

Darwinismo e informatica: Brain-Computer Interface e Coevoluzione Uomo- Macchina

Nicholas Caporusso
IMT – Institutions, Markets, Technologies
Piazza S. Ponziano, 6
55100 Lucca, Italy
Tel. +39 3479503611, Fax +39 +39 05834326565
n.caporusso@imtlucca.it

1. Convergenza tra biologia e informatica

Il modello interpretativo evolucionistico offre una chiave di lettura per il progresso scientifico-tecnologico degli ultimi decenni nel campo dell'informatica, in cui si assiste a una contaminazione con le scienze naturali, biologia in primis, e alla sostanziale convergenza tra le proprietà degli organismi viventi e le caratteristiche dei sistemi software. Il concetto darwiniano di interpolazione, chiave di volta del superamento della teoria fissista e della trasformazione del modello lucreziano, è all'origine della rappresentazione dei sistemi biologici mediante strutture dati tipicamente binarie, e al tempo stesso rappresenta il punto di partenza per l'elaborazione di sistemi digitali concepiti sulla base dell'organizzazione strutturale e funzionale degli organismi viventi.

La ricerca scientifica nell'informatica è dominata dallo sviluppo di sistemi che trovano riscontro nella scoperta di equivalenti biologici. La

memoria umana può essere dimensionata in termini di terabyte, e si distingue in working memory per informazioni volatili a breve termine (Conrad, et al., 1964), e in un'area dove immagazzinare dati per un lungo periodo. La stessa terminologia utilizzata per descrivere questo tipo di organizzazione strutturale e funzionale era inesistente fino a sessant'anni fa, prima che fosse concepita l'architettura del calcolatore. Una tale corrispondenza determina un parallelismo reversibile che conserva la sua validità anche nella direzione opposta: il concetto di selezione naturale, motore fondamentale dell'evoluzione della vita sulla Terra, fornisce una spiegazione ai vantaggi dell'applicazione delle dinamiche bio-inspired ai protocolli di comunicazione che riproducono nelle reti di calcolatori i meccanismi sociali a basso livello mutuati dagli organismi biologici e dal mondo degli insetti per la sincronizzazione automatica delle trasmissioni. Viceversa, trascendendo i vantaggi dell'elaborazione automatica dei dati, la Computer Science ha ampliato le potenzialità di analisi dei sistemi biologici, producendo strumenti per prevenzione e cura, oltre che per la diagnosi e lo studio di disfunzioni e malattie. Attualmente, le direzioni più promettenti della ricerca nel campo delle tecnologie bioinformatiche e delle neuroscienze perseguono l'esplorazione di due strutture che, a granularità differenti, rappresentano intrinsecamente la teoria darwiniana: il DNA, che distingue e rende unico ogni essere vivente, e il cervello, che rende l'uomo la specie più progredita.

2. Dinamica evoluzionistica delle interfacce utente

Parallelamente, la Human-Computer Interaction (HCI) ha avuto un'evoluzione simile a quella degli organismi biologici: da un modello sostanzialmente "unicellulare" basato su un input sequenziale, verso interfacce utente sofisticate caratterizzate da un'interazione multimodale e adatte ad ambienti multithreading. La genetica stessa dei dispositivi è mutata, originando una biodiversità di strumenti più progrediti (ad esempio i controller equipaggiati con accelerometri, eye-tracker, computer mobili e indossabili), molto spesso nati dalla "speciazione" mediante il cosiddetto tinkering, un meccanismo di deriva genetica all'interno dell'ecosistema del physical computing. È innegabile il processo per cui i sistemi di input stanno evolvendo da una connotazione "periferica" rispetto all'utente verso una dimensione pervasiva, in cui l'uomo e i sensori (e gli attuatori) sono in un rapporto sempre più stretto. Tuttavia, si può riscontrare come le dinamiche della selezione naturale rimangano inalterate anche in questo contesto: l'attuale "era del controllo muscolare" è dominata dai sistemi tradizionali. Nonostante obblighino l'uomo ad apprendere una modalità non naturale per

interagire con il computer, da circa vent'anni la tastiera e il mouse costituiscono lo standard per i dispositivi di input.

3. Brain-Computer Interface

Le scoperte nel campo della neurofisiologia riguardo la struttura del cervello umano e le relative dinamiche funzionali hanno portato allo sviluppo di un paradigma che propone una nuova era sia per le interfacce che per l'uomo: quella del controllo tramite gli impulsi cerebrali. A differenza di tutte le periferiche attualmente disponibili, che richiedono un movimento (ad esempio di una mano, degli occhi, della lingua), il Brain-Computer Interface (BCI) (Vidal, 1973) permette di utilizzare i segnali generati direttamente dal cervello dell'utente, senza la necessità di un'attivazione muscolare: laddove una disabilità, una compromissione del canale nervoso o l'amputazione di un arto impediscano l'uso di un dispositivo tradizionale, il BCI fornisce una nuova modalità per interagire con il mondo esterno. Proprio per questo motivo, il contesto clinico-riabilitativo è uno dei principali ambiti di applicazione: pazienti affetti da malattie degenerative o colpiti da lesioni spinali possono conservare (o acquisire) un buon livello di autonomia grazie alla convergenza tra biologia e robotica. Inoltre, il Brain-Computer Interface è applicabile anche a soggetti in cui il canale muscolare è intatto.

Per far interagire in maniera diretta il cervello umano con un calcolatore elettronico vengono impiegate tecniche di neuroimaging (e.g., l'elettroencefalografia o la risonanza magnetica) che permettono di indagare in maniera non invasiva l'attività elettrica (o metabolica) dei neuroni. È stato dimostrato che vari processi neurofisiologici possono essere utilizzati ai fini del BCI: pattern evocati dal movimento (MRP), attivazioni correlate ad un evento (ERD), potenziali lenti (SCP), ritmi spontanei EEG. I primi, localizzati nell'area sensorimotoria della corteccia cerebrale, costituiscono l'archetipo dell'impulso muscolare e vengono generati simultaneamente all'intenzione, all'osservazione o all'immaginazione di un'azione motoria, propria (anche qualora si tratti di un arto compromesso, come ad esempio un braccio amputato o una gamba immobilizzata) o altrui (attraverso la percezione-azione).

I segnali generati nell'area corticale vengono acquisiti dall'esterno del cranio tramite appositi sensori ed elaborati con algoritmi che trasformano le modulazioni (volontarie o involontarie) delle onde cerebrali in comandi e messaggi per un software o un dispositivo (Figura 1).

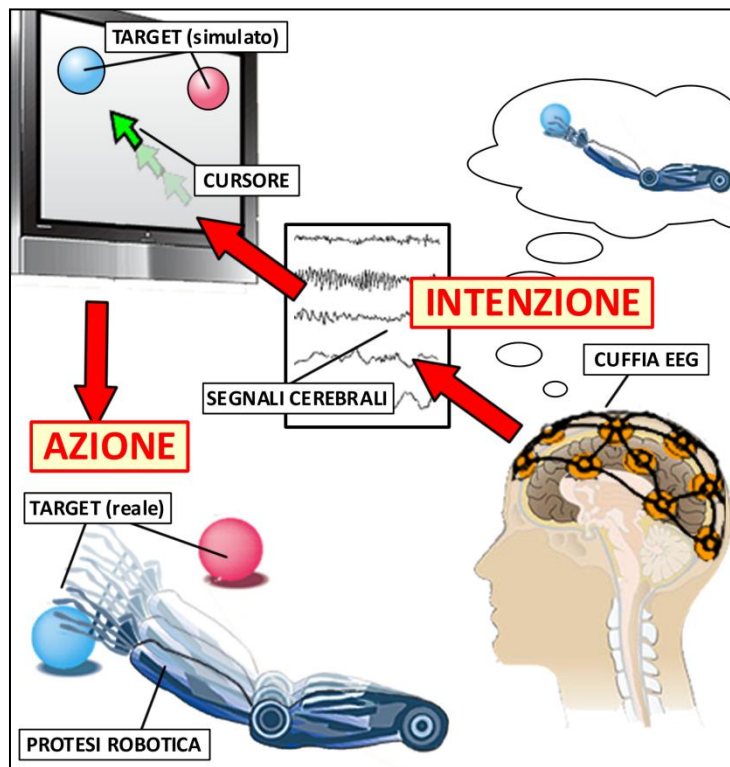


Figura 1. Obiettivo del Brain-Computer Interface

Interagire mediante Brain-Computer Interface non significa leggere nel pensiero di un essere umano, ma rilevare una volontà di comunicazione spontanea: gli impulsi classificati permettono di muovere un'immagine su un display, di guidare una sedia a rotelle elettrica in un ambiente, di controllare una protesi robotica e di giocare con un videogame, rimanendo completamente immobili. Ad esempio, il movimento del cursore del mouse in quattro direzioni può essere associato al movimento della mano destra o sinistra (a cui rispettivamente corrisponde un'attivazione nella zona sinistra o destra del cervello), o a un'intenzione motoria di entrambi gli arti superiori o di quelli inferiori (che riflettono un impulso nella parte laterale o centrale della corteccia sensorimotoria).

4. Controllo mediante impulsi cerebrali e neurofeedback

Le azioni motorie possono essere percepite attraverso i sensi, principalmente la vista e il tatto. Tuttavia, non esiste un canale sensoriale naturalmente in grado di fornire all'utente informazioni sulla capacità di controllo dei propri ritmi cerebrali. Pertanto, a differenza dei dispositivi basati su input muscolare, che permettono di ricevere un feedback sull'interazione con il sistema (la pressione di un tasto, lo spostamento del mouse), le interfacce cervello-computer non consentono lo stesso tipo di risposta esplicita. Per assicurare all'utente di operare correttamente, è necessario supplire a questa mancanza dotando le applicazioni di una modalità alternativa: individuando un livello di astrazione rispetto ai sensi che sia in grado di dare ai segnali cerebrali una rappresentazione percepibile e comprensibile. In questa direzione, tra i canali sensoriali, quello tattile sembra il più idoneo (Cincotti, et al.) per aiutare l'utente a comprendere lo stato del sistema, le operazioni che sta compiendo e il grado di controllo che sta esercitando (ad esempio, che il sistema abbia riconosciuto le onde cerebrali e che abbia acquisito correttamente la direzione in cui si intende guidare la sedia a rotelle robotica). In questo modo la vista può essere impegnata nell'esecuzione della task e nell'interazione con l'ambiente (e.g., verificare che non vi siano ostacoli su percorso). Ciò implica un cambiamento radicale dal punto di vista cognitivo, che richiede all'uomo di acquisire sia una completa padronanza del rapporto tra stimolo cerebrale e percezione sensoriale, che una totale consapevolezza della relazione tra il pensiero e il mondo esterno. Per i motivi sopra esposti, il concetto di evoluzione caratterizza in maniera intrinseca le nuove interfacce, in particolare quelle dell'era del controllo non muscolare (Figura 2).

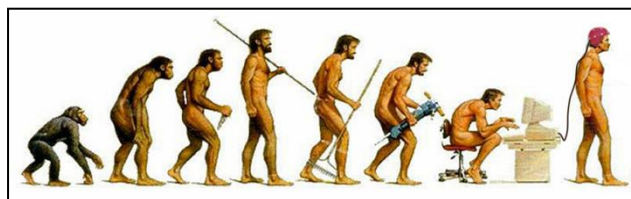


Figura 2. Evoluzione dell'uomo e delle interfacce per la sopravvivenza

I segnali non sono acquisiti in maniera esplicita (come avviene con mouse e tastiera), ma vengono estratti da strutture più complesse che variano a livello individuale. L'utente deve apprendere a interagire con un nuovo mezzo che indaga gli stimoli alla radice e viceversa, il sistema informatico deve imparare ad adeguarsi alla biologia del singolo. Entrambi i soggetti coinvolti devono raggiungere un livello di co-evoluzione, ovvero una reciproca capacità di adattamento utente-software, uno dei fattori principali che determina la sopravvivenza delle interfacce dell'era del controllo non muscolare: gli algoritmi genetici, concepiti secondo il modello darwiniano della selezione naturale, sono una delle tecniche utilizzate per l'elaborazione dei segnali acquisiti mediante BCI che consentono di modulare il sistema rispetto all'utente ottenendo risultati notevoli in termini di co-evoluzione.

5. Conclusioni

Dal punto di vista evolutivo, il superamento del paradigma muscolare rappresenta un passo fondamentale della nostra specie verso un sistema cibernetico in cui il cervello umano rimane l'unica struttura biologica necessaria e sufficiente. Tuttavia, non si tratta del traguardo finale: il reverse engineering del cervello umano (Walsh, 2000), un'operazione inconcepibile (già solo dal punto di vista lessicale) appena venti anni fa, è diventato per l'Emerging Frontiers in Research and Innovation una delle sfide per i prossimi anni e al tempo stesso un obiettivo non distante. L'impatto dell'informatica trascende le potenzialità di elaborazione dei dati e il progresso delle interfacce utente fornisce un quadro sul percorso evolutivo dell'uomo e sugli scenari futuri: il punto di convergenza della contaminazione tra scienze naturali e computer sembra condurre verso una naturale autoselezione, attraverso la generazione di una nuova specie autonoma, in grado di sostituire completamente il modello biologico umano attuale su cui è basata.

Bibliografia

1. Cincotti, F., Kauhanen, L., Aloise, F., Palomäki, T., Caporusso, N., Jylänki, P., et al., Vibrotactile feedback for brain-computer interface operation, in Computational Intelligence and Neuroscience. - doi:10.1155/2007/48937.
2. Conrad R. and Hull A.J. Information, acoustic confusion and memory span, in British Journal of Psychology. - 1964. - 55. - pp. 429-432.

3. Vidal J. Toward Direct Brain-Computer Communication, in Annual Review of Biophysics and Bioengineering. - Palo Alto : [s.n.], 1973. - Vol. 2. - pp. 157-180.
4. Walsh V. Reverse engineering the human brain, in Phil. Trans. R. Soc. Lond., 2000. - Vol. 358. - pp. 497-511 . - doi: 10.1098/rsta.2000.0543.