

B I O R O B O T S

Introduzione:

Le ricerche riguardanti campi come la biologia, l'informatica, l'ingegneria, hanno trovato un comune denominatore. Gli scienziati che si occupano di queste discipline hanno scoperto un modo di unire gli sforzi, applicando le loro conoscenze in ambiti di ricerca comuni. Lo studio che ha unito discipline apparentemente così diverse tra loro, prende il nome di "Biomorphic Robotics", un'area di ricerca molto attiva negli ultimi anni. Lo scopo di questa disciplina è quello di creare delle interfacce che permettano la comunicazione tra organismi animali ed apparecchiature elettroniche. Quello della robotica biomorfa, è un settore molto aperto ad applicazioni pratiche, dato che, oltre a diverse università, anche enti privati e governativi, cominciano ad organizzare conferenze e workshops che riguardano queste tematiche.

La NASA, per esempio, già nell'agosto 2000, ha organizzato il "Workshop on Biomorphing Robotics" a Pasadena, in California. Lo scopo della conferenza era, sia quello di presentare una visione d'insieme di ciò che si intende con robotica biomorfa, sia di stabilire una collaborazione tra la NASA e altri istituti di ricerca, che di definire in che modo possano essere sviluppati sistemi artificiali in grado di emulare sistemi biologici.

I maggiori sforzi di chi ricerca in questo campo applicativo, sono mirati da un lato a comprendere come avviene il meccanismo dell'apprendimento e dell'adattamento, cercando di formalizzarlo e di riprodurlo sul calcolatore, dall'altro a creare dispositivi in grado sia di interpretare correttamente i segnali elettrici generati dal cervello di un essere vivente, che di poterne inviare a sua volta, modificando il comportamento del cervello stesso.

Studio di casi: creazione dell'interfaccia uomo-macchina:

Una comunicazione bilaterale tra il cervello di un essere vivente e un elaboratore, è quanto è stato realizzato da un'equipe di scienziati della Northwestern University Medical School di Chicago, dell'Università di Genova e della University of Illinois di Chicago. Lo scopo di questo studio è stato quello di comprendere i meccanismi biologici che regolano l'apprendimento, per cercare di implementare dei modelli matematici comprensibili da un elaboratore.

Per l'esperimento sono stati utilizzati una lampreda di mare ed un robot, collegati da un complesso sistema di controllo in grado sia di interpretare i segnali provenienti dal robot e tradurli in segnali elettrici da inviare al cervello, che di tradurre i segnali cerebrali in comandi meccanici recepibili dal robot.

Gli studi si sono concentrati sull'area del cervello che controlla la posizione del corpo del pesce mentre nuota. Questa zona celebrale ha mostrato un comportamento adattativo; le connessioni sinaptiche, infatti, si modificavano in base agli stimoli che il robot inviava. I

dati raccolti dall'osservazione dello scambio di segnali tra l'organismo animale ed il robot, hanno permesso di formulare un modello matematico sia del sistema di elaborazione e di controllo interagente con l'organismo animale, sia del cervello della lampreda. Simulazioni successive hanno confermato la bontà del modello che è servito per l'implementazione sul calcolatore del sistema adattativo. L'obiettivo è stato raggiunto: il modello implementato ha mostrato un adattamento agli stimoli esterni, molto vicino a quello dell'organismo biologico.

In applicazioni di questo tipo, un grosso ostacolo alla realizzazione dell'esperimento è quello di riuscire a far interagire elementi biologici con componenti elettroniche. Questo tipo di problemi sono stati affrontati anche al dipartimento di neurofisica del Max Planck Institute di Monaco. Il gruppo di scienziati guidati da Guenther Zeck e Peter Fromherz ha lasciato sviluppare una rete neuronale su un chip di silicio, utilizzando neuroni di lumaca. I risultati dell'esperimento sono stati presentati sulla rivista americana "Proceeding of the National Academy of Science" e rappresentano una tappa fondamentale dell'ingegneria neuronica.

Lo scopo di queste ricerche è porre le basi per progettare protesi artificiali che si possano ben integrare con il corpo umano. La scelta dell'apparato neuronale della lumaca ha permesso, grazie alla sua semplicità e alla grandezza dei neuroni, di ottenere funzioni biologiche complete usando un numero relativamente ridotto di neuroni. Il sistema di controllo che è servito da interfaccia tra i neuroni ed il chip, ha permesso ai segnali elettrici di passare dal sistema elettronico a quello biologico.

Il problema della traduzione dei segnali tra il componente elettronico ed una rete neuronale è tanto più complesso, quanto più è evoluto l'organismo che si considera. Diventa quindi fondamentale cercare di ottenere risultati con animali che possano avvicinarsi il più possibile allo stato di evoluzione dell'essere umano. Alla Duke University, il dottor Miguel A.L. Nicolelis ha fatto un passo avanti in questo senso identificando i segnali generati dal cervello di una scimmia per muovere un braccio.

Nel laboratorio della Duke University hanno addestrato una scimmia affinché, alla vista di particolari segnali luminosi, muovesse un joystick a destra o a sinistra, in base alla localizzazione della luce. Una cuffia con alcuni sensori sulla testa della scimmia aveva il compito di catturare le scariche elettriche provenienti dalla regione del cervello che regola le funzioni motorie e di inviarle ad un elaboratore. Dopo mesi di lavoro gli scienziati sono riusciti a tradurre le scariche elettriche emesse dal cervello della scimmia in istruzioni interpretabili da un braccio meccanico. Due modelli matematici che operassero in tempo reale sono stati usati per costruire due organi di controllo per comandare altrettanti bracci. I sensori, questa volta, non venivano più diretti ad un elaboratore, ma all'organo di controllo.

Quando la scimmia, alla vista del segnale luminoso, aveva mosso il joystick in direzione del segnale, le due braccia meccaniche si erano mosse istantaneamente nella stessa direzione, emulando il comportamento della scimmia, evidenziando la corretta interpretazione degli impulsi cerebrali da parte dell'organo di controllo del braccio meccanico.

Studio di casi: interfacce verso l'essere umano:

Come già accennato, diversi studi si stanno facendo anche nel senso opposto: modificare o bypassare alcune zone dell'apparato nervoso o cerebrale malfunzionanti o disabilitate a causa di qualche trauma. Il National Institute of Neurological Disorders and Stroke ha sviluppato un dispositivo in grado di interfacciarsi direttamente con il sistema nervoso per sostituire alcune funzioni in individui con handicap. Recentemente ad un individuo cieco sono stati impiantati 38 microelettrodi nella parte di corteccia cerebrale che regola la vista, per un periodo di tre mesi.

Durante questo periodo questa persona è stata in grado di vedere e di descrivere le prospettive visuali ottenute dagli stimoli elettrici. Questo risultato è stato ottenuto bypassando gli organi sensoriali del paziente con opportune apparecchiature elettroniche; queste consistono in un gruppo di moduli sensore/attuatore, cioè in grado sia di ricevere informazioni dall'individuo in cui sono stati inseriti, sia di agire su di esso e sul suo sistema nervoso. Gli elettrodi vengono controllati da un computer che trasmette gli stimoli con la corretta frequenza.

Nonostante il risultato portentoso, quello che blocca il vero sviluppo di questo tipo di studi è il fatto che non si riesca ancora a creare stimolatori (un computer in questo caso) sufficientemente piccoli da rendere il paziente realmente autonomo tramite dei dispositivi sottocutanei.

Un altro caso di successo in questo campo di ricerca e che coinvolge direttamente l'essere umano, si è verificato a Phoenix, in Arizona. L'esperimento è stato portato avanti dalla Arizona State University e dal Good Samaritan Regional Medical Center e consiste nell'aiutare una persona paralizzata a camminare mediante un elettrostimolatore che invia segnali ad alcuni elettrodi inseriti nella spina dorsale del paziente. In questo caso è stato anche necessario un periodo di allenamento da parte del paziente prima del trattamento, per rinforzare la parte superiore del corpo e riuscire a muovere dei passi mediante un deambulatore.

Dopo cinque mesi di allenamento il paziente riusciva a muovere qualche passo con l'aiuto del deambulatore, appoggiandosi e facendo perno su di esso. Dopo l'operazione il paziente era in grado di camminare, ancora con l'ausilio del deambulatore, ma senza più dover trascinare le gambe facendo perno e ad una discreta velocità di 25,4 cm/s. Mediante un apparato di controllo il paziente poteva anche regolare la frequenza, la durata, l'ampiezza ed il tempo ottimali di ogni impulso elettrico per rendere la camminata più naturale.

L'obiettivo dell'equipe di scienziati è quello di poter far camminare tutte le persone con gravi lesioni alla colonna vertebrale tramite il deambulatore e lo stimolatore. Il paziente che è stato sottoposto all'esperimento, ha dichiarato di sentire le gambe molto più leggere rispetto a prima dell'operazione e di riuscire a camminare due volte più veloce con la metà dello sforzo.

Per poter usare il particolare tipo di stimolatore in questa applicazione, i ricercatori hanno fatto una petizione al Food and Drug Administration affinché approvasse il tipo di apparecchio.

Evoluzioni future:

Anche in questo caso il problema da superare per poter applicare in modo sistematico i risultati ottenuti con queste scoperte è quello di riuscire a miniaturizzare i componenti elettronici stimolanti, in modo da non far dipendere il paziente da apparecchiature e stimolatori esterni. Un altro ostacolo da superare in determinate applicazioni, come nel caso dell'interfaccia che permetteva ad un essere vivente di controllare un braccio meccanico mediante impulsi cerebrali, è quello di avere sistemi veloci, in grado di elaborare i segnali molto rapidamente, cioè sistemi in tempo reale, capaci di rendere la comunicazione organismo/macchina quasi istantanea.

Questi problemi coinvolgono soprattutto gli ingegneri elettronici, che con l'avvento delle nanotecnologie saranno in grado di dare supporto fisico a questi risultati sperimentali, progettando apparecchiature ad hoc, ed ingegneri e ricercatori del ramo di robotica e intelligenza artificiale, in grado di fornire la logica necessaria per rendere questi sistemi più efficienti e in grado di avere una sempre maggiore interazione con l'essere umano.