappiamo tutti che le api sono capaci di comportamenti molto sofisticati, soprattutto per quanto riguarda la loro capacità di spostarsi e di trovare la strada dei fiori e dell'alveare. Sappiamo anche che le api sono, dal punto di vista biologico, organismi molto semplici, di una complessità non molto superiore a quella dei calcolatori più sofisticati. La conclusione è ovvia: se saremo in grado di realizzare sui calcolatori il funzionamento delle api, saremo in grado di ottenere gli stessi comportamenti sofisticati con poca spesa e grande semplicità. Questa ricerca ha già dato buoni frutti, ad esempio nell'applicazione a un robot del metodo che le api usano per volare in spazi ristretti senza urtare contro gli ostacoli.

La ricerca che sto descrivendo ha avuto un importante riconoscimento con l'assegnazione a Brescia del Convegno Internazionale EUROBOT, che si è tenuto dal 22 al 24 ottobre presso il Dipartimento di Elettronica per l'Automazione dell'Università.

All'incontro, patrocinato dal Comune di Brescia e sponsorizzato da Consiglio Nazionale delle Ricerche, Camera di Commercio, Tiesse Robot e Credito Agrario Bresciano, hanno partecipato una cinquantina di ricercatori provenienti da diverse università e centri di ricerca europei.

I risultati del Convegno sono molto interessanti: è apparso chiaro, e la lettura degli atti lo conferma, che l'Europa è pronta ad entrare nel mondo della robotica autonoma con macchine, in buona parte ancora allo stadio sperimentale o pronte ad essere ingegnerizzate, destinate agli impieghi più diversi.

L'aspetto più curioso è dato dal fatto che le aziende più interessate non sono quelle che producono robot, ma quelle che già fabbricano le macchine da rendere automatiche. Dal momento che nessuna di esse, però, ha il know-how necessario per sviluppare gli automatismi che occorrono, tutte si sono rivolte alle competenze che possono trovare in ambito universitario. Ecco allora che, tanto per fare un esempio, l'Università di Kaiserslautern sta sviluppando, per conto di una azienda specializzata nel settore, delle grosse macchine lavapavimenti capaci di compiere il proprio lavoro in modo del tutto automatico.

Il nostro gruppo di ricerca, che è da sempre interessato ai problemi legati agli spostamenti in ambienti poco o per nulla conosciuti, sta in questo momento portando avanti due macchine specializzate: si tratta rispettivamente di un tosaerba e di una macchina in grado di “annusare” l’esplosivo contenuto nelle mine antiuomo, e, se possibile, di neutralizzare queste ultime. Questo lavoro, che richiede lo sviluppo di un particolare sensore capace di rilevare le componenti volatili degli esplosivi anche se presenti in misura piccolissima, sarà sviluppato in collaborazione con un altro gruppo di ricerca dell’Università, coordinato dal Prof. Sberveglieri.

Per concludere questa carrellata, possiamo allora dire che, da quanto è dato di vedere in giro per il mondo, i robot autonomi avranno nel prossimo futuro uno sviluppo notevolissimo. Alcuni giganti dell’elettronica, come la Sony, hanno grandi programmi per il loro sviluppo. Ma, dal momento che la costruzione di robot di questo tipo coinvolge i fabbricanti di macchine automatizzabili (e, lo ripeto, le categorie sono quasi infinite), le possibilità di emergere in questo campo sono molto, molto alte. E, stante lo sviluppo dell’elettronica del giorno d’oggi, a prezzi assai contenuti.