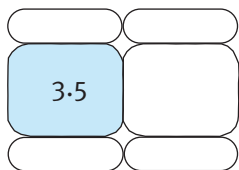




I NUOVI PERCORSI DELL'INTERAZIONE UOMO-MACCHINA

Stefano Levaldi

Le tecnologie ICT mettono sul mercato prodotti sempre più complessi per le applicazioni più varie: calcolo, comunicazione, servizi, creazione di contenuti, immagini, suoni. L'uso di questi prodotti implica una forte interattività con l'utente e pone quindi il problema di creare interfacce quanto più possibile amichevoli. Questo articolo presenta lo stato delle ricerche su alcuni tra i paradigmi più innovativi e sofisticati.



1. INTRODUZIONE

È noto ai lettori di questa rivista, attraverso articoli precedenti [16], che uno dei colli di bottiglia più significativi per l'impiego di nuove applicazioni nel mondo ICT è costituito dall'interfaccia. In generale, possiamo considerare il settore dell'interazione uomo-macchina come campo di ricerca applicata dove vengono studiate le caratteristiche che devono avere le interfacce per poter essere usabili ed accessibili dal maggior numero di persone. Usabili nel senso che siano facili da apprendere, agevoli da impiegare, efficienti dal punto di vista dello sforzo intellettuale necessario per capirle e adoperarle, ed effettive, cioè, che producano esattamente i risultati richiesti, niente di meno e soprattutto niente di diverso. Devono essere accessibili a tutti e, in particolare, come sottolineato dalla Comunità Europea, a portatori di handicap (visivi, uditivi o motori) e a utenti molto diversi per età, cultura, esperienza tecnica, origine culturale e linguistica.

Gli studi sull'interazione uomo-macchina – che negli Stati Uniti vanno sotto il nome di

CHI, *Computer-Human Interaction*, mentre in Europa si preferisce il termine HCI, privilegiando il fattore umano sulla macchina – comprendono diverse tematiche e discipline come le scienze cognitive (i meccanismi di apprendimento e memorizzazione), lo studio dell'attenzione e della percezione negli esseri umani, la modellazione dell'utente e dei diversi livelli di esperienza tecnica e, infine, gli esperimenti appositamente definiti per valutare – in termini quantitativi – la validità delle nuove proposte di interfaccia.

Per affrontare e risolvere le questioni sopra poste, si deve ricorrere a specialisti e progettisti informatici, che dovranno implementare le nuove interfacce lavorando in stretto contatto con gli utenti, cioè con un approccio di tipo *user centered*. L'utente è sicuramente il vero esperto del dominio applicativo per il quale l'interfaccia è progettata; è quindi colui che conosce le esigenze tipiche di quel dominio, vale a dire: le priorità, le connotazioni, ciò che deve essere visualizzato e stampato, la disponibilità dei risultati parziali e totali ecc.. Nell'ambito del

gruppo di progettazione sarà presente anche un esperto di usabilità (a volte chiamato *human factors engineer*) onde realizzare una interfaccia usabile da un certo gruppo di utenti, che svolge un particolare lavoro, in un determinato ambiente, che risulti efficiente ed effettiva.

Questo articolo intende presentare i nuovi percorsi che sono attualmente esplorati per consentire, ad una quantità sempre maggiore di utenti, di sfruttare le funzionalità dei nuovi dispositivi che la tecnologia ICT propone al mercato. Questi nuovi percorsi si chiamano: calcolo emotivo, calcolo ubiquo, calcolo indossabile ed, infine, calcolo trasparente.

2. CALCOLO EMOTIVO

La “qualità affettiva” di un sistema può essere definita in base alle reazioni emotive suscitate.

“L’emotività include il modo, le sensazioni ed i sentimenti che sono le caratteristiche fondamentali dell’essere umano e che influenzano notevolmente i suoi riflessi, la sua percezione, la sua conoscenza ed infine il suo comportamento” [14]. Il processo emotivo è di natura giudicante, assegna in modo veloce ed efficiente valenze positive o negative all’ambiente, mentre quello cognitivo interpreta tali valenze e fornisce un significato al mondo circostante.

È appena il caso di sottolineare che gli effetti delle emozioni sui processi razionali dell’uomo sono estremamente significativi, tanto da velocizzarli o rallentarli, a seconda del segno positivo o negativo delle emozioni percepite. In effetti, la qualità affettiva è l’abilità di un oggetto o stimolo a modificare l’attaccamento di una persona a quell’oggetto. I dati sperimentali ottenuti nelle ricerche sulla interazione uomo-macchina, suggeriscono che la qualità affettiva di una interfaccia ha un impatto sulla usabilità percepita dall’utente di tale interfaccia.

Lo stato emotivo, psicologico, sentimentale di una persona è di natura fisiologica, accessibile in modo conscio e semplice, non riflessivo; una miscela di piacere/dispiacere, di valori buoni/cattivi che generano interesse/repulsione in misura proporzionale

all’impegno che la persona ritiene di volere assumere. Questo stato è di natura primitiva, universale ed è alla base di ogni tipo di evento portatore di emozioni.

La qualità affettiva di un sistema si può anche definire come la capacità di suscitare una modifica del nucleo emotivo di una persona. Questa proprietà, che appartiene agli stimoli, è presente anche nell’interfaccia del sistema. In altre parole, questi oggetti determinano la qualità affettiva in quanto vengono interpretati dall’utente sulla base di quanto siano essi piacevoli/spiacevoli, eccitanti/noiosi, scatenanti/tranquillizzanti e influenzano quindi le reazioni dell’utente. Introduciamo ora dei parametri che servono per studiare le motivazioni delle scelte degli utenti rispetto alle caratteristiche emotive della interfaccia. Iniziamo dalla PAQ (*Perceived Affective Quality*), che possiamo definire come la qualità emotiva percepita: è la percezione individuale della capacità che ha la tecnologia informatica di modificare la componente emotiva, e viene misurata attraverso la sua valenza e l’attivazione conseguente. Un secondo parametro interessante è la PU (*Perceived Usability*) o usabilità percepita; essa ha un forte impatto sulla intenzione del comportamento dell’utente, denominata BI (*Behavioural Intention*), così come anche lo ha la PEOU o facilità d’uso percepita (*Perceived Emotional Observed Usability*).

L’ansia, una tipica forma di emozione, generata dall’uso (almeno all’inizio) di una nuova interfaccia, produce un effetto sulla PU mediato dalla PEOU; d’altra parte il piacere di usare l’interfaccia (detto *joy-of-use*) ha sia le componenti della valenza che dell’attivazione sul nucleo personale dell’emotività (che quindi fornisce un impatto positivo), sia sulla usabilità percepita, che sulla facilità d’uso percepita. La scelta dell’interfaccia da parte dell’utente mostra una forte correlazione con i valori della PU e della PEOU, poiché quella scelta lascia intravedere una maggiore usabilità.

Da una analisi compiuta sul tema [14], è stato ricavato un modello empirico delle relazioni fra i parametri prima introdotti (Figura 1); i valori numerici indicati riflettono i legami osservati negli esperimenti sugli ef-

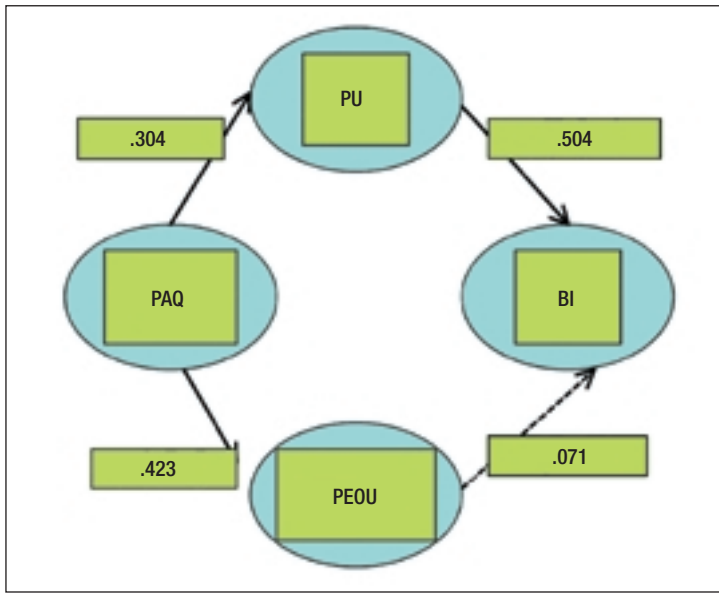


FIGURA 1
 Modello empirico
 per l'analisi
 dei parametri
 emotivi [14]

fetti emotivi percepiti dagli utenti. Questi esperimenti sono stati fatti con studenti che dovevano valutare il sito Internet della loro università; la PAQ è stata misurata sulla base di quattro valori legati alle qualità del sito: divertente, noioso, piacevole, spiacevole; hanno partecipato all'esperimento 194 giovani. Da una analisi statistica accurata, è risultato che la PAQ aveva un effetto positivo notevole sia sulla PU che sulla PEOU, ma non in modo diretto sulla BI (comportamento successivo), che è invece mediato da PU e da PEOU. In sintesi, la valutazione cognitiva da parte dell'utente dello strumento informatico (il sito Internet in questo caso) discende dal primo impatto emotivo, detto anche *touch-and-feel*, così come avviene nell'incontro con una persona per la prima volta, dove le sensazioni emotive iniziali sono determinanti. I concetti di affetto ed emozione sono di natura complessa e difficile da esprimere quantitativamente e, ancor più, da inserire in programmi o in macchine che dovranno interagire con esseri umani; la psicologia, però, può aiutarci a capire quale è il ruolo delle emozioni nei nostri comportamenti e quindi perché ne dobbiamo tenere conto durante la progettazione di sistemi informatici come le interfacce e, più in generale, di programmi applicativi. Dai parametri considerati si vede che vi sono delle valutazioni sulle aspettative degli utenti; in altre paro-

le, quali emozioni susciteranno i programmi che adopereremo per la prima volta? Oltre a ciò, quali emozioni umane possiamo dire che vengano riconosciute dalla macchina (da opportuni programmi) in modo tale da adeguare le successive interazioni ai nostri "umori emotivi"? Come si vede, ci troviamo davanti ad una situazione simmetrica, tra essere umano e sistema, dove le emozioni giocano un ruolo importante per la buona riuscita delle successive interazioni.

Possiamo anche considerare la qualità estetica delle presentazioni di informazioni [2]. Anche esse suscitano emozioni nell'utente, in particolare per quanto riguarda la pluralità (la molteplicità di informazioni) e la prospettiva (la possibilità di osservazione da diversi punti di vista), analoghe alle "viste" dei dati nelle basi di dati. Riprendendo una frase da [2], "è preferibile vedere un tramonto con mille occhi diversi, che mille tramonti". Vi è un forte collegamento fra l'aspetto estetico e le emozioni, in quanto il primo suscita le seconde, facilitando l'estrazione di dati significativi da grosse moli di informazioni. Lo stile, il genere ed il tema corrispondono ad una struttura che può facilitare la comprensione ed il ritrovamento dei dati rilevanti per l'utilizzo dell'applicazione. Come non vi è un'unica interpretazione della realtà, così dicasi per la rappresentazione della realtà; non esiste la visualizzazione ottimale, bensì quella più adatta per un certo insieme di utenti che devono svolgere un compito all'interno di uno specifico dominio applicativo.

Tra i maggiori esperti del calcolo emotivo, nonché antesignana del settore, è Rosalind Picard, che lavora al prestigioso MIT di Boston [7]. Lei ed i suoi collaboratori si muovono in un ambito che parte dalle scienze cognitive, prende i risultati della psicologia, delle neuroscienze, della medicina, della psicofisiologia, della sociologia e dell'etica, per sviluppare degli strumenti ingegneristici in grado di misurare, modellare, ragionare e reagire alle emozioni. A questo scopo, stanno sviluppando sensori, algoritmi, sistemi e teorie che dovrebbero consentire di sintetizzare nuove forme di intelligenza e di comprensione da parte degli umani.

Come esempio di progetto emotivo che viene

svolto al MIT, si può citare il “Sarto per Interfaccia”, un agente (cioè un programma con autonomia e con scopi prefissati) che cerca di adeguare un sistema in risposta ad una reazione emotiva. La frustrazione, rivelata attraverso esperimenti, viene impiegata come elemento di selezione fra le reazioni dell’utente a diverse interfacce. Per esempio, questo approccio è utilizzato per cercare di rendere più adattivo l’“Assistente” dei programmi Microsoft.

Si possono citare diverse fonti che illustrano quanto sia significativo considerare le emozioni nei momenti decisionali, di ragionamento e di comportamento. In particolare, il comportamento dell’utente dipende da ciò che viene percepito [4]; per esempio, una interruzione durante un ragionamento può portare a concentrarsi su un maggior livello di dettagli, oppure può essere causa di frustrazione (per esempio, squilla il telefono durante l’esecuzione di una parte critica di un lavoro). La frustrazione, invece, genera sempre un atteggiamento negativo ed aumenta la probabilità di errore.

Ci sono ormai nel mondo diversi gruppi qualificati che si occupano dell’approccio emotivo per migliorare l’interazione uomo-macchina (utente-programma); un breve elenco è riportato in [1]. Un centro di ricerca è presso l’Università di Stanford, dove l’importanza delle emozioni è ben presente (“No aspect of our mental life is more important to the quality and meaning of our existence than emotions” [10]). Come già accennato, anche al MIT c’è, da tempo, un gruppo di ricercatori che lavora sul tema del calcolo emotivo [8]. Donald Norman, guru dell’informatica cognitiva, che si occupa di un progetto per le macchine emotive, spiega così le sue idee sul ruolo delle emozioni nei calcolatori del futuro: “progetto emotivo: bellezza e cervello, piacere ed usabilità vanno mano nella mano per ottenere una buona progettazione” [5].

3. CALCOLO UBIQUO

Passiamo ora ad un’altra forma di calcolo che è alla ribalta: si tratta del calcolo ubiquo. Il principale propugnatore di questa forma di calcolo è Mark Weiser dello Xerox PARC (*Palo Alto Research Center*) in Califor-

nia, fucina di molte delle idee rivoluzionarie nel campo dell’informatica degli ultimi cinquanta anni.

Questo tipo di calcolo si ha quando la computazione viene integrata con l’ambiente; ci troviamo allora davanti ad un sistema di calcolo ubiquo (*ubiquitous computing*). Va detto che il calcolo ubiquo può coesistere col calcolo emotivo visto prima.

Vi è anche un altro modo di illustrare lo stesso concetto, dicendo che il calcolo ubiquo coincide col calcolo “pervasivo”, secondo cui gli utenti non dovrebbero più portare con sé o avere in ufficio o in casa dei calcolatori, in quanto potrebbero sfruttare le potenze di calcolo (e di comunicazione) presenti nei sistemi integrati in edifici, pareti, mobili ecc.. In questo modo viene facilitata anche l’interazione col sistema attraverso gesti, parole, sguardi, movimenti del corpo. In effetti, i sistemi integrati nell’ambiente dovranno essere sensibili ad ogni cambiamento prodotto in loco, riconoscere automaticamente tale cambiamento, ed agire poi sulla base delle necessità dell’utente e delle sue preferenze.

Come semplici esempi di applicazioni di questo tipo, si può citare il segnale proveniente da un sistema GPS (sistema di posizionamento globale) che arriva ad un guidatore in automobile, fornendogli le indicazioni necessarie per arrivare a destinazione; oppure un lettore di codice a barre dei prodotti di un supermercato, che fornisce all’uscita il costo della merce inserita nel carrello.

Il già citato Weiser (ora all’IBM) in un suo articolo [13] parla di “spazi mediatori” e presenta il suo punto di vista sul calcolo ubiquo. Secondo Weiser, il calcolo ubiquo rappresenta la terza ondata della computazione: la prima è quella dei mainframe (nati negli anni ’50), la seconda è quella dei personal computer (anni ’70-’80), e la terza è quella del calcolo ubiquo (il “terzo paradigma” del calcolo, anche secondo Alan Kay). Le tre ere sono rappresentate nel grafico di figura 2. Come si vede, l’autore è assai ottimista sulla crescita del calcolo ubiquo.

Il calcolo ubiquo può essere contrapposto alla realtà virtuale nel senso che questa cerca di inserire le persone, gli utenti, in una realtà artificiale creata dai programmi (sempre più

realistici), mentre il calcolo ubiquo spinge le macchine dovunque ci siano delle persone, ma non necessariamente nelle loro case od uffici. La realtà virtuale richiede grandi potenze di calcolo per elaborare o riprodurre le sottigliezze e i dettagli della realtà fisica; il calcolo ubiquo, invece, si basa su una buona integrazione di fattore umano, informatica, ingegneria e scienze sociali.

I primi oggetti destinati a sperimentare il concetto di ubiquità sono stati costruiti negli anni 1988-1994 presso i laboratori di ricerca applicata dello Xerox PARC, ed hanno nomi come *tab*, *pad*, e *board*. Sono costituiti da piccoli calcolatori che possono eseguire compiti semplici, sono mobili e possono comunicare fra di loro senza fili mediante trasduttori a raggi infrarossi; nel loro insieme costituiscono un sistema chiamato PARCTAB.

La premessa da cui è partito Weiser è che le persone vivono e lavorano in accordo a prassi e conoscenze tacite che, normalmente, nella realtà non sono individuabili (sono quindi invisibili).

Il primo tentativo di riprodurre questa nuova realtà è stato quello di distribuire alle persone e negli uffici centinaia di dispositivi di calcolo senza fili, di tutte le dimensioni, da piccoli schermi di un pollice a quelli giganteschi da muro. Questo tentativo ha richiesto la riprogettazione dei sistemi operativi, delle interfacce utente, delle reti, dei dispositivi di comunicazione, dei pannelli di visualizzazio-

ne e di molti altri dispositivi tecnologici. Questa attività è stata denominata "calcolo ubiquo" ed è diversa dalla costruzione di PDA (assistenti personali), dynabook (quaderni con puntatori ipermediali) o anche dei mini-dispositivi che forniscono informazioni sulla punta delle dita dell'utente.

Si tratta quindi di realizzare un sistema che non si vede, che funziona ovunque, che non risiede all'interno di un dispositivo personale, ma si trova in ogni posto; un sistema, cioè, ubiquo.

Molti gruppi di ricerca applicata hanno cercato di rendere il calcolatore un oggetto del desiderio: esteticamente interessante, funzionale, semplice da usare, di valore simbolico, che "parlasse delle qualità di chi lo possiede". Un esempio di oggetto che riassume queste caratteristiche è iPod della Apple, una memoria portatile che consente l'ascolto di brani musicali, di cui sono stati prodotti più di cinquanta milioni di esemplari.

In direzione opposta si colloca il calcolo ubiquo che mira ad oggetti così ben inseriti nel contesto da essere invisibili e poter essere usati senza neanche conoscere dove si trova la piattaforma di calcolo.

Presso il *Georgia Institute of Technology* è in funzione il *Graphics Visualization ed Usability Lab* [3], che ha un settore dedicato al calcolo ubiquo, dove sono in corso diversi progetti interessanti, ispirati a questo paradigma di calcolo.

Un esempio è l'archivio di fotografie familiari, dove sono registrate sequenze di immagini corredate di dati che consentono di ritrovare la sequenza voluta. Questo progetto include anche la possibilità di annotare automaticamente una sequenza di immagini durante la ripresa (*Context Camera*).

Un altro progetto, denominato *Abaris*, usa una tecnologia di cattura e di recupero di scenari per facilitare l'analisi, in modo discreto, dei comportamenti di bambini autistici. *PAL* invece è un loop audio che aiuta a riprendere il filo di una conversazione quando questo è stato interrotto (anche pochi minuti prima). Infine, un altro esempio di progetto applicativo è quello che utilizza telecamere, macchine fotografiche e proiettori per impedire riprese (foto, video, audio) non autorizzate, come ad esempio nei musei e gallerie d'arte.

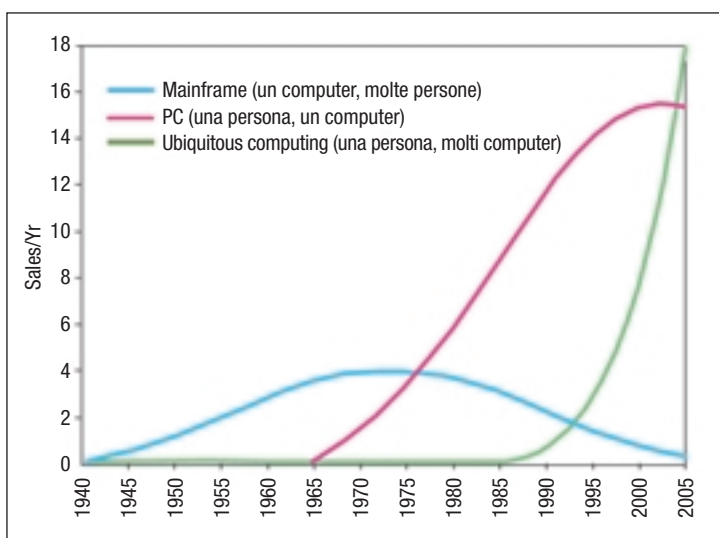


FIGURA 2
Le ere dell'informatica secondo Weiser [13]

4. CALCOLO INDOSSABILE

Secondo una definizione (Steve Mann [4]), il calcolo indossabile si ha quando il calcolatore (o la piattaforma di calcolo) è integrato nello spazio personale dell'utente ed è operativo ed interattivo in ogni momento, essendo sempre acceso e disponibile. In generale, si tratta di uno o più dispositivi che, essendo sempre assieme all'utente, sono in grado di ricevere ed eseguire i comandi che ricevono in qualunque situazione, sia che la persona sia ferma oppure in movimento. Naturalmente, a differenza di altri dispositivi indossabili come l'orologio o le cuffie, il calcolatore indossabile (*wearable computer*) ha tutte le funzionalità di un sistema programmabile; è cioè utilizzabile per applicazioni generali ed è riconfigurabile, restando però strettamente connesso a chi lo indossa.

Per descrivere con maggiore dettaglio il calcolo indossabile, dobbiamo riferirci alle sue tre caratteristiche operative e cioè:

1. *constancy*;
2. *augmentation*;
3. *mediation*.

La prima caratteristica sta ad indicare il fatto che il funzionamento è continuativo e la disponibilità nel tempo è totale, a differenza di altri dispositivi come, ad esempio, il personal assistant (PDA) che deve essere acceso ed avviato; il flusso informativo fra calcolatore indossabile ed utente è sempre presente in entrambe le direzioni.

La seconda caratteristica si riferisce al fatto che il calcolatore è operativo anche mentre l'utente sta svolgendo una attività; in questo modo vengono aumentate le capacità sensoriali e intellettive dell'utente.

Infine, la terza caratteristica, consente di proteggere l'utente in misura maggiore rispetto a ciò che avviene con calcolatori usuali, anche portatili. Possiamo ulteriormente precisare questa caratteristica considerando due aspetti, cioè isolamento e *privacy*. Il primo indica il funzionamento come filtro, in modo da non ricevere informazioni indesiderate. Il secondo riguarda, invece, la possibilità di nascondere alcune caratteristiche dell'utente o di presentarne altre a seconda degli interlocutori, degli ambienti, delle situazioni. Quando dobbiamo (o vogliamo) interagire con si-

stemi di elaborazione ignoti o potenzialmente pericolosi, potremmo proteggerci mediante il calcolo indossabile, presentandoci in modo "schermato". Diventa più difficile osservare un utente (via telecamera o microfono) se egli si presenta con un programma che lo "avviluppa".

Poiché il calcolatore indossabile è a contatto di pelle (attraverso tessuti con microcalcolatori incorporati) di chi lo indossa, è anche possibile rilevare parametri biomedici di interesse per monitorare lo stato di salute del portatore. In sintesi, fra utente e calcolatore è possibile inserire uno strato di protezione opzionale che si può togliere, anche parzialmente, se si desidera una modalità operativa che sfrutti una combinazione di *augmentation e mediation*.

I flussi informativi corrispondenti ai tre elementi prima indicati sono rappresentati nella figura 3, dove il ruolo dell'umano rimane costante nel loop con la macchina, oppure si modifica all'interno di un loop o, infine, si trova semplicemente all'interno del percorso di elaborazione.

Vediamo ora le sei caratteristiche specifiche dei segnali informativi all'interno del calcolo indossabile, che sono presenti nel rapporto sinergico fra l'essere umano e il calcolatore indossato.

1. **Caratteristica non monopolizzante:** implica la possibilità per l'utente di svolgere altre attività oltre a quelle possibili con il calcolatore indossato. Diversamente dalla realtà virtuale, la persona non è immersa in un mondo diverso da quello reale. Il calcolo risulta una attività secondaria anziché l'aspetto primario dell'attenzione. In effetti, in teoria, il sistema indossato può fornire ulteriori capacità sensoriali anche se potrebbe mediarle, cioè, modificarle, o addirittura diminuirle.
2. **Caratteristica non restrittiva:** non diminuisce la mobilità dell'utente, non inibisce il suo spostamento fisico.
3. **Caratteristica di osservabilità:** in ogni momento l'attenzione dell'utente può essere rivolta ai risultati del calcolo, agli stati successivi del sistema indossato.
4. **Caratteristica di controllabilità:** il sistema reagirà sempre e soltanto su richiesta dell'utente; quindi il controllo sarà sempre in

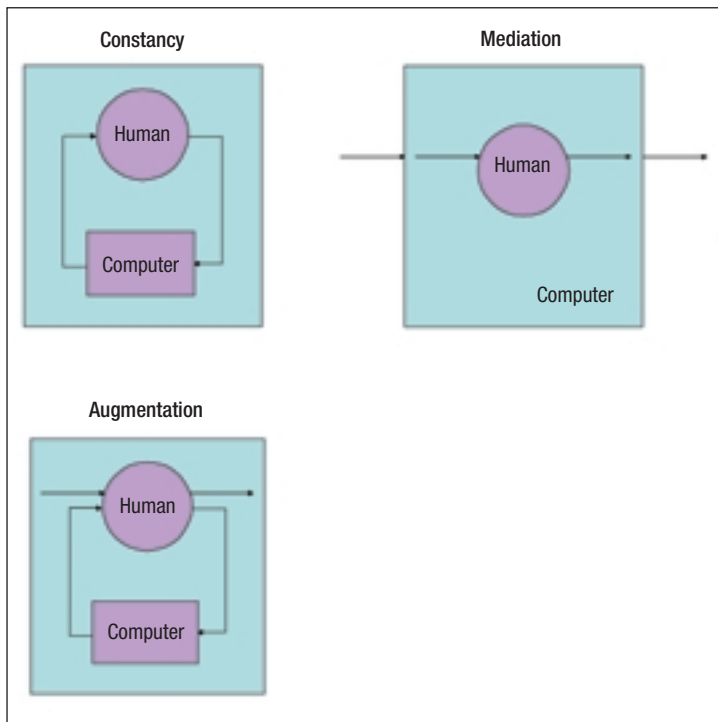


FIGURA 3
I flussi informativi nelle tre diverse modalità operative del calcolo indossabile [4]

mano di chi lo indossa. Anche in presenza di un programma automatico, l'utente potrà sempre interromperne l'esecuzione. La continuità del rapporto fra utente ed interfaccia produce la totale controllabilità del sistema indossato.

5. Caratteristica di attenzione: è riferita all'ambiente, ossia sensibilità rispetto al posto ed al contesto dove il sistema si trova.

6. Caratteristica comunicativa: rispetto ad altri sistemi, aumentando le capacità di espressione dell'utente oppure migliorando la produzione di informazioni di vario tipo, ad esempio artistico.

Possiamo ora vedere quali sono veramente le applicazioni del calcolo indossabile. Mann osserva che ogni nuova disciplina informatica inizia con una teoria di base, quasi un sogno del proponente; a volte le teorie hanno delle applicazioni semplici ed immediate.

Nel settore del riconoscimento di forme (*pattern recognition*) l'analisi dei volti per confrontarli con quelli di persone pericolose aumenta la sicurezza in situazioni difficili; questo è sicuramente un campo nel quale il calcolo indossabile può fornire una risposta sicura ed affidabile se gli algoritmi di riconoscimento vengono eseguiti mediante confronti con una base dati di volti.

Un'altra applicazione, può essere la riparazione di uno strumento: non sempre è possibile avere un manuale a disposizione, mentre il dispositivo indossabile può fornire la descrizione, le regole di funzionamento e le prove necessarie per trovare il guasto di una fotocopiatrice, di una fotocamera digitale ecc..

Nel caso di persone con problemi di vista, l'applicazione *BlindVision* fornisce un sistema basato su radar che, incorporato in una maglia da indossare, è in grado di rivelare oggetti vicini al portatore, restituendo segnali e.m. riflessi dagli oggetti; gli oggetti vicini forniscono segnali diversi da quelli lontani. Questo sistema si può descrivere come la visione basata sul senso del tatto. Il sistema potrebbe anche essere impiegato da ciclisti o motociclisti che debbano muoversi in ambienti con ostacoli.

Un'altra applicazione, inversa della precedente, è quella chiamata *Mediwear*, che elabora segnali elettrofisiologici del corpo umano (anziché quelli esterni prodotti dalle onde radar riflesse), svolgendo funzioni di monitoraggio, valutando parametri utili a stabilire la differenza fra stato normale e stato critico; in quest'ultimo caso, *Mediwear* manda una comunicazione ad un presidio medico.

ENGwear è, invece, un sistema per la raccolta di informazioni da spedire ad un gruppo, una comunità con la quale l'utente condivide degli interessi. Mentre le applicazioni viste sopra sono di natura individuale, questa differisce nel senso che consente a più persone di scambiarsi informazioni (testuali, grafiche, sonore ecc.) su argomenti di interesse comune. In altre parole, *ENGwear* è un sistema indossabile per la cooperazione assistita da calcolatore (*computer-supported collaborative work, CSCW*).

Le applicazioni menzionate sono solo alcune delle possibilità offerte dal calcolo indossabile; sicuramente ne nasceranno delle altre man mano che la tecnologia consentirà di incorporare negli abiti microdispositivi sempre più sofisticati.

Passiamo ora a riassumere le caratteristiche fondamentali del calcolo indossabile. Certamente l'aspetto essenziale è quello del potenziamento individuale grazie al fatto di



equipaggiare la persona con uno spazio informativo privato, personalizzabile e totalmente controllabile. Anche il calcolatore che funziona a casa o in ufficio è controllabile dall'utente, ma non è così personale e in grado di potenziare le capacità dell'utente come un calcolatore indossabile, totalmente integrato nello spazio personale.

Agli inizi, negli anni '70, il calcolo indossabile si presentava come uno schermo miniaturizzato collocato su uno o due occhi, con dispositivi di ingresso come tastiere o joystick da tenersi in mano ed un microfono per potere inserire il parlato. Naturalmente, e spinti da applicazioni militari, questi dispositivi, a parità di prestazioni, hanno ridotto grandemente le loro dimensioni nell'arco degli ultimi dieci anni.

Ma quali sono gli aspetti essenziali che consentono il potenziamento dell'utente attraverso il calcolo indossabile? Uno è costituito dall'ampliamento delle funzioni di memoria, ossia il recupero di tutte le informazioni raccolte (con telecamera, con radar, con microfono ecc.) e la possibilità di condividerle con più individui, che possono sfruttare informazioni reciproche, scambiarle, utilizzare informazioni provenienti da altri utenti ecc.. Una forma quindi di intelligenza collettiva, nel senso che più individui possono collaborare (attraverso sistemi CSCW) anche quando qualcuno di loro sta eseguendo un compito diverso. Altre applicazioni riguardano la sicurezza, che differisce dai sistemi di sorveglianza centralizzata in quanto il sistema si trova sugli abiti dell'utente e quindi è in grado di proteggerlo a livello individuale.

Si può operare senza connessioni fisiche, nel senso che non si richiede un cavo o una spina per poter funzionare, un funzionamento quindi totalmente autonomo. Infine, si può dire che si realizza un sistema sinergico, dove la persona svolge i compiti creativi o comunque più pertinenti alla sua natura, mentre il calcolatore svolge i lavori ripetitivi. Dopo un certo periodo, il calcolo indossabile diventa una estensione della mente e del corpo del portatore, ed allora non è più una entità separata. Possiamo, cioè, parlare di una integrazione delle due capacità, invece che di una semplice som-

ma; a volte questa sinergia viene chiamata Intelligenza Umanistica. Mann [4] parla anche di un aumento della qualità della vita, che appare però discutibile, tenendo conto di certe conseguenze dell'automazione in genere e delle applicazioni informatiche in particolare. È più prudente esprimere un giudizio cauto; il calcolatore da indossare può risultare per alcuni un piacevole accessorio che facilita i suoi compiti, per altri, invece, un fastidioso aggeglio dal quale è meglio prescindere.

Presso il MIT di Boston è in funzione, all'interno del Media Lab, il Laboratorio di Dinamica Umana dove, sotto la direzione di Sandy Pentlan, lavora un gruppo di una ventina di ricercatori. L'approccio di questo gruppo si basa sull'idea che l'impiego del calcolatore deve essere completamente modificato rispetto all'uso tradizionale, deve cioè essere indossato come gli occhiali o gli abiti e l'interazione con esso deve dipendere dalla situazione. Per potere sfruttare questa tecnologia bisognerà fornire il portatore con visualizzatori collocati sulla testa, dispositivi di ingresso che non ostacolino le attività correnti, reti locali senza fili (sia per l'alimentazione che per la trasmissione/ricezione dell'informazione), e inoltre un certo numero di sensori, in modo che l'utente possa disporre di un agente pro-memoria, una realtà aumentata e possa interagire con una collettività di individui, anch'essi portatori di sistemi di calcolo indossabili.

Vediamo ora alcune applicazioni studiate presso il MIT. Il sistema *LiveNet* incorpora delle tecnologie per il controllo della salute (analogamente a *Mediwear*); è questo un tema che acquisterà sempre maggiore importanza in futuro, anche a causa dell'aumento dell'età media della popolazione. Il progetto ha, in particolare, l'obiettivo di fornire rapporti aggiornati sullo stato di salute di una persona combinando la disponibilità di un personal assistant (PDA), basato sul sistema operativo Linux, con quella di software open-source per la gestione dei sensori specializzati per la trasduzione di segnali bio-elettrici. *LiveNet* può essere impiegato per il monitoraggio prolungato nel tempo, per osservare variazioni lente di pa-

rametri biofisici e per comunicare i risultati ad unità terapeutiche a distanza.

GroupMedia è un insieme di strumenti ed applicazioni che consentono di rimanere aggiornati utilizzando le conoscenze dei membri di un gruppo mediante telefoni cellulari e strumenti tipo PDA. Mediante studi sui modelli di comportamento e di interazione sociale, si pensa di realizzare del software specifico per la prossima generazione di calcolo indossabile.

Un altro esempio rilevante è *Reality Mining*, considerato il più grande progetto basato su telefonia mobile negli Stati Uniti, che, sfruttando la grande diffusione dei cellulari e utilizzando dati sulla dinamica del comportamento individuale e di gruppo, cerca di costruire dei modelli con cui prevedere il comportamento futuro dell'utente e delle organizzazioni sociali.

Si può citare anche il progetto *Learning Humans* che mira a sviluppare delle tecniche per capire i meccanismi del comportamento umano nell'ufficio (o in altri ambienti) e valutare le interazioni delle persone nei processi operativi, onde consentire una integrazione ottimale fra attività informatizzate e manuali nell'attività quotidiana.

Un altro centro dedicato al calcolo indossabile è il *Wearable Computing Laborator* dell'University of Oregon [6]. È stato creato nel 1995 con l'obiettivo di progettare, sviluppare e valutare la tecnologia del calcolo indossabile e mobile, per facilitare e migliorare la collaborazione fra le persone.

Tra i progetti in corso c'è quello denominato "comunità di calcolo indossabile", che intende sfruttare le tecnologie di cui parliamo per aiutare le persone durante i loro incontri nel mondo quotidiano, nell'ufficio, nell'ascensore, nei negozi... Il quesito cui il progetto cerca di dare una risposta è come possa il calcolo mobile ed indossabile facilitare o aumentare le interazioni sociali e quale effetto possa avere sulle modalità di interazione fra le persone e le comunità cui appartengono.

Un altro progetto, denominato *iSIM (Computing Environment Simulator)* serve a collaudare applicazioni indossabili e dipendenti dal contesto prima della effettiva implementazione. I fattori considerati nelle si-

mulazioni sono vari: la luce, i suoni, il sistema di posizionamento (GPS), la temperatura, le reti wireless ecc.. Il sistema è anche in grado di gestire le interazioni fra agenti, reti di interconnessione fra diverse piattaforme di calcolo, mappe topografiche ecc.. Ancora presso l'Università dell'Oregon, degno di menzione è il progetto *Auranet*. Questa applicazione è mirata a persone appartenenti a comunità diverse che si incontrano in uno spazio sociale chiamato "Aura". Il collante fra queste persone non è lo scambio di denaro o beni materiali, ma la disponibilità di tempo per aiutarsi a vicenda, condividere certi valori, creare e gestire rapporti di mutuo beneficio. Vi è una somiglianza fra queste comunità che indossano dispositivi di calcolo e quelle ormai diffuse su Internet; in entrambi i casi, infatti, l'obiettivo è di migliorare la qualità e lo spirito della cooperazione. Si può dire che ciò che i siti comunitari fanno nel Cyberspazio, il calcolo indossabile lo fa nella vita reale.

Non è possibile valutare ora quali saranno le conseguenze della diffusione del calcolo indossabile, quali i benefici e quali i limiti, ma sicuramente queste tecnologie influiranno sulle interazioni presenti nel mondo del lavoro, negli scambi sociali e nelle diverse attività, anche ludiche, svolte dagli esseri umani.

5. CALCOLO TRASPARENTE

Ed ora, per finire, un cenno ad uno dei temi più recenti della ricerca sulle interfacce e l'interazione uomo-macchina, cioè il calcolo trasparente. All'interno dell'informatica, la trasparenza è sempre stata vista come quella proprietà che nasconde uno strato di programmazione (interfaccia trasparente è quella che non si vede), facilitando quindi il lavoro dell'utente in modo che non debba preoccuparsi dei dettagli implementativi di funzioni (come per esempio la gestione delle finestre sullo schermo) e quindi possa concentrarsi sul lavoro da svolgere ossia l'utilizzo delle applicazioni.

Recentemente, su suggerimento di Steve Tanimoto ([11] e comunicazione personale), è nata l'idea di una computazione di natura trasparente, dove cioè l'esecuzione detta-

gliata dei programmi interni al sistema è visibile dall'utente. Normalmente, la visibilità dei dettagli del sistema, delle ipotesi di partenza, dei processi attivi e di altre caratteristiche del comportamento del sistema, sono in contrasto con i metodi cosiddetti della scatola nera, con l'incapsulamento degli oggetti e, più in generale, coi principi dell'ingegneria del software.

L'approccio del calcolo trasparente offre invece la possibilità di visualizzare – a diversi livelli – l'evoluzione della computazione, si tratti di calcolo numerico o di trasformazioni di immagini o del percorso su un grafo. Questa possibilità, che in futuro potrebbe diventare controllabile dall'utente, ha subito due conseguenze rilevanti:

1. una migliore comprensione del significato dei programmi e della loro esecuzione
2. una maggiore efficacia nella presentazione di un sistema o di una piattaforma a scopi didattici e/o di addestramento.

La trasparenza può, a differenza dell'ingrandimento del livello di granularità nell'astrazione, fornire viste diverse di uno stesso sistema, più adeguate per un utente che deve apprendere, riparare, utilizzare, spiegare tale sistema. Si possono anche fornire delle trasparenze specifiche come quelle sintattiche (dettagliando le regole), semantiche (fornendo significati precisi), temporali (visualizzando i diversi stati del sistema nell'arco del tempo).

Per fare un esempio di trasparenza sintattica nei confronti di un algoritmo e della sua successiva codifica in un programma, la figura 4 mostra la versione grafica di un linguaggio visivo basato sul flusso dei dati presentato in un convegno sui linguaggi visuali di diversi anni fa. Si tratta di un semplice convertitore da gradi Fahrenheit a Celsius e lo schema mostra i passi della computazione dall'ingresso del dato, alle elaborazioni successive fino al risultato finale nella casella designata.

Nelle interfacce grafiche sono comuni le icone che rappresentano dei comandi; una di queste è un interruttore con più di due stati (*toggle switch*), che però non mostra in quale stato si trova. Per esempio, il comando che serve per passare dalla proiezione di una diapositiva su uno schermo

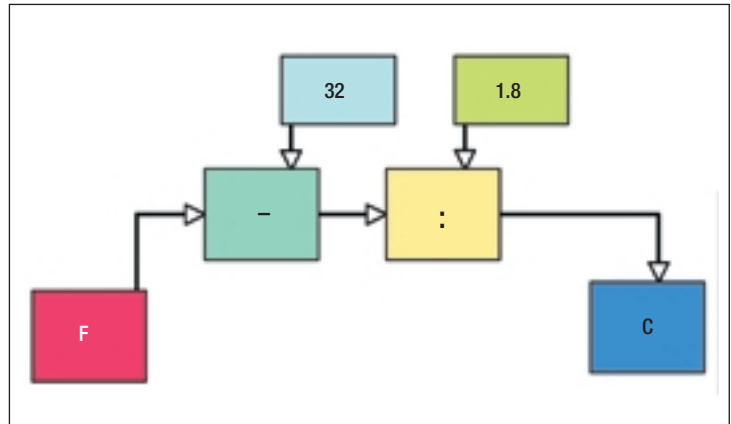


FIGURA 4

Convertitore da gradi Fahrenheit a Celsius

murale allo schermo del computer, o su entrambi gli schermi o su nessuno di essi, richiede evidentemente quattro stati che, però, non sono visibili all'utente. In questo caso si può parlare di mancanza di trasparenza semantica.

Sempre nell'ottica di aumentare la trasparenza all'utente e facilitargli il compito, sarebbe utile poter visualizzare le conseguenze di un comando dato selezionando e attivando una particolare icona.

In definitiva, ogni utente, o classe di utenti, potrebbe disporre di un modello di sistema, a seconda di ciò che gli serve conoscere del suo sistema. In questo modo, si realizzerebbe una trasparenza personalizzata.

6. CONCLUSIONI

Abbiamo visto tre diversi approcci (più, molto sommariamente, un quarto finale) diretti a superare gli attuali limiti delle interfacce e migliorare l'interazione uomo-macchina, rendendola fluida, naturale, efficiente ed effettiva.

I vari approcci non sono in contraddizione fra loro, anzi possono condividere alcune proprietà, cioè un sistema può essere contemporaneamente emotivo ed indossabile, emotivo ed ubiquo ecc.. Si tratterà quindi di sperimentare, in situazioni reali e non più in laboratorio, quali sono gli effetti, positivi o negativi, che questi approcci sono in grado di fornire. Non sempre la tecnologia ha migliorato la vita, ma è bene provare e riprovare per saperne di più.

Bibliografia

- [1] Artificial Intelligence Topics, <http://www.aaai.org/AITopics/html/emotion.html#good>
- [2] Fishwick P.: Enhancing experimental and subjective qualities of discrete structure representations with aesthetic computing. *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol 16/5, 2005, p. 406-427.
- [3] Georgia Tech, Ubiquitous Computing Group, <http://home.cc.gatech.edu/ubicomp/52>
- [4] Mann, Steve, Univ. of Toronto, 1998, <http://about.eyetap.org/fundamentals/>
- [5] Don Norman, http://www.acm.org/ubiquity-views/v4i45_norman.html
- [6] Oregon University, <http://www.cs.uoregon.edu/research/wearables/>
- [7] Picard Rosalind, <http://web.media.mit.edu/~picard/>
- [8] Picard2 Rosalind, <http://affect.media.mit.edu/>
- [9] Sekuler R., Blake R.: *Perception*. McGraw Hill, New York, 1994,
- [10] Stanford University, <http://plato.stanford.edu/entries/emotion/>
- [11] Tanimoto Steve: *Transparent Interfaces: Models and Methods*. Workshop on Invisible and Transparent Interfaces, Aaron Quigley, Steven Tanimoto, organizers, Gallipoli, (Italy), 2004.
- [12] Wearables, <http://www.media.mit.edu/wearables/>
- [13] Weiser Mark: *Mediated Spaces*, <http://www.research.ibm.com/journal/sj/384/mark.html>
- [14] Zhang Png, Li Na: The Importance of Affective Quality. *Com of ACM*, Vol. 48, n. 9, sep. 2005, p. 105-108.
- [15] Samudra Sengupta, Takayuki Dan Kimura, Ajay Apte: *An Artist's Studio: A metaphor for modularity and Abstraction in a Graphical Diagramming Environment*. Proc. IEEE Symp. on Visual Languages, St Louis, Missouri, 1994, p. 128-136.
- [16] Paternò F.: Interazione uomo-computer: un'introduzione. *Mondo Digitale*, n. 12, 2004.

STEFANO LEVI ALDI è professore ordinario di informatica alla Università di Roma "La Sapienza" e Decano del Dipartimento di Informatica. Ha pubblicato oltre 230 lavori (con più di 120 co-autori) in convegni internazionali e su riviste scientifiche, sulla elaborazione di immagini, sui linguaggi visuali, e sulla interazione uomo-calcolatore, argomento che svolge in due corsi universitari. Levi aldi è fondatore (1990) e co-editore del *Journal of Visual Languages and Computing* (Elsevier Press) ed editore associato di varie riviste scientifiche, organizzatore di oltre 20 convegni internazionali come Advanced Visual Interfaces (ogni due anni dal 1992), Interact (2005 a Roma). Infine è IEEE Fellow (1988) e dal 1996 IEEE Life Fellow.
E-mail: levi aldi@di.uniroma1.it