

TOUCHPAD

SOMMARIO

Autori

Donato Barone

Titolo

TouchPAD (Touchable Projected Augmented Desk): Prototipo di un sistema di realtà aumentata markerless per l'interazione avanzata con una scrivania

Relatore

Chiar.mo Prof. Ing. Vitoantonio Bevilacqua

Inquadramento del tema trattato e del lavoro svolto

Il presente lavoro è stato svolto in collaborazione con il dott. Marco Suma il quale ha redatto una tesi dal titolo: "Progettazione e implementazione di un sistema innovativo per la fruizione interattiva di contenuti multimediali su superfici generiche mediante l'uso di un sensore di profondità e un proiettore". Esso si pone l'obiettivo di riuscire a creare un sistema di interazione uomo macchina che si basi sui concetti di Realtà Aumentata (AR), Ubiquitous Computing e Natural User Interface. Nello specifico, si vuole permettere ad un utente di interagire con oggetti digitali, in particolare con immagini proiettate su una qualsiasi superficie piana, tramite l'utilizzo delle mani e senza l'ausilio di alcun tipo di marker, ma solo con una procedura di calibrazione *una tantum*. Il software realizzato prende il nome di TouchPAD (*Touchable Projected Augmented Desk*): il nome scelto per l'applicativo non è casuale, esso è l'acronimo di Touchable Projected Augmented Desk, che in estrema sintesi tenta di rievocare l'immagine di una scrivania "aumentata" tramite l'ausilio di un proiettore e munita di un dispositivo RGB-D atto a riconoscere il tocco. Inoltre l'omonimia con il classico oggetto presente in tutti i laptop è voluta: esso infatti, è utilizzato per spostare il cursore captando il movimento del dito dell'utente sulla sua superficie proprio come accade all'interno del sistema realizzato. In un comune touchpad il movimento all'interno del suo spazio di riferimento viene convertito nello spazio di riferimento dello schermo, stessa cosa accade all'interno del nostro software e questa seconda analogia rende opportuna la scelta del nome.

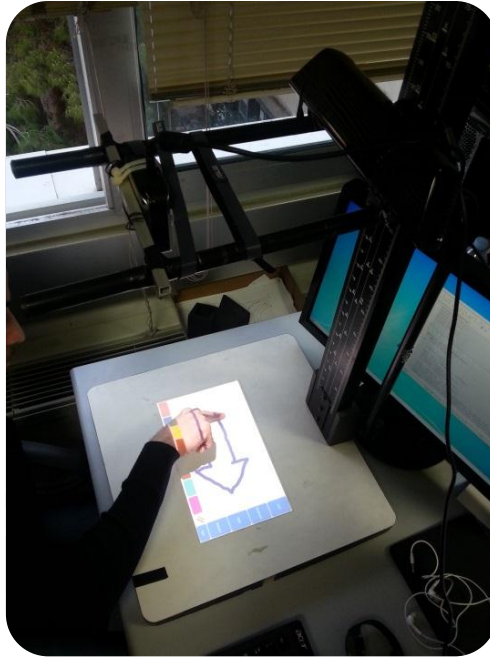


Figura 1. Immagine acquisita durante l'interazione con il sistema.

Originalità dei risultati ottenuti e applicabilità degli stessi

Tale scenario realizzativo apre le strade ad una vasta gamma di servizi, sia di utilità ludica sia produttiva: applicazioni per disegnare, applicazioni per scrivere (anche mediante riconoscimento OCR), navigazione di mappe, interruttori virtuali, pannelli di controllo per un sistema domotico, applicazioni per browser e quant'altro.

Grazie a questa soluzione, non sarà più importante avere uno schermo dedicato all'interfacciamento con un calcolatore, bensì è sufficiente una parete, un foglio o una superficie generica con la quale diventa possibile interagire.

Credere in TouchPAD

Immaginiamo, in un futuro non troppo remoto, che tutte le abitazioni siano dotate di **systemi domotici** in grado di automatizzare i principali processi di controllo della stessa; **TouchPAD** rappresenterebbe il mezzo tramite il quale si potrebbe: accendere la luce semplicemente premendo un pulsante virtuale su una parete della stanza, abbassare una tapparella attraverso uno *slide* (operazione comunemente nota per chi usa dispositivi touchscreen) proiettato su una parete, visualizzare chi ha citofonato in qualsiasi parte della casa, leggere una mail o ricevere un avviso di chiamata sulla propria scrivania nello studio, leggere delle ricette proiettate sul muro mentre si cucina, navigare su internet in qualsiasi momento e senza il vincolo di doversi sedere davanti a un computer, e così via.

Ma TouchPAD non è solo questo: potrebbe essere utilizzato anche in ambito **educativo**, attraverso applicazioni come il Paint per imparare a disegnare, l'OCR per imparare a conoscere le lettere dell'alfabeto, un pianoforte virtuale per imparare le note musicali, un'applicazione a quiz per imparare e crescere.

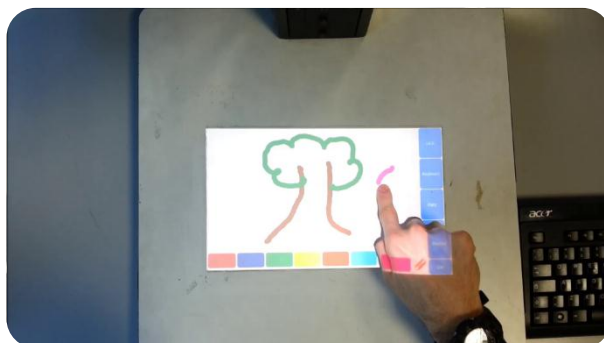


Figura 2. Esempio di utilizzo di TouchPAD in cui l'utente disegna a mano libera.

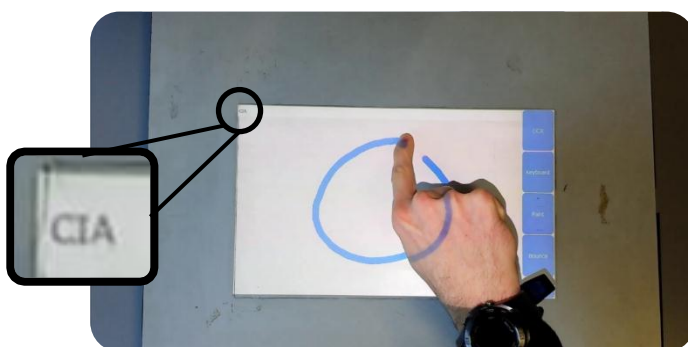


Figura 3. Esempio di utilizzo di TouchPAD in cui l'utente scrive disegnando le lettere.

Aldilà dell'aspetto ludico, TouchPAD si propone come soluzione innovativa anche nel campo della **riabilitazione** per persone affette da danni neurologici dovuti ad infarti, ictus o casualità di varia natura. Danni di questo tipo portano ad avere difficoltà nell'eseguire anche le più semplici azioni quotidiane, perciò tali soggetti hanno necessità di seguire un costoso programma riabilitativo fatto in strutture cliniche specializzate. Questo, insieme all'elevato numero di pazienti affetti da questo tipo di patologia, porta ad un notevole incremento della difficoltà di trattamento.

Nella comunità scientifica ci si è resi conto che la Realtà Aumentata può portare grandi benefici in uno scenario di questo tipo ad un costo contenuto. L'idea si basa sul portare la riabilitazione in casa del paziente sfruttando un framework di AR, consentendo così anche il tracciamento in remoto dei progressi del paziente da parte del medico curante, al quale verrà data la possibilità di effettuare delle modifiche ad alcuni parametri del software di riabilitazione. La maggior parte degli applicativi di AR a fini riabilitativi si basano su "giochi" che stimolano e migliorano la coordinazione mano-occhio e il range di movimento della mano stessa.

Per ultimo, TouchPAD può rivelarsi utile anche durante **riunioni di lavoro**: si rimedierebbe infatti alla necessità di avere un portatile per ciascun partecipante sul tavolo, sostituendolo con altrettante proiezioni di aree di lavoro, immaginando magari di poterne condividere i risultati con estrema facilità.

Punti di forza

Vengono ora elencati i punti di forza che si sono oggettivamente osservati nell'analisi di TouchPAD:

- **Innovatività**: allo stato attuale esistono ancora poche applicazioni di questo tipo, e ciò che le rende davvero innovative sono le prospettive di miglioramento, in accordo con quello che si propongono di offrire; tutto dipende dall'avanzamento della tecnologia e dell'hardware a supporto;
- **Costo**: il software realizzato necessita esclusivamente di un proiettore e di un sensore di profondità, oltre che di un computer. L'alternativa sarebbe l'acquisto di particolari dispositivi *touchscreen* di grosse dimensioni, e anche piuttosto ingombranti;
- **Scalabilità**: le funzionalità e le prestazioni del sistema sono proporzionali all'hardware utilizzato: se si opta per un proiettore di elevata qualità, si potrà sfruttare una finestra d'interazione ancora più grande;
- **Multi utente**: il sistema non soffre della presenza di più utenti che interagiscono con l'applicazione;
- **Markerless**: come già detto sin dall'inizio, uno dei punti chiave di questo software è che esso non necessita di alcun marker da applicare sulla punta delle dita;
- **Assenza di vincoli sulla condizione di luminosità**: poiché tutte le elaborazioni si sono svolte sfruttando le informazioni di profondità, questo sistema può essere utilizzato anche al buio;
- **Accuratezza e precisione**: il software può vantare un elevato grado di precisione nella rilevazione del punto di tocco e della sua posizione.

Punti di debolezza

- **Rigidezza della configurazione**: la configurazione del sistema non si adatta dinamicamente nel tempo al variare delle condizioni di utilizzo, come la distanza o l'inclinazione del piano;
- **Effetto Keystone**: non è stata gestita la non perpendicolarità del proiettore rispetto al piano di lavoro, per cui eventuali immagini proiettate su un piano inclinato sarebbero affette da distorsioni;

- **Funzionalità ridotte del proiettore:** questo modello di proiettore, collegato mediante porta USB, presenta molte limitazioni e una totale mancanza di configurazione.

L'aspetto positivo, però, è che **tutti i punti di debolezza** possono costituire un punto di partenza per gli sviluppi futuri, come descritto nel paragrafo successivo.

Rilevanza scientifica dei risultati ottenuti

TouchPAD è stato progettato e implementato per poter diventare una soluzione commerciale; tuttavia è stato accompagnato da una serie di considerazioni scientifiche e di ricerca sperimentale che hanno contribuito alla dimostrazione della robustezza delle soluzioni individuate.

Innanzitutto, uno dei primi risultati scientifici ottenuti è stata la realizzazione di un classificatore multimodale per il riconoscimento della punta delle dita: questo lavoro è stato frutto anche di una pubblicazione scientifica dal titolo *"A multimodal fingers classification for general interactive surfaces"*. Nello specifico, una rete neurale, un albero decisionale J48 e un sistema di regole proposizionali, Ripper, sono stati addestrati e i risultati sono stati confrontati. L'accuratezza raggiunta dalle tre differenti tipologie di classificatore è stata del 96.56% nel caso della rete neurale, del 96.68% per l'albero decisionale e del 97.41% per il Ripper.

Anche la fase della trasformazione delle coordinate dei punti di tocco dal sistema di riferimento del Microsoft Kinect a quelle del proiettore, ottenute mediante l'utilizzo della trasformata affine 3D, ha restituito validi risultati sperimentali, con un errore lungo l'asse x e l'asse y che è rispettivamente di 0.094% e 0.74%.

Si ritiene anche utile citare in questa parte del documento i risultati ottenuti nella fase di test di una delle applicazioni proposte in TouchPAD: la realizzazione di una tastiera virtuale.

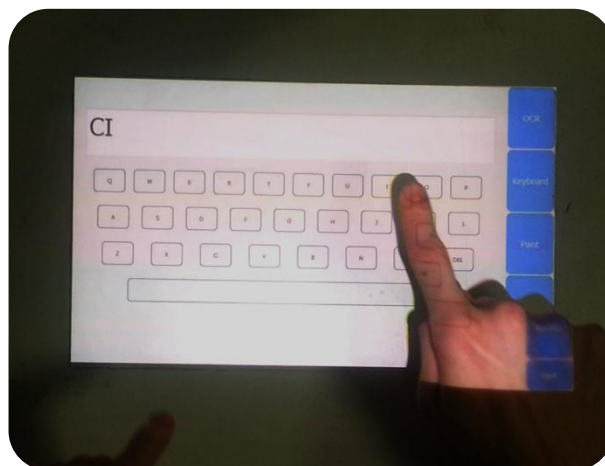


Figura 4. Esempio di utilizzo di TouchPAD durante il quale l'utente utilizza la tastiera virtuale.

Nel primo test è stato valutato il tasso di riconoscimento R dividendo il numero di volte n in cui la pressione è stata riconosciuta con il numero totale N di pressioni effettuate per quello stesso tasto. Per il test si è deciso di fissare $N = 10$. Per ogni lettera premuta 10 volte il tasso di riconoscimento è stato massimo, ossia pari a 1.

Il secondo test ha avuto lo scopo di stabilire la velocità di battitura che si riesce a raggiungere sfruttando la tastiera messa a disposizione da **TouchPAD**. Per cercare di avere una misura quanto più oggettiva possibile si è cronometrata la digitazione di 12 frasi differenti di lunghezza variabile, sia sulla tastiera del **TouchPAD** e sia su di un tablet di fascia alta con una sensibilità dello schermo molto elevata. I parametri calcolati per valutare e comparare le due tecnologie sono stati:

- **Guadagno medio**: inteso come incremento o decremento medio del tempo di battitura tra le due tecnologie;
- **Velocità media di battitura**: numero di caratteri per secondo che si riescono a digitare;
- **Guadagno velocità media di battitura**: inteso come incremento o decremento della velocità media di battitura tra le due tecnologie.

Come era prevedibile, il guadagno medio calcolato rispetto alla tastiera TouchPAD è risultato del -29,48%, cioè si è ottenuta una perdita sul tempo di battitura di circa il 30% rispetto alla scrittura su di un tablet di fascia alta. La velocità media di battitura raggiunta per entrambe le tastiere è stata rispettivamente di 2,78 caratteri/s per la prima e di 4,07 caratteri/s per la seconda, portando ad una perdita di 1,29 caratteri/s. Valutando il fatto che questo è solo un prototipo, il basso costo delle tecnologie impiegate e che l'algoritmo ha ampi margini di miglioramento il risultato può essere considerato di gran lunga al di là delle più rosee aspettative.

Publicazione

"A multimodal fingers classification for general interactive surfaces" – Bevilacqua Vitoantonio, Barone Donato, Suma Marco – to appear on Springer Proceedings of ICIC 2014