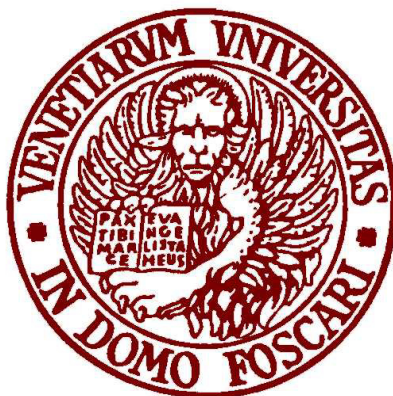


Università degli studi di Venezia Ca'Foscari



Corso di Laurea Triennale in Informatica

Tecnologie e scienze dell'informazione

Interazione Uomo-Macchina

Simbiosi Uomo-Macchina

Alunno: Davide Lovat 838654

Docente: Fabio Pittarello

Anno Accademico: 2016/2017

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. SIMBIOSI	3
3. SEGNALI PSICOFISIOLOGICI E MISURE SIMBIOTICHE	4
4. AGENTI SOFTWARE.....	5
4.1. AGENTIVITÀ INDIPENDENTE	5
5. SUDDIVISIONE DEL LAVORO TRA L'UOMO E LA MACCHINA.....	6
5.1. INTELLIGENZA AUMENTATA E BENEFICI DELLA SIMBIOSI HCI	7
6. PREREQUISITI PER LA REALIZZAZIONE DELLA SIMBIOSI HCI OGGI.....	8
6.1. TIME-SHARING.....	8
6.2. MEMORIA: DIMENSIONI, VELOCITA' E ORGANIZZAZIONE	9
6.3. DIFFERENZE DI LINGUAGGIO TRA L'UOMO E LA MACCHINA.....	9
6.4. INPUT AND OUTPUT EQUIPMENT	10
7. APPLICAZIONI DELLA SIMBIOSI IN TRE DIVERSI CAMPI: INTERFACCE BRAIN-COMPUTER, INFORMATION SEEKING, DISPOSITIVI INDOSSABILI.....	11
7.1. SIMBIOSI BRAIN-COMPUTER.....	11
7.1.1. INTERFACCE NEURALI	11
7.1.2. INTERFACCE NEURALI NELLA RICERCA SIMBIOTICA.....	13
7.2. SISTEMA SIMBIOTICO PER LA RICERCA DI INFORMAZIONI	17
7.2.1. RICERCA DI OGGETTI NOTI E RICERCA ESPLORATIVA.....	17
7.2.2. STUDI SULLA RICERCA ESPLORATIVA.....	19
7.3. DISPOSITIVI INDOSSABILI SIMBIOTICI.....	21
7.3.1. FATTORI CHE INFLUENZANO L'INTENTO COMPORTAMENTALE	22
7.3.2. COMPUTER INDOSSABILI PER L'INCREMENTO DELLA MEMORIA (AUGMENTED MEMORY)..	24
7.3.3. DISPOSITIVI INDOSSABILI BASATI SU CAMERA.....	24
7.3.3.1. DISPOSITIVI SIMBIOTICI INDOSSABILI PER L'ALZHEIMER	27
8. CONCLUSIONI	27
Bibliografia.....	29

1. INTRODUZIONE

Nel 1960 Licklider pubblicò il lavoro di un suo studio “Man-Computer Symbiosis” [1], definendo per la prima volta il concetto di simbiosi tra l’uomo e i calcolatori. In questo documento Licklider espone il suo pensiero su come la cooperazione tra l’uomo e i computer possa creare una relazione di reciproca collaborazione in grado di accrescere le capacità dell’uomo nel processo di problem-solving [1]. Licklider, attraverso un’analisi del lavoro mentale impiegato nelle proprie ore lavorative, realizzò che le persone spendono la maggior parte del loro tempo svolgendo compiti prevalentemente meccanici. [1] Da questa osservazione, concepì una visione del mondo in cui l’uomo stabiliva gli obiettivi, formulava le ipotesi, determinava i criteri, ed effettuava le valutazioni, mentre il computer eseguiva il lavoro di routine presentando i risultati all’uomo, in una reciproca collaborazione. [1]

L’anno in cui Licklider formulò il suo concetto di simbiosi uomo-macchina, le tecnologie informatiche non erano all’altezza del compito richiesto, lo stesso Licklider segnalò tale problema. Per raggiungere una relazione simbiotica tra l’uomo e i calcolatori elettronici Licklider evidenziò dunque cinque aspetti necessari da sviluppare nelle tecnologie di calcolo negli anni a seguire per supportare la sua visione di simbiosi. [1]

In questa prima parte del testo vedremo alcune caratteristiche generali che caratterizzano i sistemi simbiotici in HCI, e ci addentreremo nel campo dei cinque prerequisiti discussi da Licklider, per vedere se ad oggi siano stati soddisfatti. Nella seconda parte del documento ci addentreremo in alcune applicazioni specifiche di questo paradigma: vedremo le BCIs e il loro impiego per costituire una relazione simbiotica, oltre ad alcune ricerche per potenziare la ricerca delle informazioni, e infine ci accosteremo al dominio dei dispositivi indossabili impiegabili nella simbiosi uomo-macchina.

2. SIMBIOSI

Per definizione la simbiosi in ecologia identifica due organismi dissimili che vivono insieme, in un’associazione più o meno intima, dove le interazioni tra gli organismi interessati dalla simbiosi non sono necessariamente benefiche, e si distinguono in tre categorie: parassitismo (i.e. un organismo trae beneficio infliggendo un danno ad un altro), commensalismo (i.e. un organismo trae beneficio, ma l’altro non riceve né un beneficio né un danno) e infine mutualismo (i.e. entrambe le parti ottengono un beneficio). [3][4][9] Poiché la simbiosi non restringe il termine alle sole interazioni mutualmente benefiche, è interessante notare che, anche in una relazione simbiotica tra l’uomo e il computer non si escludono categoricamente le altre due forme di interazione (i.e. parassitismo e commensalismo).

“By selecting the term symbiosis to describe this new relationship, it appears that Licklider intended to promote a mutually beneficial association between humans and computers. At the same time, he was aware of the possibility that such a balance might not be attained. In the event that an imbalance occurred, he hoped that humans would prevail.” [5]

Oggi l’obiettivo di molte ricerche, sulla simbiosi uomo-macchina, resta quello di creare con la simbiosi una relazione stretta tra le due entità per trarne un beneficio reciproco. Inoltre si individuano due tipi di relazione tra specie simbiotiche, una di tipo forte (obbligata) e una di tipo debole (facoltativa), il che significa che nel primo caso, uno o entrambi i simbionti sono interamente dipendenti l’uno dall’altro per sopravvivere, mentre nel secondo caso possono vivere anche indipendentemente l’uno dall’altro. [6][9]

Fairclough S. in merito scrive che la nostra relazione con le tecnologie a livello di specie è costruita su una forma di simbiosi obbligata dove gli uomini si affidano alle macchine per estendere i propri sensi e capacità,

e le tecnologie dipendono dai bisogni e dall'ingegno dell'uomo, per dotarle di forma e funzionalità, e che quindi sarebbe un errore considerare la nostra relazione con la tecnologia altra cosa se non una forma obbligata di mutualismo. Tuttavia il modo con cui interagiamo con le tecnologie rimane asimmetrico, l'uomo 'parla' e il computer 'ascolta e obbedisce'; l'autonomia nella HCI risiede unicamente nel lato dell'utente umano. Se la relazione tra l'utente e la macchina evolvesse verso un'interazione più stretta e collaborativa saremmo in grado di accrescere la nostra relazione simbiotica con i sistemi tecnologici spingendoci sempre più sulla strada che porta all'interazione simmetrica. [9]

3. SEGNALI PSICOFISIOLOGICI E MISURE SIMBIOTICHE

Un aspetto rilevante della simbiosi uomo-macchina è la reciprocità e l'utilizzo collaborativo delle risorse per i computer e le persone. A tal fine, e allo scopo di creare una comprensione reciproca e profonda tra gli esseri umani e i computer, il sistema deve essere informato sulle intenzioni e sugli stati interni degli esseri umani mediante una confluenza di segnali sia espliciti (ad es. comunicazione simbolica come parole scritte, gesti del corpo) che impliciti (ad es. psicofisiologia). Da un lato, il computer può comprendere le intenzioni umane monitorando costantemente sia i comportamenti espliciti che i segnali impliciti che potrebbero essere riconosciuti tramite delle tecnologie di rilevamento. Dall'altra parte, il computer fornisce un feedback all'uomo mediante output ordinari (ad es. comunicazione simbolica, esplicita) e impliciti (ad esempio subliminali) che creano un ciclo comunicativo più ampio. [8] I dati ricavati dal cervello e dal corpo sono particolarmente adatti per monitorare lo stato psicologico dell'utente; in aggiunta, questi dati hanno il vantaggio di essere: quantificabili, continuamente disponibili, sensibili all'attività inconscia e impliciti. [9] Una comunicazione simmetrica deve essere impostata tra l'uomo e i calcolatori, permettendo uno scambio di informazioni simmetrico, dove ciascuna entità può liberamente sondare ed esaminare ininterrottamente tutti gli aspetti operativi dell'altra. [9] Per ottenere questo la logica a circuito chiuso dei sistemi di calcolo fisiologico deve essere impiegata nella simbiosi uomo-macchina, per realizzare un computer in grado di monitorare e influenzare le cognizioni, le emozioni e i comportamenti dell'utente.[9]

Queste tecnologie "intelligenti" saranno in grado di anticipare le esigenze dell'individuo e di personalizzare le risposte. [9] La sfida per i progettisti di questa tecnologia emergente è di consentire questa transizione in maniera tale da:

- 1) Assicurarsi che l'utente umano possa disattivare il processo adattativo in qualsiasi momento.
- 2) Assicurarsi che l'utente umano possa modificare manualmente il repertorio delle risposte adattive, cioè abilitarlo e disabilitarlo.
- 3) Formulare attentamente le risposte adattive del sistema che siano compatibili con gli obiettivi e con i valori dell'utente.
- 4) Educare gli utenti rispetto alla logica interna del sistema al fine di creare fiducia nella tecnologia attraverso una maggiore comprensione.

Se questi compromessi possono essere fatti in modo non fastidioso, si può permettere alle macchine di imparare dalla normale interazione con l'individuo per personalizzare le risposte sulla base delle preferenze dell'individuo. [9]

Si può quindi concludere dicendo che l'informatica affettiva ed emozionale è un framework di rilevante importanza per l'interazione simbiotica, siccome si concentra sulla capacità dei calcolatori di riconoscere ed esprimere emozioni, che può rinforzare la relazione simbiotica tra l'uomo e la macchina. [13]

Inoltre i sistemi simbiotici hanno anche una componente persuasiva che gli permette di guidare le scelte dell'utente, stabilendo le priorità di scelta sulla base della comprensione degli obiettivi e le preferenze dell'utente. Sebbene questo tipo di approccio permette di migliorare le performance, esso presenta anche dei problemi etici legati all'agentività dell'utente. [13]

4. AGENTI SOFTWARE

L'interazione tra rappresentazioni di due entità che hanno intenzione di comprendersi l'una l'altra, mediate da un agente autonomo «senziente», è di centrale importanza per la simbiosi. [10] Per sostenere una relazione simbiotica, sono necessari agenti software che agiscono autonomamente in collaborazione con gli esseri umani.

Tipicamente un'interazione, in una relazione non simbiotica, tra uomo e computer si distingue per l'assenza di consapevolezza da parte della macchina, questo tipo di interazione relega un agente tecnologico al ruolo di un partecipante passivo e inerte. Un computer con la capacità di percepire o interpretare il mondo interiore dell'utilizzatore, e poi i suoi segnali psicofisiologici, è la chiave per la creazione di un agente tecnologico "intelligente", che possiede autonomia e adattamento intelligente, che danno all'agente software adattivo la capacità di imparare e la capacità di personalizzare il software in base all'individuo. [9]

L'impiego di un agente autonomo adattivo solleva dei problemi legati al ruolo dell'utente all'interno della relazione simbiotica. I computer che rispondono automaticamente allo stato dell'utente per facilitare il completamento delle attività, rischiano di minare l'autonomia dell'utente, riducendone la capacità di iniziare, eseguire, e controllare le azioni intenzionali. [38]

4.1. AGENTIVITÀ INDIPENDENTE

Per definizione una relazione simbiotica è caratterizzata da obiettivi e indipendenza agentiva di esseri umani e computer. [38] L'agentività in psicologia indica il grado con cui un individuo ha l'abilità di prendere decisioni, e avere agentività significa avere il controllo delle decisioni che si prendono.[38] Un elemento di centrale importanza nella realizzazione di sistemi in grado di supportare una relazione simbiotica, è la questione di riuscire a mantenere un'autonomia agentiva (agency) tra l'utente e il sistema durante l'interazione. In una tradizionale interazione uomo-macchina, la tecnologia svolge un ruolo passivo, di sistema subordinato che risponde rigidamente ad un flusso costante di direttive da un padrone umano il quale dirige le azioni verso un obiettivo desiderato [9] Le interazioni simbiotiche, invece, possono influenzare il senso di auto-iniziativa (sense of agency) (cioè l'esperienza di iniziare le nostre azioni per controllare l'ambiente esterno) dell'utente, anche detto senso di controllo.[38] Abbiamo visto come i sistemi informatici simbiotici usano sensori per rilevare marcatori psicofisiologici e interpretare implicitamente le nostre intenzioni per migliorare in qualche modo le nostre azioni (vedi capitolo #). Un computer che ha la capacità di rilevare (tramite sensori) implicitamente (o a livello subliminale) lo stato psicofisiologico dell'utente e di rispondere automaticamente allo stato dell'utente per facilitare il completamento delle attività (ad esempio un sistema che utilizza dati psicofisiologici per rilevare quando l'utente è stanco e pertanto fornisce assistenza nell'esecuzione di un'attività) presenta il rischio di ridurre il senso di agentività dell'utente.[38]

Limerick et al. valutano l'impatto sul senso di agentività che può verificarsi in interazione simbiotica con tecniche di interazione psicofisiologica.[38] L'esperienza di agentività nel contesto dell'assistenza e l'agentività indipendente sono esplorati da Limerick et al. in un'interazione simbiotica.[38]

Siccome in una relazione simbiotica sia gli agenti umani che gli agenti informatici devono mantenere la propria indipendenza, è importante riuscire a stabilire l'indipendenza dell'agentività durante l'interazione simbiotica. [38] Limerick et al. riportano una serie di studi sull'effetto degli indicatori di agentività (in pratica gli indicatori comprendono informazioni situazionali esterne che ruotano attorno a un'azione, che possono modulare le convinzioni sull'agentività) forniti all'utente durante l'interazione. Dimostrano così che il senso di agentività è malleabile e che gli indicatori di agentività possono contrastare il senso di agentività stesso. Per stabilire quindi l'indipendenza chiara ed esplicita dell'agentività, gli indicatori sono cruciali sia per gli utenti che per il sistema.[38] Vari indicatori di agentività nutrono l'esperienza dell'agentività. Una sfida fondamentale per le indagini scientifiche sul senso di agentività è la scoperta e l'utilizzo di misure appropriate per misurare l'impatto che i diversi stimoli di agentività hanno sul senso di agentività. [38] Nel 2002, Haggard e colleghi hanno introdotto, il legame intenzionale (intentional binding), una nuova misura del senso di agentività basata sulla relazione tra azione volontaria e tempo soggettivo.[11] Il legame intenzionale è una metrica implicita per il senso di agentività che fornisce una misura del grado di controllo sperimentato dall'utente.[38]

L'altro concetto che Limerick et al. ritengono richieda una riflessione è il 'dove' le azioni sono assistite da un sistema simbiotico, poiché l'assistenza tecnologica introduce ambiguità alla nozione di azioni volontarie o involontarie. [38] Limerick et al. hanno riportato che, attraverso la misura del legame vincolante, alcune ricerche sul senso di agentività e sull'assistenza computerizzata, hanno dimostrato che l'aumento di assistenza computerizzata ha portato i partecipanti a sperimentare meno agentività nelle proprie azioni. Quindi è stato verificato che l'assistenza riduce il senso di agentività. [38]

Sullo stesso tema Fairclough S. scrive che per realizzare sistemi HCI simmetrici e simbiotici con adattamento intelligente, capacità di apprendimento e capacità di personalizzare il software su misura per l'individuo, gli utenti devono cedere un certo grado di controllo sulla propria interazione con la tecnologia per ottenere tali benefici e per dare origine ad un'interazione attiva, dinamica e capace di rispondere in modo stocastico. [9] Inoltre, afferma che, rinunciando al controllo totale sulla tecnologia, esiste la possibilità di sconvolgere l'agentività umana. Come tutti i sistemi che automatizzano o semi-automatizzano, l'HCI simmetrico ha il potere di privare l'individuo delle proprie abilità, di "de-skillarlo". [9]

5. SUDDIVISIONE DEL LAVORO TRA L'UOMO E LA MACCHINA

Licklider nel suo manoscritto evidenzia la differenza tra le capacità e i limiti dei computer, e quelle dell'uomo, creando una netta divisione tra le funzioni che dovranno essere svolte da entrambe le parti in una relazione simbiotica. Stabilisce come i computer siano in grado di operare rapidamente e in modo più efficace dell'uomo su certi campi, che altrimenti risulterebbero difficili o a volte impossibili se ad occuparsene fosse solo l'uomo, lo stesso ragionamento può essere fatto per i computer, infatti anche l'uomo rispetto ai calcolatori riesce ad essere più efficiente in altri ambiti, che sarebbe impossibile pretendere di affidare ad un calcolatore. Licklider elenca le funzioni che dovrebbero svolgere le due entità, nella suddivisione del lavoro: L'uomo deve decidere gli obiettivi, formulare le ipotesi, determinare i criteri, e eseguire le valutazioni. I calcolatori, dall'altra parte, devono svolgere tutte quelle operazioni di routine (routinizable work) che permette di preparare la strada alla comprensione e di prendere decisioni. [1]

Ed è appunto sulle diversità che distinguono l'uomo e il computer, e la nostra capacità di saper integrare le caratteristiche positive dell'uomo e del computer, che dovrebbe, secondo Licklider, basarsi una relazione simbiotica per avere successo. [1]

"If the user can think his problem through in advance, symbiotic association with a computing machine is not necessary...One of the main aims of man-computer symbiosis is to bring the computing machine effectively into the formulative parts of technical problems." [1]

Lesh et al. applicano il concetto di suddivisione del lavoro ai sistemi di ottimizzazione e ne studiano gli effetti. Tipicamente, i sistemi che si occupano di risolvere problemi di ottimizzazione, come lo scheduling, il routing, o i problemi di layout sono sistemi completamente automatici. Il ruolo dell'utente all'interno del sistema consiste nello specificare il problema, e aspettare il risultato dopo aver invocato l'algoritmo di ottimizzazione. Le ragioni per coinvolgere l'uomo nel processo di ottimizzazione sono molteplici. Esistono certe aree in cui le capacità dell'uomo offrono migliori prestazioni rispetto ai computer (i.e. percezione visiva, strategie di pensiero, capacità di apprendimento) inoltre l'uomo può guidare un algoritmo interattivo sulla base delle proprie preferenze o sulla base delle proprie conoscenze dei limiti del mondo reale, diversamente dagli algoritmi automatizzati, che ragionano intorno ad una rappresentazione semplificata dei problemi del mondo reale. Inoltre le persone possono con più facilità giustificare, modificare, e fidarsi delle soluzioni che hanno aiutato a costruire, rispetto alle soluzioni che sono state generate automaticamente. Lesh et al. presentano lo Human-Guided Search (HuGS), un progetto condotto al MERL, per investigare come disegnare un sistema in grado di coinvolgere l'uomo nel ciclo di ottimizzazione. Nel HuGS, gli utenti possono manualmente modificare le soluzioni, fare il backtracking delle soluzioni precedenti, ed invocare, monitorare e bloccare una vasta gamma di algoritmi di ottimizzazione. Lesh et al. hanno studiato le capacità delle persone nel guidare questi algoritmi per l'ottimizzazione. Dagli esperimenti hanno visto come l'interazione umana possa migliorare significativamente le prestazioni di un algoritmo di ottimizzazione, dimostrando che gli algoritmi interattivi possono competere persino con il migliore degli algoritmi per l'ottimizzazione automatizzata, impiegati nell'esperimento. Combinare la guida umana con i più sofisticati algoritmi di ottimizzazione ha prodotto risultati in soli 10 minuti, equivalenti in media a 70 minuti di ricerca senza l'aiuto della guida umana. [7]

5.1. INTELLIGENZA AUMENTATA E BENEFICI DELLA SIMBIOSI HCI

Introdurre una relazione simbiotica tra l'uomo e il computer, quindi integrare le capacità di ambedue le entità in gioco come detto precedentemente, permetterebbe di incrementare le capacità dell'uomo, e anche arginare molti dei limiti dell'intelletto umano. [1]

La visione di Licklider va comunque differenziata da quella dell'uomo esteso (extended human) che verrà in seguito, nel 1962, conosciuta come 'augmented human', termine coniato da Engelbart [2]. Infatti le due visioni differiscono per il livello di autonomia sul lato della macchina (calcolatori), l'augmented human di Engelbart favorisce la parte umana a quella della macchina, dove infatti l'uomo domina come un solo organismo, mentre come si è già detto in precedenza nella simbiosi tra l'uomo e i calcolatori si mira ad incrementare il potenziale umano attraverso una relazione di collaborazione stretta, che deve evitare di creare una situazione in cui o l'uomo o il computer dominino l'uno sull'altro.

Alcuni studi recenti possono dimostrare come la collaborazione tra l'uomo e il computer è più fruttuosa rispetto al lavoro che potrebbe svolgere solo la macchina, o solo l'uomo. Tali studi riportano esempi di cognitive augmentation, e physical augmentation. Tutto ciò richiede che ci sia un'effettiva suddivisione del lavoro svolto dall'uomo e la macchina, e un'esplicita rappresentazione nel computer delle abilità dell'utente, delle sue intenzioni e conoscenze. [10] [7]

Un esempio potrebbe essere la ricerca condotta al MIT Media Laboratory con l'obiettivo di sviluppare nuove tecnologie che siano in grado di complementare le abilità dell'uomo, anziché rimpiazzarle, amplificandole di un ordine di grandezza (10^x) su diversi piani fisici e cognitivi (memoria, espressione,

ascolto, apprendimento e comprensione, capacità fisiche, consapevolezza), impiegando metodi di integrazione, che rendano le macchine più sensibili alle emozioni, agli obiettivi e alle situazioni fisiche. [14] Alcuni esempi sono le interfacce in grado di espandere le abilità cognitive dell'utente, aumentandone la memoria, o computer in grado di consentire una maggiore efficacia di ascolto, capace di influenzare il cosiddetto 'cocktail party effect' (la capacità dell'uomo di filtrare selettivamente una singola sorgente di rumore, in un ambiente rumoroso), creando dei browser per l'ambiente sonoro dove la sorgente del rumore può essere selettivamente amplificata, in relazione alla posizione della testa di chi ascolta. Altre ricerche, si basano sulla possibilità di estendere la consapevolezza dell'uomo e l'espressività, il primo realizzabile attraverso una combinazione di Wireless Sensor Network e computer indossabili, permettendo di accorgersi di eventi che non sono presenti nell'immediato ambiente fisico dell'utente o che non sono percepibili unicamente con i sensi umani, mentre il secondo attraverso la realizzazione di tecnologie in grado di intuire e trasmettere intenzioni con naturalezza, estendendo il campo delle azioni fisiche che una persona può usare come forma di espressione. [14]

6. PREREQUISITI PER LA REALIZZAZIONE DELLA SIMBIOSI HCI OGGI

Licklider nel definire i prerequisiti per il raggiungimento di un effettiva relazione simbiotica tra l'uomo e i computer, indicò gli ostacoli che all'epoca ne impedivano il realizzarsi, e che posponevano dunque la simbiosi, anticipata dallo stesso Licklider, solo nel futuro [1], quando la conoscenza delle tecnologie informatiche e i mezzi per raggiungere tale conoscenza fossero progrediti.

"Prerequisites for the achievement of the effective, cooperative association include developments in computer time sharing, in memory components, in memory organization, in programming languages, and in input and output equipment." [1]

Licklider non conosceva necessariamente come queste cinque aree sarebbero state migliorate nei successivi anni, ma era certo che ricoprivano un ruolo chiave per la fattibilità e il futuro successo della simbiosi uomo-macchina. [5] Diversi studi sono d'accordo nel sostenere come molti degli impedimenti che 50 anni fa (1960 Licklider) ostacolavano una relazione stretta con le macchine siano oggi scomparsi almeno per quanto riguarda il lato tecnico ed economico. [18] [14] [12] Problemi come la velocità dei computer o la velocità e le dimensioni della memoria non sono più fattori che limitano in modo critico la simbiosi uomo-macchina, invece l'organizzazione della memoria il linguaggio di programmazione, la comunicazione con i computer e le interfacce uomo-macchina di input ed output rimangono degli ostacoli la cui risoluzione è ancora in fase di lavorazione [14]. In questa parte vedremo in che misura questi prerequisiti siano stati soddisfatti e quali sono gli ostacoli che impediscono ancora oggi il loro raggiungimento.

6.1. TIME-SHARING

Nel presentare la discrepanza che esiste tra la velocità della mente umana e quella di un calcolatore, Licklider lamentò all'epoca(1960), l'impossibilità di dedicare la capacità di calcolo di un computer a larga scala per singolo individuo, poiché la collaborazione in tempo reale tra un computer a larga-scala e la singola persona sarebbe venuta a costare troppo a causa del valore dei calcolatori dell'epoca, e sarebbe comunque stato troppo veloce per un uso individuale[1]. Licklider avanza la possibilità di utilizzare un sistema di time-sharing, in modo da dividere il tempo di impiego dell'unità di calcolo centrale tra più utenti, risparmiando in costi economici e guadagnando in efficienza di impiego.[1]

Nel formulare il primo problema “speed mismatch between man and computer”, Licklider non tiene conto del futuro proliferare dei personal computer ad un prezzo di mercato accessibile, un’anticipazione che nel 1960 era troppo grande anche per lo stesso Licklider. [14] [12]

Oggi abbiamo vaste librerie digitali, database e la visione di Licklider di collegare unità centrali in un’unica vasta linea di comunicazione si è concretizzata nel vasto sistema di reti, che interconnettono in massa i calcolatori di tutto il mondo, conosciuto come Internet , e che racchiude la predizione di Licklider of “thinking centers” basata sul time-sharing dei calcolatori. [18] [12]

6.2. MEMORIA: DIMENSIONI, VELOCITA’ E ORGANIZZAZIONE

“Clark introduced Licklider to the computing advances of the TX-2, a computer ‘which contained 64,000 bytes of memory (as much as a simple handheld calculator today) [and that] took up a couple of rooms” [15]

I computer oggi hanno raggiunto una capacità di memorizzazione di informazioni quasi illimitata, rispetto al 1960, che oscillava intorno a qualche decina di Kilobyte. [14] [5] Anche la velocità di recupero dei dati memorizzati è molto alta e fortemente affidabile, anche se il problema della velocità persiste. [14] [6]

6.3. DIFFERENZE DI LINGUAGGIO TRA L’UOMO E LA MACCHINA

Quando Licklider presentò la sua idea di simbiosi, teorizzò la possibilità di sviluppare software in grado di permettere alle persone di pensare e interagire con un computer allo stesso modo con cui noi pensiamo e interagiamo con un collega che integra le sue competenze con le nostre. Ancora oggi però, è raro imbattersi in applicazioni per computer in grado di avvicinarsi all’idea di comunicazione e collaborazione prevista da Licklider, e che dovrebbe rispecchiare quella umana. [7] Infatti, proprio la differenza tra il linguaggio dell’uomo e quello della macchina, venne indicato da Licklider, come uno degli ostacoli maggiori che si sarebbe dovuto affrontare per raggiungere la vera simbiosi uomo macchina. [1] Lo stesso anno in cui Licklider scrisse l’articolo sulla simbiosi, i linguaggi di programmazione vennero sviluppati. [14]

A riguardo Licklider scrisse:

“It is reassuring, however, to note what great strides have already been made, through interpretive programs and particularly through assembly or compiling programs such as FORTRAN, to adapt computers to human language forms. The “Information Processing Language” of Shaw, Newell, Simon, and Ellis [24] represents another line of rapprochement. And, in ALGOL and related systems, men are proving their flexibility by adopting standard formulas of representation and expression that are readily translatable into machine language. For the purposes of real-time cooperation between men and computers, it will be necessary, however, to make use of an additional and rather different principle of communication and control.” [1]

Sebbene quindi nel 1960 alcuni linguaggi di programmazione come FORTRAN (conosciuti come programmi assembly o di compilazione) avevano aiutato a creare un ponte tra il linguaggio dei sistemi umani e il linguaggio dei sistemi computerizzati, Licklider sentiva che una differenza più profonda, nella struttura del linguaggio, doveva essere raggiunta. Osservò che il linguaggio dei computer, basato su istruzioni step-by-step, specificavano il corso d’azione, mentre il linguaggio umano, basato sull’incentivazione e motivazione, specificava gli obiettivi. Licklider sentiva che il linguaggio dei computer doveva diventare più simile al linguaggio dell’uomo (goal oriented) perché potesse verificarsi la simbiosi. Questa linea di pensiero è possibilmente legata alla visione dei computer accessibili ad una larga fascia di utenti, con capacità tecniche meno sviluppate. Per questo Licklider considera il linguaggio una barriera, che bisogna minimizzare per

incoraggiare un effettiva interazione tra il computer e l'uomo, con il computer che deve conformarsi di più alla sua controparte umana. [5]

Bill Manaris (1998), basandosi su quanto detto da Day and Boyce [40] scrisse che più l'uso dei computer si espande attraverso la società, influenzando vari aspetti della vita umana, maggiore sarà l'eterogeneità che caratterizza gli utenti possessori di computer. E proprio perché molti dei proprietari di computer non sono utenti esperti, ma bensì necessitano l'impiego dei calcolatori in altri campi in cui sono maggiormente esperti, che le interfacce utente dovrebbero incorporare linguaggi di comunicazione naturale, in grado di migliorare la comunicazione tra l'uomo e la macchina. [39]

Molti studi si sono concentrati nella prova di ricreare una comunicazione tra l'uomo e la macchina impiegando un linguaggio naturale, attualmente modelli naturali di comunicazione attraverso la gestualità o il parlato sono caratteristiche comuni delle tecnologie desktop. [9]

Lesh et al. in uno studio che presenta gli elementi fondamentali della simbiosi HC, propone l'impiego della comunicazione non verbale per il raggiungimento di una comunicazione naturale tra l'uomo e i calcolatori. La comunicazione non verbale si basa sull'uso della gestualità, considerata fondamentale per l'interazione umana, e i movimenti del corpo (i.e. mani, faccia, postura del corpo, atteggiamento del corpo, gambe, piedi), infatti i molti incontri faccia-a-faccia la parola e la gestualità si intrecciano. La gestualità, in comunicazione, è un mezzo che permette di trasmettere fiducia, intenzioni e desideri, tutte informazioni utili che riguardano l'individuo, e che possono essere impiegate dal partner in una conversazione. Una delle informazioni aggiuntive che la gestualità fornisce, e che è stato il focus della ricerca di Lesh et al. in HCI, è la capacità di trasmettere coinvolgimento (i.e. è il processo per cui due o più partecipanti stabiliscono, mantengono, e interrompono la connessione percepita l'uno con l'altro). Il coinvolgimento può essere comunicato con qualsiasi parte del corpo, i maggiori indicatori di coinvolgimento sono lo sguardo, il movimento della testa, il movimento delle braccia e l'atteggiamento del corpo)

Nello studio condotto da Lesh et al. per dimostrare che la comunicazione non verbale, può servire a realizzare una comunicazione naturale nelle interazioni uomo-macchina, viene impiegato un robot, dotato di un corpo e un cervello, in grado di conversare con le persone, decifrando i gesti non-verbali attraverso la raccolta di dati sensoriali, e creando coinvolgimento. Il robot è in grado di individuare una persona e tracciarne il movimento della testa, e localizzare la voce associandola con una delle facce che vede nella stanza per distinguere il partner di una conversazione. Il robot ha inoltre la capacità di comunicare attraverso la gestualità corporea e tenere traccia della gestualità dell'individuo coinvolto nella conversazione. Lo studio ha dimostrato che la gestualità non verbale ha un impatto sul partner umano della conversazione, infatti facendo un confronto tra il robot che non usa comportamenti atti a creare coinvolgimento con uno che usa tutto il suo potenziale, i soggetti umani coinvolti nell'esperimento hanno dimostrato di essere inconsciamente più coinvolti nel secondo caso, quando il robot era attivo. [7] Questo studio ha dimostrato come la capacità di coinvolgimento, possa essere impiegata in future interazioni tra l'uomo e i robot per costituire una forma naturale di comunicazione.

6.4. INPUT AND OUTPUT EQUIPMENT

Infine Licklider si occupò del problema delle apparecchiature di input/output e dei loro limiti, identificandoli come il campo di studio meno sviluppato nel computing. [5]

Oggi con l'interesse emergente nella simbiosi uomo-macchina cresce il bisogno di trovare sistemi di input adeguati a questo paradigma. [8] Negri et al., basandosi su un recente studio, che mostrava come l'impiego di ambienti immersivi che richiedessero di utilizzare i movimenti del corpo e la gestualità naturale per interagire con un grande dataset, fossero più proficui rispetto ai normali desktop PC, svolgono una ricerca comparativa per mettere a confronto la performance e la user experience (UX) in relazione a tre

differenti sistemi di input, in una interazione con oggetti virtuali in un ambiente immersivo di mixed-reality. Nella ricerca viene confrontata una comune interazione con mouse e tastiera, con due tipi di interazioni mediate da input gestuali (un Kinect360 modificato, che richiede anche l'uso del mouse per interagire e un KinectOne). [8] I risultati della ricerca di Negri et al., mostrano che riguardo alle performance, misurate in base al tempo impiegato dall'utente per completare ogni task, la tastiera e il mouse si è rivelato un sistema di input veloce, rispetto agli altri due strumenti. Invece, nonostante i sistemi di input gestuale si sono rivelati lenti per eseguire le task, il Kinect One è stato valutato dagli utenti come uno dei sistemi di input più piacevoli. [8] Quindi sebbene l'uso della tastiera e il mouse mostra un'efficienza migliore, in un ambiente altamente immersivo, un sistema di input gestuale o basato sul movimento del corpo che non richiede l'uso di artefatti fisici (il mouse impiegato per il Kinect360) sembra essere preferito dagli utenti, dimostrando che per i sistemi simbiotici immersivi, gli input basati sulla gestualità sono più appropriati. [8]

7. APPLICAZIONI DELLA SIMBIOSI IN TRE DIVERSI CAMPI: INTERFACCE BRAIN-COMPUTER, INFORMATION SEEKING, DISPOSITIVI INDOSSABILI

Negli ultimi anni sono stati fatti diversi sforzi per esplorare una relazione simbiotica tra l'uomo e il computer in diversi domini. [8]

Nel campo del recupero delle informazioni in scenari complessi, la ricerca recente ha affrontato l'argomento relativo all'impiego di misure fisiologiche per inferire lo stato cognitivo e affettivo dell'utente, che il sistema potrebbe prendere in considerazione per adattare in tempo reale l'interazione. A tale scopo sono state impiegate anche le interfacce neurali. Altri autori si sono impegnati nello sviluppo di questionari per misurare l'esperienza dell'utente relativa all'uso di dispositivi indossabili per sistemi simbiotici, o su come incrementare le capacità cognitive di chi indossa queste tecnologie. [8] Nei prossimi capitoli, ci concentreremo esclusivamente su tre argomenti, interessati dal paradigma della simbiosi uomo-macchina: interfacce del cervello-computer, information seeking e dispositivi simbiotici indossabili.

7.1. SIMBIOSI BRAIN-COMPUTER

Quando Licklider scrisse l'articolo scientifico "man-computer symbiosis", la sua visione sull'argomento era da considerarsi più contenuta rispetto ad oggi. L'obiettivo era di investigare in che modo la mente umana e i calcolatori si sarebbero legati in una relazione di collaborazione reciproca dove, le capacità dell'uomo e della macchina lavorassero come una singola unità. Oggi l'obiettivo rimane lo stesso, ma ciò che cambia, rispetto al 1960, è la possibilità di poter sperimentare nuovi modi per rafforzare il legame uomo-macchina. L'impiego di interfacce neurali (brain-computer interfaces o BCIs), per raggiungere un nuovo livello di simbiosi è uno di questi.

7.1.1. INTERFACCE NEURALI

Le interfacce neurali sono state oggetto di studio per quasi trent'anni, tuttavia solo i recenti progressi nella neuroscienza cognitiva e nelle tecnologie di neuroimmagine hanno iniziato a offrire la possibilità di interfacciarsi direttamente con il cervello umano. Questa capacità è resa possibile attraverso l'utilizzo di sensori che possono monitorare alcuni dei processi fisici che si verificano all'interno del cervello, i quali corrispondono a determinate forme di pensiero. [15]

Le tecnologie di neuroimmagine consentono di osservare i cambiamenti elettrici, chimici o di flusso sanguigno mentre il cervello elabora informazioni o risponde a vari stimoli.

Usando queste tecniche possiamo produrre immagini significative della struttura e dell'attività del cervello. Esaminando queste immagini, possiamo inferire alcuni processi cognitivi specifici che si verificano nel cervello in un dato momento. [15]

I ricercatori hanno utilizzato queste tecnologie per costruire interfacce neurali, sistemi di comunicazione che non dipendono dai normali percorsi di output cerebrali dei nervi e dei muscoli periferici. In questi sistemi gli utenti manipolano in maniera esplicita l'attività cerebrale anziché utilizzare movimenti motori per produrre segnali che possono essere usati per controllare i computer o i dispositivi di comunicazione. [15]. Sono state studiate le interfacce neurali, con la motivazione primaria di fornire tecnologie assistive per le persone con gravi disabilità motorie. Le velocità troppo basse, il tasso di errore elevato, la suscettibilità agli artefatti e la complessità dei sistemi BCI sono state le sfide per l'implementazione di applicazioni pratiche. Recentemente le tecnologie hanno migliorato le prospettive per le applicazioni BCI, rendendole promettenti non solo come tecnologie assistive ma anche per applicazioni mainstream. [16]

La diagnostica per immagini consente ai ricercatori di identificare le reti neurali coinvolte nei processi cognitivi, di comprendere le vie metaboliche delle malattie, di riconoscere e diagnosticare le malattie nelle prime fasi del decorso, quando il trattamento delle medesime è più efficace. Permette infine di determinare il funzionamento delle terapie.

Possono aiutare i ricercatori a capire come funziona un cervello normalmente funzionante mostrando quali aree cerebrali sono attive durante determinate attività e quali tipi di variazioni esistono tra vari individui.

Ci sono due classi generali di tecnologie di neuroimmagine: tecnologie invasive, in cui i sensori vengono impiantati direttamente sul o nel cervello, e tecnologie non invasive, che misurano l'attività cerebrale servendosi di sensori esterni.

Sebbene le tecnologie invasive forniscano una elevata risoluzione temporale e spaziale, solitamente possono monitorare solo regioni molto piccole del cervello. Inoltre queste tecniche richiedono procedure chirurgiche che spesso portano a complicazioni mediche nel momento in cui il corpo si adatta, o non si adatta, agli impianti. Per questo motivo, le tecnologie non invasive che utilizzano solamente sensori esterni, come l'elettroencefalogramma (EEG) e la spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS), che si avvalgono di dispositivi relativamente poco costosi, portatili e sicuri, sono le più utilizzate e importanti *tecnologie di neuroimmagine* per l'applicazione di interfacce neurali nel campo HCI. [15] L' EEG utilizza elettrodi disposti direttamente sul cuoio capelluto per misurare i potenziali elettrici deboli generati dall'attività nel cervello. Nell'elettroencefalogramma i segnali hanno la tendenza ad essere appiattiti e piuttosto disturbati a causa dei fluidi, dell'osso e della pelle che separano gli elettrodi dall'attività elettrica vera e propria. Mentre le misurazioni EEG hanno una buona risoluzione temporale con ritardi di qualche decina di millisecondi, la risoluzione spaziale tende ad essere bassa, in quanto va al massimo a circa 2-3 cm di precisione, e di solito pure peggio (ad esempio due centimetri sulla corteccia cerebrale potrebbero fare la differenza fra l'inferire che l'utente sta ascoltando musica quando in realtà sta solo spostando le mani. Si noti che questa è la tecnologia predominante in campo BCI. [15]

La tecnologia fNIRS funziona proiettando luce diffusa nel vicino infrarosso nel cervello partendo dalla superficie del cuoio capelluto e misurando le variazioni ottiche a varie lunghezze d'onda quando la luce viene riflessa nuovamente verso l'esterno. FNIRS può essere utilizzato per costruire mappe funzionali dell'attività del cervello. Le immagini hanno una risoluzione spaziale relativamente alta (<1 cm) a scapito della risoluzione temporale inferiore (>2-5 secondi), limitata dal tempo necessario al sangue per fluire nella regione. [15] Nella ricerca sulle interfacce neurali che ha come scopo ultimo il controllo diretto dei computer la risoluzione temporale è di fondamentale importanza poiché gli utenti devono adattare la

propria attività cerebrale sulla base di feedback immediato fornito dal sistema. Quindi, anche se la bassa risoluzione spaziale di questi dispositivi porta ad una bassa velocità di trasferimento delle informazioni e una scarsa localizzazione dell'attività del cervello, la maggior parte dei ricercatori attualmente adottano EEG per via della elevata risoluzione temporale che offre. Tuttavia, nei tentativi più recenti di utilizzare le tecnologie di rilevamento neurale per misurare passivamente lo stato dell'utente, una buona localizzazione funzionale è fondamentale per modellare le attività cognitive degli utenti nella maniera più accurata possibile. Le due tecnologie si complementano l'un l'altra molto bene e i ricercatori devono accuratamente selezionare lo strumento adatto al loro compito specifico. C'è anche la possibilità di combinare le varie modalità, anche se non sono stati fatti ancora molti studi in merito. [15]

7.1.2. INTERFACCE NEURALI NELLA RICERCA SIMBIOTICA

In “Brain-based Indices for User System Symbiosis” vengono introdotti il concetto di modelli di operatore e l'utilità degli indici cerebrali nella creazione di sistemi informatici che rispondono più simbioticamente alle esigenze umane. [17]

Erp et al. hanno affermato che per sostenere la nuova simbiosi umano-computer, le interfacce di nuova generazione debbano includere la comprensione e l'anticipazione delle intenzioni dell'utente, applicando direttamente il concetto di simbiosi fra sistema e utente alle interfacce cerebrali e all'EEG.

Erp et. al. presentano un sistema simbiotico umano-computer efficiente, basato su diversi modelli di informazione. Per supportare la simbiosi umano-computer, vengono individuati quattro modelli di informazione (cioè il modello operatore chiamato anche modello utente, il modello compito, il modello sistema e il modello contesto) da essere integrati fra loro (Figura 1) [17]

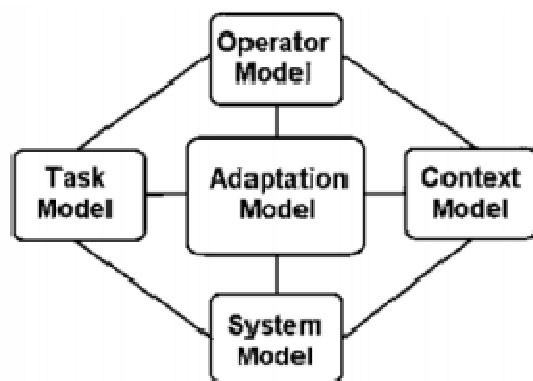


Fig.1 modelli di informazione per la simbiosi umano-computer

La simbiosi uomo-sistema richiede che le informazioni da tutti i modelli vengano integrate, per una accurata e più utile interpretazione dell'utente. Brevemente spieghiamo le funzioni dei singoli modelli: il modello compito (task model) contiene informazioni sulle richieste del task che influenzano le prestazioni e lo sforzo dell'operatore umano; il modello sistema contiene informazioni tecniche sui diversi componenti del sistema; il modello contesto contiene informazioni di alto livello sul componente umano nel suo ambiente; infine il modello più importante per la ricerca di Erp et al. è il modello operatore che contiene una grande varietà di informazioni sul singolo operatore, quali ad esempio prestazioni generali, preferenze e capacità. Il modello di operatore contiene anche informazioni sul task attivo corrente, informazioni sul

livello di carico previsto e un'indicazione sul livello di carico effettivo. Il carico di lavoro è il parametro indagato da Erp et al. nei segnali cerebrali, infatti per un continuo aggiornamento delle informazioni il sistema simbiotico richiede ogni sorgente di dati disponibile che comprende gesti, espressioni facciali, stati emotivi espressi dalla voce e misure fisiologiche, fra le quali Erp et al. includono gli indici cerebrali utili per indicare il livello di carico effettivo. [17]

Erp et al. si concentrano sul ruolo degli indici cerebrali o delle misure cerebrali del modello utente, considerando queste ultime informazioni utili per le simbiosi uomo-macchina, essendo in grado di indicare il livello del carico di lavoro a cui è sottoposto l'utente. [17] Il carico di lavoro è considerato un parametro chiave e la maggior parte delle misure fisiologiche si occupa del carico di lavoro. Erp et.al suggeriscono di utilizzare i segnali cerebrali, in quanto questi possono essere impiegati come indicatori in tempo reale per le informazioni sul carico di lavoro, eventualmente in combinazione con altri indicatori (soggettivi, di performance o fisiologici). [17] Per una futura simbiosi fra utente e sistema, un modello operatore dovrebbe contenere più parametri rispetto al carico di lavoro, ad esempio impegno, confusione e stato emotivo.[17] Nello studio degli indici cerebrali Erp et al. constatano che ci sono misure relativamente affidabili per identificare uno stato di vigilanza o di sonnolenza dell'utente. Diversi esperimenti mostrano risultati promettenti per l'utilizzo di misure cerebrali per adattare il carico di lavoro allo stato dell'utente. [17] E' infatti possibile attraverso l'impiego delle misure cerebrali individuare situazioni in cui l'utente che svolge una serie di compiti si trova in una condizione di basso carico di lavoro, o di sovraccarico. Invece sembra che gli indici cerebrali non siano in grado di identificare con esattezza il momento in cui l'utente versa in condizioni di carico elevate [17] Inoltre Erp et al. affermano che un sistema simbiotico dovrebbe intervenire sulla performance dell'operatore solo nel caso di tre condizioni di carico indesiderate ossia, un basso carico di lavoro, le condizioni di sovraccarico e in alcuni casi anche in condizioni di carico elevate. In condizioni di carico ridotto il sistema simbiotico deve intervenire immediatamente (ad es. aggiungendo ulteriori compiti per l'operatore) quando l'attenzione dell'operatore non è più in un stato di allerta, infatti un basso carico di lavoro può degradare le prestazioni degli utenti mentre una riallocazione delle attività può riportare i livelli di carico alla normalità e ottimizzare le prestazioni.

Nelle condizioni di sovraccarico, il sistema dovrebbe intervenire immediatamente per ridurre le richieste del compito a un livello in cui l'operatore può raggiungere buone prestazioni con ulteriori sforzi fino a ridurre le richieste del task a livelli di carico normali. Quando devono essere elaborate troppe informazioni l'operatore non può più ottenere un livello di prestazioni accettabile.

In condizioni di carico elevato il sistema simbiotico non ha bisogno di intervenire immediatamente, ma dovrebbe monitorare la capacità dell'operatore in tempo per impedirgli di affaticarsi o di necessitare di un lungo tempo di recupero. Infatti, a livelli elevati di carico di lavoro, l'operatore è in grado di mantenere un elevato livello di prestazione, come quando si trova sotto i normali livelli di carico. Tuttavia questo non può essere prolungato per molto tempo senza costi aggiuntivi. Gli operatori diventano più affaticati, il che potrebbe portare ad un aumento nel numero di errori. Inoltre, il tempo di recupero che segue il periodo di lavoro sarà più lungo. [17]

Schalk, in "Brain-Computer Symbiosis", introduce il concetto di simbiosi neurale per superare le limitazioni delle capacità di input e output dei nostri corpi utilizzando interazioni dirette con il cervello. Questa visione è guidata dalla velocità di comunicazione e dall'analisi delle diverse interfacce e dei loro poteri comunicativi. Vengono presi in considerazione sia il processo di decodifica delle informazioni che quello di indicazione delle stesse nel cervello. [13]

“Ancora oggi non siamo in grado di poter beneficiare pienamente della potenza dei calcolatori.” [18]

Questo impedimento secondo Schalk è dovuto alle interfacce impiegate dall'uomo per comunicare con il computer. Schalk, considerando i limiti fisici delle interfacce basate unicamente sull'input e l'output del corpo, propone di impiegare un'interfaccia di tipo brain-computer, che permetta una diretta comunicazione tra il cervello umano e il computer, così da superare i limiti imposti dalle vecchie interfacce. [18] Tra i vantaggi, di una BCI Schalk indica anche una serie di problemi che attualmente stanno rallentando l'utilizzo di queste nuove interfacce.

Il Problema della Risoluzione

Un primo problema risulta essere la risoluzione con cui si riescono a leggere i segnali del cervello. Il sensore ideale dovrebbe ottenere un esatto campione elettrico e chimico da ogni cellula del cervello, ma di fatto ciò rimarrà probabilmente impraticabile e questa restrizione può in ultima analisi limitare i tipi di interazione possibile. Inoltre, studi recenti hanno dimostrato che le informazioni rilevanti sono ampiamente distribuite nella corteccia. Questo è un problema che può essere aggirato, in quanto alcuni risultati della ricerca indicano che è possibile acquisire informazioni sostanziali dal cervello senza registrare dai potenziali d'azione.[18]

Praticabilità delle Procedure Invasive

Il secondo limite è legato alla praticabilità delle procedure cosiddette invasive. I vantaggi e i rischi del BCI per gli utenti non dipendono tanto dal tipo di interfaccia utilizzata, quanto dal livello di invasività. Ci sono forti prove che informazioni dettagliate possono essere acquisite dal cervello senza penetrarlo.

[18] Il tipo non invasivo è costituito da elettrodi disposti sul cuoio capelluto che fanno parte dell'apparecchiatura necessaria per registrare l'EEG. Poiché non richiedono la chirurgia intracranica e l'impianto di un dispositivo nel cervello, non comportano rischi di infezione o emorragie. Allo stesso tempo, tuttavia, non possono leggere con prontezza i segnali dalla corteccia motoria perché il cranio tende a inquinarli. Invece l'elettrocorticografia (ECoG), nella quale gli elettrodi vengono impiantati epiduralmente o subduralmente, può decodificare più facilmente i segnali corticali motori rispetto agli elettrodi disposti sul cuoio capelluto perché non sono suscettibili all'inquinamento craniale. Ma comportano un certo rischio di infezione e di emorragia. [19] Schalk propone che i sensori e le procedure di impianto possono con tutta probabilità essere ulteriormente ottimizzate, in modo tale che l'impianto potrebbe essere collocato in una operazione chirurgica di minore entità e potrebbe fornire registrazioni stabili a lungo termine. Ma ha anche affermato che qualsiasi intervento chirurgico limiterà sempre i potenziali utenti a quelli che possono trarre un notevole beneficio da questa tecnologia.[18] Poiché una serie di nuove tecnologie di sensori (ad es. dispositivi che possono misurare la liberazione del neurotrasmettitore con un'elevata risoluzione spaziale) che potrebbero completare o sostituire metodi tradizionali elettrofisiologici (cioè EEG, ECoG e le registrazioni dei singoli neuroni) richiedono una procedura invasiva, questo problema potrebbe continuare a impedire la diffusione su larga scala di BCI. [18] Inoltre, Tan et al. in accordo con Schalk hanno aggiunto che, una volta impiantate, queste tecnologie non possono essere spostate per misurare diverse regioni del cervello. Queste tecniche sono inadatte per il lavoro di interazione umano-computer e per l'applicazione generica di tipo consumer. [15]

Questioni Etiche

Il terzo problema sollevato da Schalk sono le questioni etiche legate all'uso di BCI, simili a qualsiasi altro tipo di tecnologia che presenta potenziali benefici ma anche un'inerente preoccupazione di natura etica, che riguardano principalmente problemi di privacy e responsabilità. [18]

Nelle BCI, le informazioni devono necessariamente essere elaborate da un computer; ciò suscita preoccupazioni in materia di privacy, poiché queste informazioni non possono essere saldamente memorizzate e quindi sono accessibili a terzi. Tra l'altro la capacità di indurre le informazioni nel cervello da un computer, presenta il rischio di accessi non autorizzati al computer e di alterazione delle informazioni da parte di terzi, che possono consentirgli di influenzare le nostre azioni. La società avrà il compito di stabilire le linee guida necessarie per l'uso responsabile di questa nuova tecnologia. La seconda preoccupazione è la responsabilità. In circostanze normali, siamo pienamente responsabili delle nostre azioni, tuttavia, se il nostro intento dovesse subire l'influenza di un'interfaccia neurale, un semplice errore nell'individuazione dell'intento corretto potrebbe produrre azioni incorrette. In questo caso si presenta un problema di responsabilità su chi debba essere considerato responsabile per i danni potenziali, se si tratti del fornitore dell'algoritmo di rilevazione o dell'individuo. Inoltre presenta anche il problema di dimostrare che l'intento dell'utente sia stato rilevato in modo errato. [18]

Analfabetismo BCI

Un altro problema, che però Schalk non considera, ma che viene sollevato da Allison BZ et al. è un fenomeno che alcuni gruppi chiamano "analfabetismo BCI". I sistemi di interfaccia neurale (BCI) possono fornire comunicazione e controllo per molti utenti, ma non per tutti gli utenti. Numerosi studi di laboratorio riportano che circa il 20% dei soggetti non raggiunge un livello di competenza adeguato con un tipico sistema BCI e non ottiene il controllo. Questo problema interessa i tre principali approcci BCI non invasivi (P300 BCI basati su flash intermittenti, SSVEP BCI basati su luci oscillanti e ERC BCI basate sul movimento immaginato) e attraverso implementazioni differenti di questi approcci in diversi laboratori.

Sono state esplorate alcune possibili soluzioni per ovviare a questo problema, come il miglioramento degli sforzi di elaborazione del segnale, la correzione degli errori, un addestramento completo del soggetto, nuovi compiti o istruzioni. Questi approcci non hanno portato a un BCI che funziona per tutti gli utenti, hanno avuto successo solo in parte. Mentre queste opzioni possono far funzionare i BCI per alcuni utenti precedentemente "analfabeti", alcune persone rimangono incapaci di utilizzare un particolare sistema BCI e questi soggetti potrebbero solo raggiungere un livello alto di competenza passando ad un altro approccio. Non esiste un "BCI universale", che funzioni per tutti, non è mai stato sviluppato, probabilmente perché una piccola minoranza di utenti non può produrre modelli rilevabili di attività cerebrale necessari per controllare un particolare BCI. In alcuni utenti, i sistemi neuronali necessari per il controllo potrebbero non produrre attività elettrica rilevabile sul cuoio capelluto. [20]

Informazioni Limitate dai Segnali Cerebrali

Tan D. e Nijholt A. sottolineano che al livello attuale della nostra comprensione, le tecniche di neuroimmagine ci consentono di comprendere solo i processi cognitivi generali e non la l'intero arco semantico dei nostri pensieri. L'imaging del cervello non coincide, in generale, con la lettura della mente. Ad esempio, anche se possiamo probabilmente dire se un utente sta elaborando la lingua, non possiamo determinare con facilità la semantica del contenuto. Entrambi si augurano che la risoluzione alla quale siamo in grado di decifrare i pensieri cresca insieme alla nostra comprensione del cervello umano e del pensiero astratto, ma poco di quanto da loro scritto viene predicato sulla base dell'effettiva realizzazione di detti miglioramenti. [15]

Gamberini et al. hanno realizzato il progetto MindSee, che mira a sviluppare un'applicazione di ricerca delle informazioni che esemplifica la fruttuosa simbiosi della moderna tecnologia di interfaccia neurale con

l'interazione nel mondo reale fra uomo e computer (vedi capitolo # **"Symbiotic system for Information Seeking"**). Il risultato sarà un sistema di recupero di informazioni all'avanguardia che sovraperforma gli strumenti più avanzati, più che raddoppiando le prestazioni di ricerca di informazioni in compiti realistici. Come soluzione innovativa, MindSee propone di fondere EEG - come sensore principale - con sensori fisiologici periferici (EDR, fEMG, sguardo e pupillometria) e informazioni contestuali per acquisire in modo discreto misure implicite di percezione, cognizione e emozione. Le stime in tempo reale di questi stati utente impliciti o nascosti verranno utilizzati per integrare la tastiera e l'input gestuale in un'applicazione reale delle ricerche sulla letteratura scientifica in cui l'esplorazione delle informazioni dell'utente è guidata dal co-adattamento con il computer. Il sistema di ricerca delle informazioni simbiotico proposto fornirà una vasta gamma di risorse di visualizzazione che adattano le informazioni recuperate in base alla sua rilevanza, alla complessità ergonomica cognitiva e alle proprietà estetiche. [21]

7.2. SISTEMA SIMBIOTICO PER LA RICERCA DI INFORMAZIONI

In un'analisi del tempo e del movimento del lavoro mentale di una persona impegnata in attività tecniche, Licklider ha avuto osservato che:

"Circa l'85% del tempo che passo a "pensare " è stato speso per porsi nella giusta posizione per pensare, prendere una decisione, imparare qualcosa che necessito di sapere. Molto più tempo è stato speso a trovare o ottenere informazioni che a digerirle ... Durante tutto il periodo da me esaminato esaminato, insomma, il tempo in cui pensavo (il 'thinking time') era dedicato principalmente a attività che erano essenzialmente impiegate o meccaniche: ricerca, calcolo, plotting, trasformazione, determinazione delle conseguenze logiche o dinamiche di una serie di assunzioni o ipotesi, preparando la strada per una decisione o una qualche visione". [1]

In queste frasi Licklider metteva in discussione il tempo che stava spendendo nella ricerca di materiali per il suo lavoro, cosa che lo ha portato a sostenere l'uso di computer, in sostanza "liberare l'uomo da compiti mondani". Fin dai primi giorni dei computer, la ricerca (di informazioni/dati) è stata un'applicazione fondamentale che ha dato spinta alla ricerca e allo sviluppo. Le moderne applicazioni di archiviazione e recupero di dati variano da sistemi di database che gestiscono la maggior parte dei dati strutturati del mondo ai motori di ricerca Web che forniscono l'accesso a petabyte di dati di testo e multimediali. Poiché i computer sono diventati prodotti di consumo e Internet è diventato un mezzo di comunicazione di massa, le ricerche su Web sono diventate attività quotidiane per tutti specialmente per i ricercatori.[31] Mentre l'avvento del Web ha notevolmente aumentato l'accesso ai dati, può essere ancora estremamente difficile scoprire dati rilevanti e attribuirgli un senso una volta trovati. Il sovraccarico dell'informazione è diventato un problema significativo per molti di noi, soprattutto data la nostra apparentemente insaziabile sete di conoscenza. Solo una piccola parte delle informazioni che incontriamo è in realtà rilevante per la nostra attività corrente. Per garantire che solo le informazioni più pertinenti ci raggiungano in qualsiasi momento, devono essere impiegati degli agenti d'incremento per controllare il nostro tasso di consumo delle informazioni. [32]

7.2.1. RICERCA DI OGGETTI NOTI E RICERCA ESPLORATIVA

Dato che le informazioni diventano più onnipresenti e le esigenze che i ricercatori hanno nei sistemi di ricerca crescono, è necessario offrire un supporto ai comportamenti di ricerca che vada oltre una ricerca semplice. La ricerca di informazioni è il processo o l'attività che consta nel tentativo di ottenere informazioni in ambito sia umano che tecnologico. [32] L'effetto a catena dell'accesso pervasivo alle

informazioni, associato alla crescita attesa nella rosa dei tipi di attività di ricerca intraprese, pone nuove sfide alla teoria della ricerca di informazioni e alla progettazione di sistemi di supporto alla ricerca di informazioni.[32] I sistemi più recenti di recupero delle informazioni (ricerca) sono orientati all'aiutare un utente a trovare in modo rapido ed efficace un particolare elemento. L'elemento può essere un documento, una posizione geografica, un aneddoto, ecc. Questo approccio è buono quando una singola informazione può soddisfare la necessità d'informarsi dell'utente. [33] I motori di ricerca, i database bibliografici e le biblioteche digitali forniscono un supporto adeguato agli utenti il cui bisogno di informazioni sono ben definiti. Tuttavia, esiste la possibilità di ricercare e sviluppare miglioramenti per le interfacce di ricerca correnti in modo che gli utenti possano avere successo più spesso in situazioni in cui: manca la conoscenza o la consapevolezza contestuale per formulare query o navigare spazi complessi di informazioni; l'attività di ricerca richiede la navigazione e l'esplorazione (browsing); l'indicizzazione del sistema delle informazioni disponibili è inadeguata.[34] La ricerca può essere generalmente suddivisa in due categorie: ricerca di oggetti noti e ricerca esplorativa. Nella ricerca di oggetti noti, l'utente ha in mente un risultato di ricerca specifico. D'altra parte, nella ricerca esplorativa l'obiettivo è mal definito e cambia con il progredire della ricerca stessa. Le tecniche di recupero delle informazioni tradizionali si concentrano principalmente sulla ricerca di oggetti noti. Tuttavia, la ricerca esplorativa sta diventando sempre più importante in quanto il Web si sta tramutando in una delle principali fonti di apprendimento e di scoperta. La ricerca d'informazioni esplorativa è nota per essere complessa e difficile da supportare a causa della sua natura intrinsecamente aperta e dinamica. Si presenta in situazioni in cui è necessario ricavare informazioni da un dominio per il quale l'utente nutre un interesse generale, ma del quale non possiede una conoscenza specifica. [35]

La ricerca esplorativa si riferisce ad un tipo specifico di ricerca di informazioni che è aperta, continua e in continua evoluzione. La natura evolutiva della ricerca esplorativa, inoltre, fornisce al computer quei dati sequenziali che possono essere utilizzati per stimare lo stato utente e i suoi intenti con il progredire delle operazioni di ricerca. In questo senso, il sistema supporta l'interrogazione basandosi sulle azioni di indirizzamento dell'utente, sull'organizzazione sequenziale dell'interazione utente e sui metadati di query. Il sistema inoltre adatta la visualizzazione delle informazioni determinando quando ne determina i tempi e la rappresentazione visiva. [36] I ricercatori esplorativi mirano a risolvere problemi complessi e sviluppare capacità mentali avanzate. I sistemi di ricerca esplorativa li supportano attraverso relazioni simbiotiche tra computer e uomo che forniscono indicazioni per esplorare paesaggi informativi sconosciuti. [32] I sistemi di ricerca esplorativi efficaci mantengono un equilibrio tra attività analitiche e di navigazione e supportano una relazione di ricerca simbiotica tra il cercatore e il sistema.[32] Nella valutazione dei sistemi di ricerca esplorativa (ESS), è impossibile separare completamente il comportamento umano dagli effetti del sistema, poiché gli strumenti sono così strettamente legati agli atti umani da diventare simbiotici. Questa simbiosi è voluta, i sistemi di ricerca esplorativi si comportano alla stregua di protesi cognitive e devono essere strettamente legati all'utente e alle sue intenzioni.[32] Recentemente, i ricercatori si sono concentrati sullo sviluppo di nuovi sistemi e interfacce per supportare le attività di ricerca esplorativa. È anche necessario comprendere i comportamenti e le preferenze degli utenti impegnati in una ricerca esplorativa, attività supportate da ESSs e misure del successo esplorativo. [32] I sistemi di ricerca esplorativi faranno uso di progressi tecnologici significativi per supportare la simbiosi uomo-macchina durante il processo di ricerca. Gli utenti non saranno limitati all'uso di un computer desktop e di un puntatore del mouse per manipolare le informazioni visualizzate. Visori sensibili al tocco, ambienti immersivi, proiezioni olografiche, tracciamento oculare, riconoscimento vocale, sensori e dispositivi mobili consentono agli utenti di interagire più fluidamente con la tecnologia di ricerca e di esplorare gli spazi informativi del futuro. [32]

7.2.2. STUDI SULLA RICERCA ESPLORATIVA

In questa sezione vedremo due studi condotti sulla ricerca esplorativa.

Serim in una ricerca non esaustiva sul tema, ma con il solo intento di dare il via ad una discussione per lavori futuri che si concentreranno sulla prototipizzazione di scenari di ricerca esplorativi realistici (sulla sua proposta futura di progettazione), ha identificato potenziali direzioni di progettazione relative alla query e alla visualizzazione di informazioni negli scenari di ricerca esplorativa futuri, concentrandosi sulla visualizzazione delle informazioni e sulle nuove modalità di input. Queste direzioni di progettazione descrivono anche come la simbiosi uomo-macchina possa essere incrementata ulteriormente con il ruolo crescente di computer per la formulazione di query e tramite l'adattamento del display all'utente. [36] Partendo dal fatto che in una ricerca esplorativa il problema dell'informazione spesso comporta la valutazione, il confronto e la sintesi, gli odierni motori di ricerca non vengono incontro a tali esigenze d'informazione aperta, essendo orientati all'alta precisione piuttosto che alla massimizzazione del numero di oggetti possibilmente pertinenti. Serim con questa osservazione rivaluta le linee guida per la progettazione di sistemi che supportino la ricerca esplorativa. L'articolo illustra alcune potenziali interazioni che impiegano nuove modalità di ingresso come i segnali fisiologici (EEG, EDR, fEMG), lo sguardo dell'occhio e la pupillometria. Questo tipo di modalità di input infatti è in grado di espandere le risorse disponibili al sistema per inferire lo stato dell'utente, aumentando la capacità di collaborazione del sistema. Negli scenari di ricerca, tale input consente una maggiore capacità del computer di assegnare le risposte degli utenti agli elementi informativi. L'aumento della consapevolezza della risposta dell'utente implica anche possibili modifiche in merito a come l'utente esegua le query e a come il sistema presenti l'informazione nelle interfacce di ricerca del futuro. [36]

Molti degli spunti presenti nella ricerca di Serim vengono ripresi con il MindSee Project di Gamberini et al., trasportando i concetti descritti in "Query and Display of Information: Symbiosis in Exploratory Search Interaction Scenarios" sul lato pratico.

Il progetto MindSee

Gamberini et al. descrivono un approccio per il miglioramento dei sistemi attuali (recupero di informazioni e ricerca di dati in scenari complessi) a sostegno dell'esplorazione e della ricerca della letteratura scientifica, che generalmente adottano un paradigma di ricerca dell'informazione basato su query. Lo scopo principale del progetto MindSee è quello di creare un sistema simbiotico per l'esplorazione e il recupero della letteratura scientifica, di offrire un valido supporto alla ricerca di informazioni all'interno di banche dati complesse. L'obiettivo di un sistema simbiotico applicato alla ricerca dell'informazione sarebbe quello di aumentare l'efficienza dell'attività degli utenti utilizzando previsioni fisiologiche (fisiologia centrale e periferica) delle loro intenzioni (ad esempio, della rilevanza soggettiva degli elementi informativi mostrati sul schermo). L'approccio adottato da Gamberini et al. è quello di utilizzare un paradigma del sistema simbiotico, sfruttando i dati fisiologici centrali e periferici tramite l'uso di tecnologie BCI, insieme ai dati derivanti dal tracciamento oculare, per adattarsi al grado di rilevanza soggettivo e fluttuante dei risultati per gli utenti e al livello di soddisfazione di questi ultimi. Partendo da una piattaforma preesistente, il SciNet, un sistema di recupero all'avanguardia che include una banca dati di 50 milioni di documenti provenienti da importanti banche dati scientifiche e offre funzioni di feedback esplicito (ad esempio, modifiche manuali tramite mouse dell'organizzazione spaziale delle informazioni visualizzate), Gamberini et al. aggiornano questa piattaforma. [21] La strategia simbiotica tentata nel progetto MindSee fornisce una soluzione avanzata per la ricerca in un dominio sconosciuto o sottospecificato, tramite l'implementazione

di feedback implicito. Così facendo consente di raffinare le query senza richiedere all'utente di contrassegnare esplicitamente i primi risultati della query. [21]

In molte situazioni di ricerca esplorativa, è difficile, se non impossibile, formulare una query con precisione. Di conseguenza, gli utenti devono far fronte ad un notevole carico cognitivo. Il feedback sulla rilevanza fornisce un processo controllato e partizionato per modificare e migliorare la query iniziale passo dopo passo e viene considerato una soluzione standard per migliorare e dirigere il processo di ricerca in un dominio sottospecificato e incerto. Richiede agli utenti di fornire un feedback sul gradimento (o meno) dei documenti risultanti o delle loro caratteristiche, che vengono inizialmente restituiti da un sistema di recupero di informazioni a seguito di una determinata query e di utilizzare queste informazioni per modificare la query stessa. Il feedback degli utenti può essere esplicito o implicito. Il feedback esplicito significa feedback in cui gli utenti compiono attivamente una scelta fra i vari documenti o alcune loro caratteristiche. Pur essendo molto efficace quando viene utilizzata correttamente, la selezione di documenti o loro caratteristiche può essere cognitivamente degradante per gli utenti. È stato dimostrato che questo induce gli utenti ad abbandonare facilmente le caratteristiche del feedback e a riformulare le query stesse, piuttosto. Affinché il feedback esplicito si dimostri efficace, dovrebbe essere una parte di una naturale interazione con il sistema di recupero di informazioni o direttamente accompagnato da feedback implicito. Il feedback implicito viene dedotto dal comportamento dell'utente, ad esempio quali i documenti seleziona, la durata del tempo trascorso a visualizzare un documento o una porzione di testo all'interno di un documento o le azioni di scorrimento. Le tecniche di feedback esistenti determinano la rilevanza del contenuto solo nei confronti dei livelli cognitivi e situazionali dell'interazione, senza riconoscere l'importanza delle intenzioni e delle motivazioni. [21]

Il progetto MindSee mira a creare un coadattamento di sistemi utente e sistemi di calcolo che si basa su informazioni implicite o feedback implicito (ad esempio, fenomeni EEG accoppiati a misure fisiologiche periferiche). Il progetto intende costruire un sistema capace di prevedere le intenzioni di ricerca integrando, a livello multimodale, la neurofisiologia, la fisiologia periferica e i dati comportamentali e complementando i comandi utente espliciti con queste previsioni. Il progetto MindSee unisce lo sguardo degli occhi ai segnali fisiologici (ad es., EEG, EDR e fEMG) per l'interazione, qualcosa che è stato già esplorato da altri ricercatori, come abbiamo visto con Serim [36] ma anche Golenia et al. hanno costruito un'applicazione demo per il web moderno che sfrutta le informazioni di EEG e i dati di tracciamento oculare per la disambiguazione di una delle due possibili interpretazioni di un termine di ricerca ambiguo, in un compito di ricerca di informazioni [37]. Ciò che dimostra che i dati EEG e quelli del tracciamento degli occhi possono essere utilizzati per stimare la rilevanza delle immagini di una ricerca dell'utente e che è possibile risolvere le ambiguità dei risultati delle immagini utilizzando queste informazioni implicite.[37]

L'impiego di dati derivanti dal tracciamento degli occhi, nel progetto MindSee, per rilevare implicitamente la rilevanza delle informazioni visualizzate, si basa su alcuni risultati che dimostrano che la dilatazione più rapida della pupilla è stata osservata nei test in cui le parole condividono un'associazione semantica; ciò crea una relazione tra il processamento semantico delle parole e la dilatazione della pupilla. [21] Una serie di misurazioni degli occhi e delle pupille (ET e pupillometria) determinano quale elemento l'utente sta ispezionando al momento e riportano i processi percettivi e cognitivi dell'utente ad un elemento specifico o ad un insieme di elementi. Ad esempio, il diametro della pupilla potrebbe essere utile per rivelare gli incrementi nel carico cognitivo dell'utente o per indagare la pertinenza di un risultato di ricerca. La pupillometria potrebbe anche aiutare a rilevare il livello di elaborazione preconscious, in quanto le risposte della pupilla agli stimoli/eventi specifici fornisce una misura continua dell'elaborazione cognitiva, nonostante il fatto che l'utente sia all'oscuro di tali variazioni. Il sistema MindSee trae vantaggio anche delle

misure fisiologiche periferiche (attività elettrodermica o EDA, elettromiografia del viso, o fEMG) per raccogliere informazioni sul livello di eccitazione e sullo stato emotivo dell'utente. [21]

Un'esperienza utente superiore è garantita dall'interazione simbiotica, che si realizza quantificando il livello di impegno, piacere, stress e le emozioni degli utenti legati all'interazione attraverso una combinazione di EEG e segnali periferici (EDA e fEMG) e utilizzando queste misure per adattare le caratteristiche grafiche dell'interfaccia. [21]

Cambiando il livello di complessità della visualizzazione o evidenziando elementi che sono in fase di elaborazione dell'attenzione, il sistema di MindSee regola l'output delle informazioni spazialmente ed esteticamente, in base alla rilevanza di ciascun risultato rispetto alla ricerca corrente. [21]

Il sistema descritto, insieme al lavoro teorico interdisciplinare che lo supporta, potrebbe servire come punto di partenza per lo sviluppo e la diffusione dei sistemi simbiotici di nuova generazione, consentendo una interdipendenza produttiva tra gli esseri umani e le macchine. La strategia simbiotica tentata nel progetto MindSee offre una soluzione avanzata alla ricerca esplorativa [21]

7.3. DISPOSITIVI INDOSSABILI SIMBIOTICI

I dispositivi indossabili sono prodotti d'alta tecnologia elettronica; i loro vari accessori e sensori li rendono una componente ideale per i sistemi simbiotici che registrano e interpretano gli stati cognitivi e affettivi degli utenti e che rispondono di conseguenza. [22] I computer indossabili sono dispositivi elettronici completamente funzionanti e indipendenti che possono essere indossati, trasportati o collegati al corpo, consentendo all'utente di accedere all'informazione in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo. A differenza dei dispositivi portatili generici, i dispositivi indossabili non richiedono sforzi muscolari per essere trasportati, rimangono attaccati al corpo a prescindere dall'orientamento e dall'attività, e non necessitano di essere rimossi dal corpo per poter essere utilizzati. La natura ubiqua e portatile dei computer indossabili li rende una componente ideale dei sistemi simbiotici, vale a dire di quei sistemi che registrano e interpretano gli stati cognitivi e affettivi dell'utente e rispondono di conseguenza. Nello specifico possono essere utilizzati per registrare parametri psicofisiologici quali la frequenza cardiaca, la frequenza respiratoria, l'attività elettrodermica, l'attività degli occhi, l'attività cerebrale e l'attività muscolare. In questo modo l'interfaccia uomo-macchina viene trasferita da un dispositivo esterno sul corpo stesso, che fornisce, quasi inavvertitamente, l'accesso al sistema. [23] I calcolatori indossabili spostano i processi di calcolo dal desktop all'utente. Adattando il proprio comportamento all'ambiente in continuo cambiamento dell'utente, un computer indossato sul corpo può aiutare l'utente in modo più intelligente, costante e continuo di un sistema desktop. [24] I computer indossabili consentono un'associazione molto più stretta con l'utente, consentono al dispositivo di vedere ciò che vede l'utente, di ascoltare ciò che l'utente ascolta, di rilevare lo stato fisico dell'utente e di analizzare quanto digitato dall'utente. Se queste informazioni si combinano in un modello di utente o modello di operatore, un agente intelligente potrebbe essere in grado di analizzare cosa fa l'utente e cercare di prevedere le risorse delle quali avrà bisogno sul momento o in un futuro prossimo. Utilizzando queste informazioni, l'agente può scaricare file, mettere da parte banda per le comunicazioni, inviare promemoria o inviare automaticamente aggiornamenti ai colleghi per agevolare le interazioni quotidiane dell'utente. Per usare una metafora, un agente agirebbe alla stregua di un maggiordomo o di un uomo di fiducia, che copre sempre le spalle dell'utente, conosce le preferenze e i gusti personali del suo datore di lavoro e cerca di semplificarne le interazioni con il resto del mondo. [24] Il computing indossabile può soddisfare la promessa di un assistente digitale davvero personale.

Huan-Ming Chuang e Spagnolli et al. indagano le caratteristiche uniche dei dispositivi simbiotici indossabili. Queste caratteristiche includono la ridistribuzione dell'interfaccia uomo-macchina da dispositivi esterni sul corpo stesso, le questioni del comfort e della privacy percepiti dei dispositivi riguardo al comfort e alla privacy percepiti dei dispositivi e ancora la misurazione del livello di accettabilità espresso dagli utenti in merito ai dispositivi simbiotici indossabili. [22] [23]

7.3.1. FATTORI CHE INFLUENZANO L'INTENTO COMPORTAMENTALE

Huan-Ming Chuang studia il caso dello Xiaomi Mi Band, un dispositivo indossabile a forma di braccialetto (un fitness tracker indossabile) utilizzato principalmente per monitorare le condizioni di salute e la forma fisica degli utenti, come il sonno, le calorie bruciate, la frequenza cardiaca e la distanza percorsa in tempo reale. Grazie alla sua popolarità, la Mi Band è stata presa come campione rappresentativo dei dispositivi indossabili. 548 soggetti, composti da utenti e non-utenti della Mi Band, hanno partecipato ad un questionario on-line per valutare quali fattori possono influenzare l'intento comportamentale indotto dai dispositivi indossabili. [22] I risultati dello studio di Huan-Ming Chuang, basati sullo studio del caso Mi Band, presentano dei possibili limiti se generalizzati ad altri dispositivi indossabili. Ulteriori studi possono prendere a campione altri prodotti di fascia alta (ad es. Apple Watch) per ottenere un campione più rappresentativo al fine di indagare le possibili differenze e implicazioni. [22] Invece Spagnolli et al. sottopongono 110 soggetti ad un questionario per misurare l'accettabilità percepita dei dispositivi simbiotici indossabili in contesti reali. Il questionario fa riferimento a tre differenti dispositivi indossabili (cioè maglie intelligenti, sistemi EEG portatili e occhiali muniti di tracciatore oculare) in sei diversi scenari (lavoro pericoloso, lavoro pesante, sport, assistenza domiciliare, ricerca, vendita al dettaglio). Gli intervistati sono stati reclutati tra le persone appartenenti a tali scenari, oltre agli utenti generici. [23] L'obiettivo della ricerca condotta da Spagnoletti et al. È quello di definire quali dimensioni sono responsabili dell'intenzione di utilizzare tali dispositivi. [23] Il questionario era inizialmente composto da 45 elementi, ma venne successivamente ridimensionato a soli 26 elementi, in quanto 19 articoli del questionario sono risultati, dopo una analisi dei componenti principali (PCA), scarsamente correlati con gli altri nello stesso cluster. Il questionario è servito a misurare 10 dimensioni derivate dai modelli di accettazione da parte dell'utente (Technology Acceptance Model (TAV), Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)). [23] Le dimensioni interessate dallo studio sono: **attitudine verso la tecnologia (ATT)**, **ansia tecnologica (TA)**, **condizioni facilitatrici (FC)**, **utilità percepita (PU)**, **sforzo previsto (EE)**, **intento comportamentale (BI)**, **attaccamento psicologico (PA)**, **piacere percepito (PE)**, **comodità percepita (PC)**, **privacy percepita (PP)**. [23] Per quanto riguarda lo studio dello Xiaomi Mi Band vengono prese in considerazione le seguenti dimensioni: **convinzioni attitudinali**, **atteggiamento verso la tecnologia (ATT)**, **ansia tecnologica (TA)**, la **compatibilità**, la **familiarità**, la **novità**, lo **sforzo previsto (EE)**, il **risultato atteso**, il **comfort percepito (PC)**, la **privacy percepita (PP)**, l'**attitudine (ATT)**, le **influenze sociali**, le **condizioni facilitatrici (FC)**. [22] **Atteggiamento verso la tecnologia (ATT)**, **ansia tecnologica (TA)**, **sforzo previsto (EE)**, **comfort percepito (PC)**, **privacy percepita (PP)**, e **condizioni facilitatrici (FC)** sono le dimensioni che ricorrono in entrambi gli studi. I risultati dello studio di Spagnoletti et al. Mostrano che l'**utilità percepita (PU)** e il **piacere percepito (PE)** svolgono un ruolo rilevante nel determinare il livello di accettazione di un dispositivo, invece l'**aspettativa di sforzo (EE)** non è un predittivo significativo dell'accettazione da parte dell'utente probabilmente perché i partecipanti non hanno utilizzato i dispositivi durante attività di lunga durata ma li hanno utilizzati solo per pochi minuti. Il **comfort percepito (PC)** sembrava sovrapporsi al classico **piacere percepito (PE)**. L'**atteggiamento verso la tecnologia (ATT)**, ma non l'**ansia tecnologica (TA)** predice i tassi di accettazione degli utenti. La **privacy percepita (PP)** non sembra influenzare in modo significativo l'accettazione, gli intervistati sembrano abbastanza selettivi nella definizione di quali dati sarebbero stati

rivelati a chi. [23] I risultati della ricerca condotta da Huan-Ming Chuang indicano che l' **atteggiamento verso la tecnologia (ATT)** , le **influenze sociali** e le **condizioni di facilitatrici** sono tre precedenti essenziali all'intento comportamentale del Mi Band. Per i potenziali utenti di Mi Band, l'**ansia tecnologica (TA)** , la **novità** e l' **lo sforzo previsto (EE)** sono fattori importanti per un atteggiamento favorevole; d'altro canto, per gli attuali utenti di Mi Band, la **familiarità** , l' **aspettativa di sforzo (EE)** e il **comfort percepito (PC)** sono le dimensioni che influiscono maggiormente su un atteggiamento positivo. [22] Infatti, secondo quanto riportato da Huan-Ming, l'**atteggiamento verso la tecnologia (ATT)**, le **influenze sociali**, e le **condizioni facilitatrici** tutte hanno effetti positivi significativi sull'intento comportamentale sia per gli utenti che per i non-utenti. Tra gli utenti e i non-utenti esistono diversi pattern effetti casuali significativi, ad esempio, l'**ansia tecnologica (TA)** ha effetti positivi sull'atteggiamento di Mi Band per i non utilizzatori; la **familiarità** ha un effetto positivo sull'attitudine degli utenti; la **novità** ha un effetto positivo notevole sull'atteggiamento dei non-utenti; e il **comfort percepito (PC)** ha un effetto negativo sull'attitudine degli utenti. [22] Questi risultati riflettono la maggior preoccupazione dei non-utenti verso le convinzioni tecnologiche, come l'ansia tecnologica e la novità; dall'altro lato gli utenti attribuiscono maggiore importanza alle convinzioni di utilizzo come la familiarità e il comfort. Inoltre, sembra che la Mi Band non manifesti caratteristiche tradizionalmente negative, come la tendenza a suscitare errori, che ansia ai i non-utenti. [22] Si tenga inoltre conto del fatto che svariati fattori non mostrano effetti significativi sull'attitudine contrariamente alle aspettative. Ad esempio, la novità stimola un'attitudine positiva verso il Mi Band per i non-utenti e il comfort percepito ha un effetto negativo sull'attitudine degli utenti, risultati che sono contraddittori dal punto di vista di Spagnolli *et al* .Alcune possibili ragioni sono che il rapido sviluppo dell'IT ha migliorato la tendenza dei consumatori a cercare varietà e che i primi adattatori di prodotti IT innovativi preferiscano caratteristiche più sofisticate e impegnative piuttosto che il comfort offerto dal prodotto. [22] Infine, lo sforzo previsto ha un significativo effetto positivo sull'atteggiamento verso il Mi Band sia per gli utenti che per i non-utenti. Al contrario, il grado di aspettativa dei risultati non ha alcun effetto né sugli utenti che sui non-utenti. Ciò può essere dovuto al basso grado di aspettativa per il Mi Band poiché il suo prezzo è sostanzialmente inferiore rispetto ad altre alternative, come l'Apple Watch. [22] Nello studio di Spagnoletti et al., gli esperti sembravano avere meno preoccupazioni in merito alla privacy rispetto ai non esperti. Più del 50% degli intervistati ha condiviso informazioni personali sul proprio livello di stress, stato mentale e prestazioni cognitive, solo con un medico, lo psicologo o il partner. [23] L'analisi a posteriori, riguardante gli effetti del dispositivo, ha dimostrato che la maglietta intelligente ha ricevuto valutazioni molto più positive rispetto al EEG portatile; non è invece emersa alcuna differenza significativa tra i punteggi del EEG portatile e gli occhiali con tracciatore oculare. Le opinioni favorevoli sulla t-shirt intelligente rispetto al EEG portatile e agli occhiali suggeriscono che i dispositivi indossabili più leggeri e discreti siano maggiormente apprezzati rispetto a quelli più ingombranti e più visibili. [23] I confronti a posteriori hanno anche evidenziato una significativa differenza nel modo in cui gli esperti e i non esperti hanno dato i loro punteggi: gli utenti non esperti hanno dato più valutazioni positive rispetto agli esperti. Questi infatti consideravano i dispositivi meno utili rispetto ai non esperti ; ciò potrebbe dipendere dalla loro riluttanza ad adottare e imparare una nuova tecnologia così diversa da quelle già utilizzate. Per gli stessi motivi ed altri, gli utenti più anziani sembravano meno inclini a utilizzare dispositivi portatili .[23] Con questo studio Spagnolli et al. ha contribuito alla convalida di un questionario sull'accettazione da parte degli utenti di dispositivi che rappresentano un'istanza ben centrata di sistemi simbiotici, che sono caratterizzati - dalla capacità avanzata di rilevamento dei dati personali e dall'adattamento dinamico dell'output ai dati rilevati.[23] Sulla base dei risultati ottenuti Huan-Ming Chuang suggerisce diverse strategie di promozione per il Mi Band. Propone ad esempio che per i futuri consumatori con l'ansia tecnologica, come il grande pubblico, i messaggi diretti verso questo segmento potrebbero mettere in rilievo lo status di novità del prodotto e la sua facilità d'uso; invece per gli attuali utenti di Mi Band si deve

tener conto che la facilità d'uso e la familiarità del prodotto potrebbero essere portati in primo piano. Per ridurre l'impressione che la Mi Band sia un prodotto comodo ma banale, è opportuno il miglioramento delle caratteristiche che lo contraddistinguono come sofisticato e all'avanguardia. Inoltre, poiché le influenze sociali e le condizioni facilitanti sono antecedenti importanti, oltre agli atteggiamenti verso l'intento comportamentale, le migliorie apportate alla compatibilità di Mi Band con altri dispositivi, come gli smart phone, potrebbero anche aumentare la popolarità del Mi Band [22]

7.3.2. COMPUTER INDOSSABILI PER L'INCREMENTO DELLA MEMORIA (AUGMENTED MEMORY)

I computer eccellono nella memorizzazione dei dati e nell'esecuzione rapida di funzioni ripetitive. Gli esseri umani, dall'altro lato, fanno salti cognitivi grazie all'intuito e riconoscono i modelli e la struttura, anche quando si trovano in uno stato passivo. Le interfacce per computer indossabili che impiegano l'interazione simbiotica per aiutare gli utenti a ricordare sembrano profittevoli. [14] La fotocamera portatile è un argomento che è stato sviluppato in molti ricerche sull'incremento della memoria.

7.3.3. DISPOSITIVI INDOSSABILI BASATI SU CAMERA

Starner et al., considerando che la parola scritta domina ancora l'uso del computer e che in generale il 95% del tempo uomo-macchina è dedicato all'elaborazione di testi, affermano che l'elaborazione delle parole può essere notevolmente migliorata con una sorta di memoria aumentata. Starner et al. ritengono che il computer portatile per le realtà aumentate possa assistere l'utente, adattando il proprio comportamento all'ambiente in movimento dell'utente, in modo più intelligente, costante e continuo di un sistema desktop, consentendo agli utenti di elaborare i testi quasi ovunque. [24] Per presentare questo approccio Starner et al. propongono l'utilizzo di un agente dell'informazione, chiamato anche "agente di memoria" (Remembrance Agent), una realtà aumentata su base testuale, in grado di agire come aiuto mnemonico.[24] Durante l'elaborazione di un testo un agente di memoria può cercare nei database testuali personali dell'utente le informazioni rilevanti per l'attività corrente, e visualizzare i nomi e brevi estratti dei file che più combaciano. Inoltre se l'utente ignora l'agente, continuerà comunque a dargli un'occhiata durante qualche fugace pausa lavorativa.[24] L'agente di memoria è composto da due parti, l'interfaccia utente e il motore di ricerca. L'interfaccia utente guarda in continuazione ciò che scrive e legge l'utente, e invia queste informazioni al motore di ricerca. Il motore di ricerca trova vecchi messaggi di posta elettronica, file con annotazioni e documenti on-line rilevanti per il contesto dell'utente. Queste informazioni vengono visualizzate in modo discreto all'interno del campo visivo dell'utente. [24] I vantaggi dell'agente di memoria sono molti. In primo luogo, l'agente fornisce informazioni tempestive (per esempio, se l'utente sta scrivendo un documento, l'agente potrebbe suggerire una bibliografia rilevante). In secondo luogo, l'agente può agire come un sistema di brain-storming costante, in quanto l'agente pensa in maniera diversa dall'utente, può suggerirgli combinazioni che questo non avrebbe mai potuto assemblare da sé. In terzo luogo, l'agente può offrire un valido aiuto nell'organizzazione personale: con il sopraggiungere di nuove informazioni, l'agente, per sua natura, suggerisce file contenenti informazioni simili. In questo modo l'utente ottiene suggerimenti su dove memorizzare le nuove informazioni, evitando il fenomeno comune di file multipli con contenuto simile. [24] Tipicamente, l'agente di memoria ottiene la maggior parte delle informazioni contestuali dai testi scritti, ma i computer indossabili con la realtà aumentata possono fornire un'interfaccia migliorata sovrapponendo grafica, testo e suono al mondo fisico. Hanno quindi il potenziale per fornire una ricchezza di funzionalità contestuali: le fonti aggiuntive di informazioni relative al contesto dell'utente possono includere l'ora del giorno, la posizione, i biosegnali, il riconoscimento del viso e il tagging visivo degli oggetti. Il computer indossabile potrebbe essere in grado di scoprire le tendenze della

vita quotidiana dell'utente, predirne le esigenze e raccogliere preventivamente le risorse per le attività imminenti.[24] Il sistema descritto da Starner et.al è composto da un computer e da un visore a sovrimpressione (HUD), un display trasparente che presenta dati senza costringere l'utente ad allontanare lo sguardo dal suo solito punto di vista. Il computer indossabile, invece, è dotato di videocamere, sia per modificare l'input visivo (realtà mediata) che per percepire il mondo dell'utente per sovrapposizioni grafiche. Presenta anche dispositivi aggiuntivi quali sistemi audio, faretto infrarossi per il rilevamento della posizione, e biosensori per monitorare gli effetti su chi lo indossa. Tutti gli input ricavati dalle interfacce e dai sensori di questi dispositivi sono impiegati per modellare le azioni degli utenti, anticiparne le esigenze e permettere un'interazione scevra di discontinuità tra l'ambiente virtuale e fisico [24] Il computer ha la capacità di mostrare messaggi in modo discreto o urgente sul HUD, attirando l'attenzione dell'utente, mentre il dispositivo indossabile può essere utilizzato per visualizzare testo o grafica in luoghi fisicamente significativi nel campo visivo, a condizione che sia a conoscenza della direzione in cui l'utente sta guardando.[23] Steve Mann propone la WearCam definita come un dispositivo protesico; è stato impiegato in due applicazioni, come "assistente visivo personale" e come "memoria visiva protesica".[25] La "memoria visiva protesica" viene utilizzata per migliorare la visione, essendo in grado di vedere le cose che altrimenti passerebbero inosservate all'utente quando si muovono troppo velocemente per l'occhio umano, e migliorare la memoria, indicando all'utente quando un particolare oggetto è stato già visto o quando un certo luogo è già stato visitato.[25] . Uno degli obiettivi della WearCam è quello di promuovere il riconoscimento facciale indossabile. Per fare ciò, la memoria dell'utilizzatore è sollecitata usando flashback indotti dal computer; in questo modo i volti verrebbero ricordati molto meglio. Inoltre è stato utilizzato un carattere ingrandito (perché risulti leggibile anche ai portatori di handicap) per mostrare l'identità a chi lo indossa, permettendo di imparare facilmente i nomi associati a volti che erano stati periodicamente oggetto di flashback. [25]. In particolare, l'apparecchio può essere utilizzato come dispositivo protesico per coloro che soffrono di un'amnesia visiva o anche per quanti soffrono di una disfunzione visiva, che o non riescono a vedere il viso o non lo vedono abbastanza chiaramente da riconoscerlo). [25] Singletary et al. introducono il tema delle interfacce simbiotiche per i dispositivi di riconoscimento facciale indossabili. Migliorare le interfacce dell'elettronica di consumo portatile, come i telefoni cellulari. Il sistema dovrebbe essere in grado di percepire l'impegno sociale quando l'indossatore inizia ad interagire con altri individui, evitando di interrompere l'utente durante un'interazione faccia a faccia. [S26] Ad esempio, se il computer indossabile interrompe il proprio utente durante un'interazione sociale (ad esempio per avvisarlo di una chiamata telefonica wireless), la conversazione rischia di essere interrotta dall'intrusione. La rilevazione dell'impegno sociale consente di bloccare o ritardare le interruzioni in modo appropriato durante una conversazione. [26] Healey et. hanno descritto StartleCam come un dispositivo di memoria video selettivo, composto da un sistema informatico portatile con una videocamera digitale e sensori fisiologici, che permette alla videocamera di essere controllata tramite eventi coscienti e preconscenti che coinvolgono l'utilizzatore.[27] StartleCam mira a catturare eventi che hanno un'alta probabilità di catturare l'attenzione dell'utente e di essere ricordati; le immagini vengono salvate dal sistema quando rileva alcuni eventi presumibilmente d'interesse per chi lo indossa. Utilizzando segnali fisiologici, l'utente può reagire e rispondere in tempo reale a eventi imprevisti. [27] Il controllo fisiologico della StartleCam consente alle persone di scaricare le attività che vengono gestite meglio dai computer e di concentrarsi su attività creative e coinvolgenti. [27] Siccome la memoria è altamente correlata con il livello di eccitazione, quest'ultimo è spesso segnalato da cambiamenti della conducibilità cutanea, di conseguenza, StartleCam monitora la conducibilità della pelle dell'utilizzatore con un filtro di rilevamento delle sollecitazioni.[27] E 'stato rilevato, da una serie di test, che la risposta alle sollecitazioni varia sia da individuo ad individuo che per ogni individuo a seconda dei tempi. Inoltre variando la soglia di rilevamento delle sollecitazioni varia anche il numero di risposte mancate e il numero di risposte false individuate. [27] StartleCam offre tre

diverse modalità di funzionamento: controllo diretto, registrazione automatica e acquisizione di serie di immagini. La telecamera può essere controllata direttamente dall'utente nella prima modalità; nella seconda modalità la soglia del rivelatore di start è impostata su 'alto', in questo caso StartleCam registrerà solo gli eventi più sorprendenti o minacciosi; nella terza modalità la telecamera può essere impostata per registrare automaticamente le immagini ad una frequenza precisa quando sono state individuate pochissime risposte da parte dell'utente, indicando che il suo livello di attenzione è sceso. Questa modalità di funzionamento è utile quando il valore di una conferenza, di una riunione o di un contatto non è subito evidente e il nostro sistema di memoria selettiva naturale progettato per sopravvivere alle minacce immediate ci abbandona. [27] La capacità di StartleCam di memorizzare selettivamente una serie di immagini quando viene rilevata la risposta alla sollecitazione, indicando che queste immagini sono di possibile interesse per chi la indossa, permette di supplire al problema del sovraccarico di informazioni. Memorizzando solo certi selezionati eventi ad alta risoluzione, StartleCam può aiutare a gestire il carico di informazioni dell'utente. Il sistema StartleCam si è dimostrato funzionale su diversi utenti in ambienti ambulatoriali interni ed esterni. [27] Per rendere tale sistema veramente indossabile, l'autore ha proposto di rendere la StartleCam non ingombrante, discreta, tale da adattarsi comodamente a indumenti, gioielli e accessori indossati normalmente. [26] Oltre alle funzionalità appena discusse, Healey et al. individuano anche altre funzioni implementabili nella StartleCam per gestire altri aspetti del carico di attività dell'utente. Infatti sulla base del livello di stress dell'utente il sistema potrebbe rispondere in modi diversi come filtrare le e-mail meno urgenti dell'utente o suonare i brani musicali preferiti dall'utente per rilassarsi in caso di stress elevato, o ancora ricordargli gli obiettivi a lungo termine di maggiore importanza oppure fornire storie e notizie eccitanti in aree di interesse quando rileva uno stato di scarsa eccitazione nell'utente. E nel tempo il computer potrebbe anche imparare le preferenze dell'utente in base al contesto, e agire di conseguenza. [26] Inoltre Healey et al. dichiarano che il sistema StartleCam potrebbe anche essere innescato da misurazioni fisiologiche diverse dalla risposta alla conducibilità cutanea; potrebbe potenzialmente acquisire schemi più complessi, che sono una funzione non solo della fisiologia dell'utilizzatore, ma anche del contesto e dell'attività e che permettono a chi lo indossa di rispondere automaticamente a eventi di potenziale interesse per l'utente. [27] Roy et al. presentano un sistema prototipo da essere in futuro integrato in un dispositivo indossabile, che sfrutta la memoria del computer per aumentare la memoria umana nelle situazioni quotidiane. Lo studio fa parte di una ricerca più ampia condotta al MIT Media Laboratory con l'obiettivo di sviluppare sistemi che lavorano in modo simbiotico con gli esseri umani, portando ad un aumento delle prestazioni lungo numerose dimensioni cognitive e fisiche. [28] Lo studio si basa sull'utilizzo del tracciamento oculare per aumentare la memoria degli utenti per la ricerca visiva ed è motivato dalle difficoltà che le persone spesso incontrano durante la ricerca visiva, e l'intenzione di ridurre i tempi di ricerca dell'utente, evitando che conduca la ricerca nei posti già visitati, ma bensì inducendolo a controllare nuovi posti. [28] Una versione futura del dispositivo dovrebbe rassomigliare ad un comune paio di occhiali da vista, in cui l'occhio e la video camera sono ulteriormente miniaturizzati. Attualmente l'hardware impiegato per la realizzazione del sistema di ricerca non è adatto per il funzionamento mobile indossabile. [28] Attualmente il sistema prototipo utilizza un dispositivo di tracciamento oculare montato sulla testa che comprende due videocamere in miniatura montate su una fascia, la camera per l'occhio e quella di scena (la 'scene camera'). La videocamera con il tracciamento oculare fornisce un video affidabile dei movimenti degli occhi del soggetto, la videocamera di scena invece cattura la visione dell'ambiente circostante come visto dalla prospettiva del soggetto. [28] Per aiutare l'utente nell'attività di ricerca il sistema prototipo traccia il punto dove sta guardando una persona e fornisce una memoria estesa della propria cronologia di ricerca, guidando l'utente verso parti non ancora controllate di una scena. Il sistema non ha informazioni su dove o quale sia il bersaglio; esiste una netta divisione dei compiti, per la quale l'individuazione dell'obiettivo è lasciata all'uomo mentre il sistema

aumenta la memoria dell'uomo, tenendo traccia di dove la persona ha già guardato. [28] In realtà il lavoro presentato da Roy et al. è appena ad uno stato embrionale, il sistema di tracciamento degli occhi è stato testato solo su un videogioco per desktop chiamato 'Where's Waldo', dove l'utente deve trovare Waldo, con l'aiuto del sistema di tracciamento che segna le zone visitate dall'utente. Allo stato attuale, i risultati della ricerca sembrano promettenti, dimostrando come l'utente grazie al feedback visuale viene guidato sull'obiettivo.[28] Il sistema di tracciamento riesce a fungere da memoria estesa di ricerca visiva che tiene traccia di dove una persona ha già cercato e visivamente la guida a guardare in luoghi nuovi.[28] Attualmente molti dei dispositivi descritti, sono in una fase prototipale e non sono ancora impiegabili da un utente reale, in quanto non presentano la praticità e il comfort che dovrebbe rispettare un dispositivo indossabile per essere valutato positivamente da un utente. L'accettazione sociale è importante per la progettazione di qualsiasi dispositivo protesico; la speranza è che le capacità di miniaturizzazione delle moderne tecnologie ne riducano le dimensioni allo stesso livello di dispositivi quali apparecchi acustici e normali occhiali, similmente ad alcune fotocamere indossabili come Narrative Clip e Google Glass.

Tuttavia, a causa delle caratteristiche di portabilità e di invisibilità che alcune telecamere portatili potrebbero raggiungere, le potenziali minacce alla privacy e le questioni etiche di questi dispositivi aumentano, inclusi la natura dei contenuti acquisiti, l'entità di chi utilizzerà queste informazioni e la maniera in cui queste informazioni saranno utilizzate in futuro. Non solo gli utenti finali ma anche gli osservatori diventano importanti azionisti, i cui sentimenti riguardo alla privacy potrebbero essere influenzati dall'uso di questi dispositivi. [29]

7.3.3.1. DISPOSITIVI SIMBIOTICI INDOSSABILI PER L'ALZHEIMER

L'applicazione di HCI simbiotiche nel campo della tecnologia assistiva per gruppi speciali di persone (ad esempio pazienti, disabili, anziani) potrebbe contribuire in modo significativo al miglioramento della loro qualità di vita, agendo come facilitatore per la massimizzazione dell'assistenza fornita dal sistema alle persone in modo più naturale. [30] L'AD, noto anche nella letteratura medica come malattia di Alzheimer, è la forma più comune di demenza e in realtà non esiste alcuna cura per la malattia.[30] Con l'avanzare della malattia, i sintomi possono comprendere confusione, irritabilità e aggressività, alterazioni dell'umore, problemi con il linguaggio e perdita di memoria a lungo termine. [30] L'Alzheimer è un problema globale con un impatto drammatico e nuovi approcci vanno considerati per quanto riguarda la prevenzione, la diagnosi, il trattamento e il confronto.[30] Tramite l'introduzione di una strategia simbiotica è possibile fornire nuove soluzioni per facilitare, comprendere e recepire le esigenze dei pazienti affetti da AD. Sebbene non siano stati trovati studi in merito, dispositivi simili alla fotocamera indossabile per l'incremento mnemonico potrebbero rivelarsi molto utili per le persone affette da demenza e Alzheimer.

8. CONCLUSIONI

È innegabile che dall'epoca della sua formulazione, negli anni 60 del XX secolo, la ricerca nel campo della simbiosi uomo-macchina abbia fatto passi da gigante. In particolare molti dei problemi fisici che affliggevano questo campo, come la velocità e la memoria dei computer possono dirsi in larga parte risolti mentre altri come le interfacce, i sistemi di comunicazione e il linguaggio naturale restano problematiche. Altri ancora come il time-sharing hanno preso una piega inaspettata e si sono evoluti nella direzione dell'attuale Internet. Abbiamo visto come questa relazione sia già obbligata e di natura mutualistica, ma come tenda ancora all'asimmetria fra le parti, vale a dire come la macchina svolga un ruolo passivo nella relazione simbiotica, in particolare l'uomo prende la parte creativa e lascia al computer quella meccanica.

Questo presenta numerose sfide sia perché un aumento dell'agentività da parte della macchina potrebbe portare alla perdita d'indipendenza della componente umana (ma ad una maggiore simmetria), sia perché sarebbero auspicabili sistemi personalizzati, a misura dell'utente, capaci di rispondere alle esigenze individuali. Grazie alle nuove tecnologie di rilevamento, che rilevano segnali psicosomatici impliciti ed espliciti in input e offrono feedback d'output sono stati fatti notevoli passi avanti in questa direzione. Siamo ancora in parte legati al paradigma dell'augmented human che però non offre i vantaggi di una vera simbiosi. Abbiamo visto come i sistemi di ottimizzazione risultino molto più efficaci quando preferiscono la simbiosi con l'uomo tramite algoritmi interattivi piuttosto che affidarsi alla sola automatizzazione.

I tre maggiori campi di sviluppo analizzati sono stati quello dell'information seeking ormai maturo e quello dei dispositivi indossabili che è in pieno sviluppo, nonché il campo delle interfacce neurali ancora ad uno stadio embrionale. Quest'ultimo, nato per aiutare i disabili, si avvale di tecniche di neuroimmagine e monitoring tramite sensori che presentano sia pro che contro in specie per quanto concerne la risoluzione, temporale, spaziale e il grado di invasività. Si aggiungano anche i problemi di privacy e di ambigua responsabilità nel caso di problemi di interfacciamento e l'incapacità di leggere i contenuti semantici, in parte controbilanciati da risultati incoraggianti nella valutazione dei carichi di lavoro ottimali.

Dunque quello della simbiosi uomo-macchina è un campo di studio che ha una storia lunga, che ha visto notevoli progressi e prodotto applicazioni concrete e di grande utilità, ma che ha tuttora una lunga strada davanti a sé.

Bibliografia

- [1] Licklider J.C.R. (1960) Man-computer symbiosis, IRE Transactions on Human Factors in Electronics, Professional Group on Human Factors in Electronics, New York, USA, Vol.1, No.1, P4-P11.
- [2] Engelbart D. C. (1962) Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework.
- [3] Merriam - Webster Online Dictionary – Definition, Symbiosis, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/symbiosis>, Accesso Giugno 2017.
- [4] Encyclopedia Britannica Online, Symbiosis, Available at: www.britannica.com/science/symbiosis, Accesso Giugno 2017.
- [5] Tomasello T. K. (2004) A Content Analysis of Citations to J.C.R. Licklider's "Man-Computer Symbiosis" 1960 - 2001: Diffusing the Intergalactic Network, Florida State University, Tallahassee, Florida.
- [6] Eluyefa Olanrewaju A. (2016) Human Computer Symbiosis, Aston University, Birmingham, West Midlands, Regno Unito.
- [7] Lesh N., Marks J., Rich C., Sidner C. (2004) "Man-Computer Symbiosis" Revisited: Achieving Natural Communication and Collaboration with Computers, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Vol.E87-D, No.6, P1290-P1298.
- [8] Negri P., Omedas P., Chech L., Pluchino P., Minelle F., Verschure P., Jacucci G., Freeman J., Spagnolli A., Gamberini L. (2015) Comparing Input Sensors in an Immersive Mixed-Reality Environment for Human-Computer Symbiosis. In: Blankertz B., Jacucci G., Gamberini L., Spagnolli A., Freeman J. (eds) Symbiotic Interaction, Symbiotic 2015, Lecture Notes in Computer Science, vol 9359. Springer, Cham, P111-P125.
- [9] Fairclough S. (2015) A Closed-Loop Perspective on Symbiotic Human-Computer Interaction. In: Blankertz B., Jacucci G., Gamberini L., Spagnolli A., Freeman J. (eds) Symbiotic Interaction, Symbiotic 2015, Lecture Notes in Computer Science, vol 9359. Springer, Cham, P57-P67.
- [10] Lessiter J., Freeman J., Miotto A., Ferrari E. (2014) Ghosts in the Machines: Towards a Taxonomy of Human Computer Interaction. In: Jacucci G., Gamberini L., Freeman J., Spagnolli A. (eds) Symbiotic Interaction. Symbiotic 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8820. Springer, Cham, P21-P31.
- [11] James W. Moore, Sukhvinder S. Obhi (2012) Intentional binding and the sense of agency: A review, Consciousness and Cognition, Vol.21, No.1, P546-P561.
- [12] Foster I. (2007) Human-Machine Symbiosis, 50 Years On, Advances in Parallel Computing.
- [13] Jacucci G., Spagnolli A., Freeman J., Gamberini L. (2014) Symbiotic Interaction: A Critical Definition and Comparison to other Human-Computer Paradigms, In: Jacucci G., Gamberini L., Freeman J., Spagnolli A. (eds) Symbiotic Interaction, Symbiotic 2014, Lecture Notes in Computer Science, vol 8820. Springer, Cham, P3-P20.
- [14] Roy D. (2004) 10x—human-machine symbiosis, BT Technology Journal, Springer US, Vol.22, No.4, P121-P124.
- [15] Tan D., Nijholt A. (2010) Brain-Computer Interfaces and Human-Computer Interaction, In: Tan, D.S., Nijholt A. (eds.) Brain-computer Interfaces, Springer, London, P3-P19.
- [16] More Jackson M., Mappus R. (2010) Applications for Brain-Computer Interfaces, In: Tan, D.S., Nijholt A. (eds.) Brain-computer Interfaces, Springer, London, P89-P103.
- [17] van Erp J.B., Veltman H.J., Grootjen M. (2010) Brain-based indices for user system symbiosis, In: Tan, D.S., Nijholt A. (eds.) Brain-computer Interfaces, Springer, London, P201-P219.
- [18] Schalk G. (2008) Brain-Computer Symbiosis, Journal of Neural Engineering, MEDLINE/PubMed, banca dati dell'U.S. National Library of Medicine, Vol.5, No.1, P1-P15.

- [19] Glannon W. (2014) Ethical issues with brain-computer interfaces, *Frontier in System Neuroscience*, Published online.
- [20] Allison B.Z., Neuper C. (2010) Could Anyone Use a BCI?, In: Tan D., Nijholt A. (eds) *Brain-Computer Interfaces, Human-Computer Interaction Series*, Springer, London, P35-P54.
- [21] Gamberini L., Spagnolli A., Blankertz B. et al. (2015) Developing a Symbiotic System for Scientific Information Seeking: The MindSee Project, In: Blankertz B., Jacucci G., Gamberini L., Spagnolli A., Freeman J. (eds) *Symbiotic Interaction, Symbiotic 2015, Lecture Notes in Computer Science*, vol 9359, Springer, Cham, P68-P80.
- [22] Huan-Ming Chuang (2016) Factors Influencing Behavioral Intention of Wearable Symbiotic Devices: Case Study of the Mi Band, *Soochow Journal of Economics and Business*, No.93, P1-P24.
- [23] Spagnolli A., Guardigli E., Orso V., Varotto A., Gamberini L. (2014) Measuring User Acceptance of Wearable Symbiotic Devices: Validation Study Across Application Scenarios. In: Jacucci G., Gamberini L., Freeman J., Spagnolli A. (eds) *Symbiotic Interaction. Symbiotic 2014, Lecture Notes in Computer Science*, vol 8820, Springer, Cham, P87-P98.
- [24] Starner T., Mann S., Rhodes J. B., Levine J., Healey J., Kirsch D., Picard R., Pentland A. (1997) *Augmented Reality Through Wearable Computing, Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press Cambridge, MA, USA, Vol.6 No.4, P386-P398.
- [25] Mann S. (1996) *Wearable Tetherless Computer-Mediated Reality: WearCam as a wearable face-recognizer, and other applications for the disabled*, AAAI Technical Report FS-96-05, Fall Symposium on Developing Assistive Technology for People with Disabilities, MIT, Cambridge, Massachusetts, P62-P69.
- [26] Singletary B. A., Starner T. E. (2001) *Symbiotic Interfaces For Wearable Face Recognition*, HCHI2001 Workshop On Wearable Computing.
- [27] Healey J, Picard R. (1998) *StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera* (1998) *Wearable Computers, Digest of Papers, Proceeding of the Second International Symposium on Wearable Computers*, Pittsburgh, PA, USA
- [28] Roy D., Ghitza Y., Bartelma J., Kehoe C. (2004) *Visual memory augmentation: using eye gaze as an attention filter*, *Wearable Computers, Eighth IEEE International Symposium on Wearable Computers*, Arlington, VA, USA
- [29] Jun Ge (2016) *Observers' Privacy Concerns About Wearable Cameras*, Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA
- [30] Mandiliotis D., Toumpas K., Kyprioti K., Kaza K., Barroso J., Hadjileontiadis L. (2013) *Symbiosis: An Innovative Human-Computer Interaction Environment for Alzheimer's Support*, In: Stephanidis C., Antona M. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction, User and Context Diversity, UAHCI 2013, Lecture Notes in Computer Science*, vol 8010, Springer, Berlin, Heidelberg
- [31] Marchionini G. (2006). *Exploratory search: From finding to understanding. Communications of the ACM: Supporting exploratory search*, New York, NY, USA, Vol.49, No.4, P41-P46.
- [32] White R.W., Roth A. R. (2009) *Exploratory Search: Beyond the Query-Response Paradigm, Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services #3*, Publishers, Morgan & Claypool San Rafael, California
- [33] Pickens J., Golovchinsky G. (2007) *Collaborative Exploratory Search*, HCIR, Workshop on Human-Computer Interaction and Information Retrieval, MIT CSAIL, Cambridge, Massachusetts, USA
- [34] White R. W., Kules B., Drucker S. M., m.c. schraefel (2006) *Supporting Exploratory Search, Communications of the ACM*, New York, NY, USA, Vol.49, No.4

- [35] Ruotsalo T., Athukorala K., Glowacka D., Konyushkova K., Oulasvirta A., Kaipiainen S., Kaski S., Jacucci G. (2013) Supporting Exploratory Search Through User Modeling, Proceeding ASIST '13 Proceedings of the 76th ASIS&T Annual Meeting: Beyond the Cloud: Rethinking Information Boundaries, Montreal, Quebec, Canada, No.39
- [36] Serim B. (2014) Querying and Display of Information: Symbiosis in Exploratory Search Interaction Scenarios. In: Jacucci G., Gamberini L., Freeman J., Spagnolli A. (eds) Symbiotic Interaction, Symbiotic 2014, Lecture Notes in Computer Science, vol 8820, Springer, Cham, P115-P120
- [37] Golenia JE., Wenzel M., Blankertz B. (2015) Live Demonstrator of EEG and Eye-Tracking Input for Disambiguation of Image Search Results. In: Blankertz B., Jacucci G., Gamberini L., Spagnolli A., Freeman J. (eds) Symbiotic Interaction, Symbiotic 2015, Lecture Notes in Computer Science, vol 9359, Springer, Cham, P81-P86
- [38] Limerick H., Moore J.W., Coyle D. (2015) Symbiotic Interaction and the Experience of Agency. In: Blankertz B., Jacucci G., Gamberini L., Spagnolli A., Freeman J. (eds) Symbiotic Interaction. Symbiotic 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9359. Springer, Cham, P99-P104.
- [39] Manaris B. (1998) Natural Language Processing: A Human–Computer Interaction Perspective, Advances in Computers, Academic Press, New York,, Vol.47, P1-P66.
- [40] Day M. C., Boyce S. J. (1993) Human Factors in Human-Computer System Design, Advances in Computers, Academic Press, New York, P333-P430.