

Ricerca

Gli insetti: 'maestri' per la nuova scienza cognitiva



28 ottobre 2008

di Paolo Arena - Luca Patanè

La percezione in robotica è un argomento di grande interesse e ad oggi non sufficientemente esplorato: il fine è quello di stabilire delle strategie per l'interpretazione dei dati provenienti da disparati e numerosi sensori al fine di adottare un comportamento adeguato alle situazioni ambientali sulla base dell'obbiettivo da raggiungere.

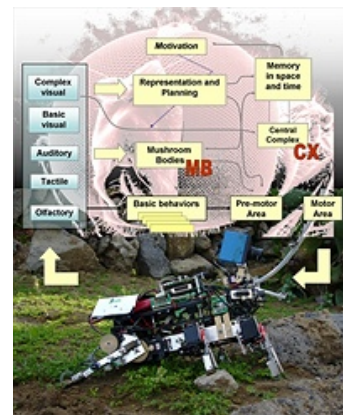
La capacità di raggiungere obiettivi generici, l'adattamento a differenti contesti ed ambienti, l'anticipazione degli eventi futuri o la predizione delle conseguenze delle azioni sono tutti elementi caratteristici dei sistemi cognitivi che sarebbe prezioso trasferire in ambito robotica.

Esistono approcci diversi alla modellistica dei sistemi cognitivi, ciascuno dei quali propone ipotesi diverse sulla natura della cognizione e sugli specifici obiettivi.

Tra di essi possiamo distinguere principalmente l'approccio cognitivista, che si fonda prevalentemente sul trattamento simbolico, tipico dell'intelligenza artificiale e quello, più recente, che fa riferimento alla teoria dei sistemi complessi, alle dinamiche non lineari ed ai principi dell'auto-organizzazione.

I robot comunemente utilizzati in ambienti industriali o nei servizi sono basati su una logica di tipo if-then, che non prevede la possibilità di svolgere compiti diversi da quelli per i quali essi sono stati programmati. La volontà di progettare robot per missioni dalle caratteristiche di non facile definizione in fase di progetto, come l'esplorazione di ambienti ostili o la ricerca di sopravvissuti in situazioni post-terremoto, ha spinto verso lo studio di nuovi metodi basati sull'apprendimento autonomo. Noi esseri viventi abbiamo delle capacità di base che siamo in grado di utilizzare fin dalla nascita ed altre che apprendiamo secondo livelli di complessità crescente.

I sistemi neurali che governano tali processi possono essere modellati come aggregati di



sistemi dinamici che si evolvono e si adattano seguendo meccanismi di auto-organizzazione. Prendendo ispirazione dalla natura è quindi possibile trovare delle strade alternative a quelle classiche, per cercare di realizzare robot biologicamente ispirati (Biorobot), che mutuino dalla controparte biologica sia parte delle sembianze strutturali, sia parte dei sistemi dinamici neurali alla base del loro comportamento adattativo.

Gli studi di tale direzione possono partire ad esempio da esseri viventi quali gli insetti che, pur avendo una struttura cerebrale non troppo complessa, mostrano tuttavia comportamenti proto-cognitivi di notevole interesse e sono in grado di adattarsi egregiamente ad ambienti estremi.

Questa attività di ricerca è stata sviluppata all'interno di un progetto di ricerca europeo denominato SPARK (*Spatial-temporal Patterns for Action-oriented perception in Roving robots*), da noi coordinato. Il progetto coinvolge università e centri di ricerca spagnoli, inglesi, tedeschi ed ungheresi, in grado di fornire la multidisciplinarietà necessaria all'attività. Il gruppo comprende infatti ingegneri, fisici-matematici, neurobiologi e genetisti. Il Progetto, iniziato nel 2004 e successivamente rifinanziato fino al 2011, ha l'ambizioso obiettivo di realizzare un *Insect Brain Computational Model*.



Sono state prese in considerazione diverse specie di insetti per approfondire le differenti problematiche. Per quanto riguarda la locomozione è stata sviluppata una serie di robot esapodi, la cui struttura meccanica, ispirata allo scarafaggio, è caratterizzata da zampe specializzate per forma e funzione: le anteriori e mediane, con diversi gradi di libertà di movimento, forniscono destrezza e capacità di manipolazione; le posteriori, meno destre e più robuste, sono atte a fornire la spinta necessaria per poter supportare un carico considerevole (elettronica per il controllo e batterie per l'alimentazione). Per il sistema di controllo del movimento ci si è ispirati all'insetto stecco, per il quale studi neurobiologici, condotti all'interno del progetto, hanno dimostrato come la coordinazione del movimento emerga dalla combinazione dei riflessi di base stimolati dalle informazioni acquisite da un sistema di sensori tattili distribuiti sull'insetto.

Tra i comportamenti di base necessari per la sopravvivenza sono stati presi in considerazione: la fonotassi, utilizzata dal grillo femmina per riconoscere e raggiungere il grillo maschio; il riflesso optomotore, utilizzato da molte specie di insetti per riuscire a mantenere una data direzione di locomozione, compensando i disturbi dovuti al movimento su terreni accidentati e alla struttura asimmetrica delle zampe; la capacità di evitare ostacoli grazie all'utilizzo delle antenne che permettono di capire se è preferibile aggirare o scavalcare l'oggetto; la capacità di distinguere diversi livelli di umidità necessaria, nel caso della drosophila, per evitare la presenza di acqua.

Questi comportamenti di base sono generati da percorsi neurali di tipo senso-motorio diretto: essi non coinvolgono, di per sé, aree superiori del cervello, ma legano particolari stimoli sensoriali a sequenze di azioni già note. Sulla base di questa conoscenza ereditata e "cablata" all'interno del cervello dell'insetto, esistono dei meccanismi di apprendimento utilizzati per la creazione, a livello più alto, di legami causa-effetto tra eventi. Questi meccanismi permettono, ad esempio, di apprendere come utilizzare sensori più complessi, come la visione, utilizzando sensori più semplici, quali quelli di contatto. Sulla base di tali comportamenti, sia ereditati che appresi sfruttando causalità dipendenti dall'ambiente, si sviluppa un livello superiore, atto a strutturare l'informazione sensoriale elaborata nei livelli sottostanti e costruita a partire dall'insieme completo delle informazioni sensoriali del robot.

Tale livello è stato modellato attraverso un sistema neurale in cui emergono dinamiche auto-organizzanti, tipiche dei sistemi complessi, utilizzate, in tale ambito, come stati

percettivi. Questi sono rappresentazioni, nello stesso tempo compatte ed astratte, dell'ambiente esterno, alle quali viene associata, tramite apprendimento, una opportuna modulazione dei comportamenti di base, in modo da assolvere a compiti più complessi. I risultati sperimentali di tale nuovo approccio ai sistemi percettivi in biorobotica sono tuttora in fase di ulteriore validazione e miglioramento.

Tale metodologia potrebbe portare, in un prossimo futuro, all'ingegnerizzazione di bio-robot in grado di apprendere autonomamente sul campo le modalità di svolgimento di un determinato compito, adattandosi alle mutate condizioni ambientali o ad eventuali guasti nei sensori. Una spiccata plasticità potrebbe inoltre condurli ad estrarre "significati" da quanto acquisito dalla loro rete di sensori, sulla base della missione da compiere.

Ulteriori informazioni su queste attività, compresi alcuni video di bio-robot, sono disponibili nel web: www.spark.diees.unict.it

[Credits](#)