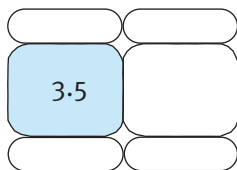




L'INFORMATICA PER I SORDI SU PALMARE LA LINGUA DEI SEGNI

Sandro Bartolini
Paolo Bennati
Roberto Giorgi



La primaria conseguenza della sordità è la ridotta capacità nell'acquisizione della parola. In tale situazione, è fondamentale individuare un metodo alternativo per comunicare. In particolare per i sordi, l'uso della Lingua dei Segni risulta il più valido strumento di comunicazione: ma solo pochi messaggi provenienti dal "mondo esterno" sono disponibili in Lingua dei Segni. Il progetto qui presentato (BlueSign-2) mette al servizio dei sordi uno strumento in grado di visualizzare sul display di un dispositivo portatile, per mezzo di una figura tridimensionale, frasi in Lingua Italiana dei Segni.

1. INTRODUZIONE

La sordità grave e/o profonda, da qualsiasi causa generata, scaturita prima, durante o immediatamente dopo la nascita, ha come primaria conseguenza la perdita del periodo "utile" all'acquisizione della parola, rappresentato dai primi tre anni di vita.

A seguito di questo, si possono manifestare danni dovuti alla privazione sensoriale acustica e gli effetti associati non riguarderanno solamente l'apprendimento della parola, ma interesseranno negativamente anche il meccanismo percettivo globale e di conseguenza il comportamento del soggetto [11].

Pertanto, l'individuazione di un metodo alternativo alla parola efficace per comunicare diventa fondamentale. I mezzi di comunicazione accessibili alle persone affette da sordità possono essere principalmente suddivisi in due grandi categorie: la lettura labiale e la lingua mimico-gestuale.

Con la **lettura labiale** il sordo si sforza di comprendere quanto viene detto leggendo le labbra dei suoi interlocutori e cercando di rapportarsi con loro parlando oralmente. Questo

approccio risulta molto faticoso per i sordi e possono verificarsi molti inconvenienti. Gli udenti, per esempio, possono parlare troppo velocemente e senza scandire adeguatamente le parole oppure il loro volto può non essere sufficientemente visibile a causa della loro posizione (per esempio un insegnante che scrive sulla lavagna dando le spalle alla classe) o della scarsa luminosità. Anche per i sordi parlare oralmente risulta molto complesso in quanto l'apprendimento di questa pratica non è naturale e spontaneo [8].

Con la **lingua mimico-gestuale** (o lingua dei segni) il sordo comunica utilizzando dei gesti. Ad ognuno di noi è sicuramente capitato di vedere due o più persone che comunicano fra loro in questo modo e la cosa che subito colpisce è che essi agitano le mani e le braccia, disegnando nell'aria dei movimenti che si ripetono. I loro volti assumono varie espressioni, che contribuiscono a chiarire il messaggio tracciato nell'aria con la danza delle loro mani. Se il tempo e l'occasione dell'incontro ci permettessero un'osservazione ancora più accurata, noteremmo che quei movimenti sono precisi



ed i ritmi sono dettati da precise regole. Anche questo metodo comunicativo non è esente da inconvenienti. La conoscenza della lingua dei segni da parte delle persone non sorde è assai rara e questo non consente ai sordi di farsi comprendere adeguatamente. Per lo stesso motivo, un sordo con la sola conoscenza della lingua dei segni non è in grado di capire un uidente che comunichi oralmente.

Possono essere individuati vari metodi riabilitativi da seguire durante l'educazione al linguaggio di una persona sorda. Con il *metodo orale* si cerca di aiutare il sordo ad utilizzare al massimo i suoi residui uditivi e si potenziano le sue attitudini alla lettura labiale per consentirgli di comunicare con il linguaggio degli udenti. Il *metodo verbo tonale* [25] ha come obiettivo finale quello di fare in modo che il sordo apprenda le strutture ritmiche di base per trasferirle nelle stesse forme ritmiche presenti nel linguaggio orale. Il *metodo bimodale*, invece, si basa sull'*Italiano Segnato* (IS) che utilizza il lessico della Lingua dei Segni, ma segue la struttura grammaticale della lingua vocale; il sordo è così esposto ad un'unica lingua, trasmessa contemporaneamente sotto forma di segni e parole. Il *metodo bilingue*, infine, educa il sordo esponendolo contemporaneamente alla lingua orale e alla lingua dei segni, riconoscendo per ognuna di esse la stessa importanza, esattamente così come avviene per persone figlie di genitori di nazionalità diverse.

Attualmente la medicina non riesce a sopperire completamente ai disagi creati da compromissioni fisiche e naturali; tuttavia essa si è ampiamente adoperata in questi ultimi decenni per cercare di dare la possibilità di percepire la sonorità del mondo circostante ai sordi.

Sono state sviluppate *protesi acustiche* sempre più sofisticate ed avanzate e, con la loro applicazione al soggetto sordo fino dai primi mesi di età, accompagnata necessariamente da un'opportuna rieducazione ai suoni ed alla parola, si sono fatti dei notevoli progressi. È però scontato che la sola applicazione della protesi non permette l'acquisizione spontanea del linguaggio. Dai primi anni '70 la ricerca in campo medico si è concentrata sullo sviluppo degli impianti cocleari [10, 13].

È tuttavia noto che fin dall'antichità i sordi hanno prediletto comunicare attraverso i ge-

sti [9]. Questo risulta essere il loro linguaggio naturale e spesso anche chi è in grado di comunicare con la lettura labiale privilegia la comunicazione gestuale per la sua evidente immediatezza e semplificata decodifica.

L'apprendimento della lingua orale risulta essere particolarmente difficile per i sordi. Molti di loro conoscono bene ed apprendono naturalmente la lingua dei segni mentre manifestano una più limitata conoscenza della sintassi, della semantica e delle regole grammaticali della lingua orale. A volte, anche dopo aver letto le labbra o un testo scritto, capita che la decodifica del senso del discorso non risulti chiara e completa. Ciò limita drasticamente il sordo della possibilità di accesso alle informazioni scritte e orali espresse con la sintassi della lingua orale.

Il nostro lavoro è consistito nella messa a punto di un dispositivo multimediale, denominato BlueSign-2, in grado di aiutare il sordo in molteplici situazioni in cui abbia esigenza di comprendere messaggi nella lingua a lui più congeniale – la lingua dei segni. Il nostro visualizzatore ha l'ambizione di accompagnare in ogni luogo il sordo, essendo stato realizzato su un dispositivo palmare.

2. LA LINGUA DEI SEGNI

Nel 1960 William Stokoe, studioso di minoranze linguistiche, iniziò a porre l'accento sulla possibilità di applicare i metodi della linguistica allo studio dei segni e anni dopo giunse a formalizzare la struttura della lingua dei segni [21]. Una parola è rappresentata con uno o più segni in sequenza e il collegamento fra i singoli segni segue delle regole precise. In ogni segno si possono individuare quattro unità fondamentali detti *cheremi* (Figura 1):

❑ **configurazione** - la forma della mano o delle mani;

❑ **orientamento** - la posizione della mano e delle dita nell'eseguire il segno;

❑ **movimento** - il movimento delle mani e delle braccia nell'eseguire il segno;

❑ **luogo** - il punto dello spazio in cui viene eseguito il segno.

La lingua dei segni si differenzia dalla lingua orale in diversi aspetti [23]. La lingua dei segni non usa né i connettivi né gli articoli (esempio, "Il cane" → "cane"). La consequenzialità sintatti-

ca è molto diversa da quella della lingua orale. Si utilizza infatti come soggetto sempre la parola più significativa della frase – quasi esclusivamente un sostantivo (esempio, “La radio di papà” → “Papà radio sua”). Anche molte regole di morfologia non corrispondono. Per esempio, il plurale viene formato non cambiando la desinenza della parola ma bensì ripetendo più volte lo stesso gesto (“I cani” → “cane cane”). Infine la ricchezza e flessibilità semantica della lingua orale è assai difficile, se non impossibile, da riprodurre.

Le notevoli diversità fra la struttura linguistica della lingua dei segni e della lingua orale generano una notevole difficoltà di traduzione fra le due.

La combinazione dei vari parametri consente di codificare un numero elevato di gesti rendendo complesso un formalismo esaustivo. Questo si evidenzia maggiormente allorquando tale formalismo debba essere comprensibile ad un calcolatore. Al contempo, il numero di vocaboli standardizzati nella lingua dei segni risulta comunque essere ridotto rispetto alla lingua parlata: un dizionario di lingua tradizionale può contenere fino 160.000 lemmi mentre il Dizionario Bilingue della Lingua Italiana dei Segni [20] ha circa 2.500 significati. Essendo inoltre la lingua dei segni prettamente un linguaggio visivo basato su gesti, che tendono a riferire prevalentemente oggetti concreti, essa non risulta particolarmente adatta per la traduzione di concetti astratti.

3. INQUADRAMENTO STORICO DEL PROBLEMA DEL TRATTAMENTO AUTOMATICO DELLA LINGUA DEI SEGNI

Recentemente molte ricerche sono state svolte sul trattamento automatico e la gestione computerizzata della lingua dei segni. Gli approcci fin qui seguiti e le soluzioni trovate ricadono nelle seguenti classi di problematiche:

- modellazione, formalizzazione e codifica della lingua dei segni;
- interpretazione automatica della lingua dei segni;
- generazione automatica dei segni.

I primi sforzi relativi alla *modellazione, formalizzazione e codifica della lingua dei segni* risalgono a William Stokoe che iniziò ad applicare i metodi della linguistica allo studio dei segni. I suoi sforzi sfociarono nel 1960 nel primo lavoro di formalismo della lingua dei segni [21] in cui viene dimostrato come la Lingua Americana dei Segni possa essere associata a quella parlata con l'utilizzo di 55 simboli, suddivisi in tre gruppi, ognuno dei quali rappresenta uno dei parametri costituenti della lingua dei segni. I primi studi sul formalismo della Lingua Italiana dei Segni sono ad opera di Virginia Volterra nel 1987 [23].

Nel panorama internazionale, risulta particolarmente interessante il sistema HamNoSys [19] del 1989: tramite solo 200 simboli che coprono tutti i parametri necessari all'intelligibilità, risulta possibile trascrivere la lingua dei segni. Più recentemente, nel 2001 è stato presentato il sistema SignStream [18], un database multimediale contenente video digitalizzati associati ad una rappresentazione dei dati in formato linguistico.

Tra i sistemi di *interpretazione automatica della lingua dei segni*, lo sviluppo delle telecamere di acquisizione ricopre indubbiamente un ruolo centrale. Davis e Shah hanno utilizzato una telecamera per seguire dei “punti neri” sulle dita al fine di acquisire attraverso il tracciamento dei punti neri il movimento delle mani e delle dita e cercare così di decodificare il gesto; in seguito Corner, Hagem e Starner hanno lavorato ad un prototipo basato su una telecamera montata su un cappello per catturare il movimento delle mani senza altri accorgimenti [22].

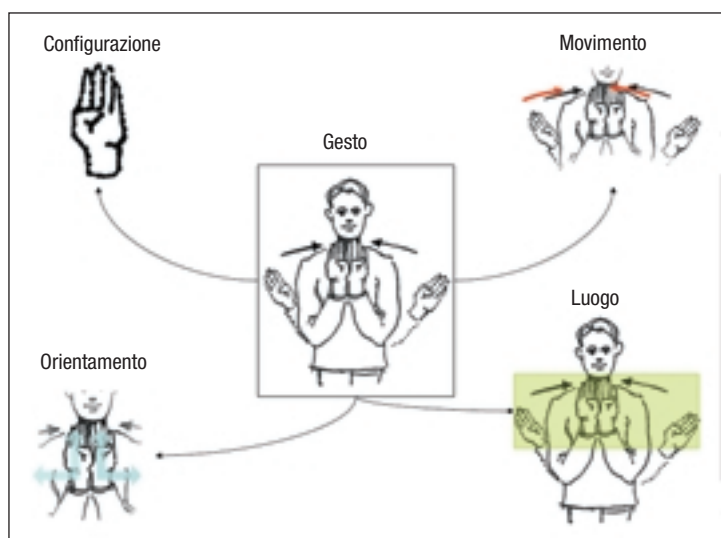


FIGURA 1

I cheremi del segno



Negli anni, ampio interesse ha suscitato lo studio di sistemi di *generazione automatica dei segni*. Nel 1977, l'Institute Southwest Research propose la prima mano robotica in grado di mostrare le lettere dell'alfabeto [16]. La Stanford University negli anni 1985-1988 ha lavorato al progetto Dexter [12, 14]. Si trattava di un prototipo di mano robotica dotato di posizioni modificabili delle dita in grado di mostrare quattro lettere il secondo. Il Cyberglobe [17], guanto parlante che, oltre a catturare i segni, riconosce lettere e segni, risale al 1991. La "Mano di Gallaudet" della Gallaudet University (Washington, DC), proposta nel 1993, è stata la prima mano robotica collegabile ad un monitor per visualizzare il movimento codificato [15].

Più recentemente, nel 2001 l'Istituto Reale di Tecnologia (Kungliga Tekniska Högskolan - Svezia) ha lavorato al progetto Synface [3] per facilitare l'utilizzo del telefono da parte dei sordi; durante una chiamata, viene visualizzata una faccia su un monitor per consentire la lettura labiale. Il progetto THETOS [5] (2002) consiste in un traduttore di parole in Lingua Polacca dei Segni; è presente un limitato dizionario di parole polacche associate ad una propria codifica che permette di attivare una figura tridimensionale detta avatar (una figura umanoide in grado di compiere movimenti legati alle sue articolazioni). Il prototipo funziona solamente su PC.

Ultimamente, molti sforzi si sono concentrati sulla realizzazione di sistemi di visualizzazione tridimensionale. La Vcom3D [6] produce dal 2000 il VCommunicator. Si tratta di un sistema basato su un avatar per leggere libri per bambini sordi in Lingua dei Segni; questo tipo di sistema richiede l'uso di un Personal Computer. In Inghilterra dal 2001 si sta lavorando al progetto VISICAST [7]. Il progetto, finanziato dalla comunità europea, comprende TESSA [4], strumento di animazione tridimensionale in grado di fornire negli uffici un assistente che combina il riconoscimento vocale con l'animazione virtuale, e attualmente si è prolungato in eSIGN [1], progetto per facilitare l'uso della lingua dei segni sulla televisione e su internet tramite umanoidi. I gesti sono codificati secondo lo standard XML e il sistema funziona inviando comandi da un sito web ad un software di animazione installato su un PC client. Risalgono al 2002 invece i progetti SIMON e PAULA. SIMON [24] è un avatar per tra-

durre le scritte in formato televideo (o tele-text) in Inglese Segnato ricevute da un televisore. Sfrutta avanzate tecnologie di *rendering* utilizzate per l'animazione di personaggi cinematografici. PAULA [2] è una realizzazione, guidata da Karen Kolby, studente sordo dell'Università DePaul di Chicago, riguardante la lingua americana dei segni.

4. IL SISTEMA BLUESIGN-2

Il BlueSign-2 è un sistema per la diffusione e l'utilizzo della Lingua Italiana dei Segni. Consiste in un computer palmare che traduce testi in lingua italiana in *Lingua Italiana dei Segni* (LIS) e visualizza la traduzione sul display tramite l'animazione real-time di una figura tridimensionale (Figura 2).

L'idea di realizzare il BlueSign-2 è nata dalla constatazione delle difficoltà che i sordi incontrano nella vita di relazione, ad esempio nel tempo libero, al lavoro, durante incontri culturali, negli uffici, a scuola ecc.. Anche i segnali acustici di pericolo (esempio, il segnale acustico di un allarme di incendio) non possono essere facilmente percepiti da chi non sente. Il nostro progetto è stato pensato



FIGURA 2
Il sistema BlueSign-2

sulla base della spiccata preferenza dei sordi per la lingua dei segni e della sua maggiore diffusione fra loro rispetto alla lingua tradizionale (scritta e orale).

Le principali caratteristiche del BlueSign-2 sono:

□ il BlueSign-2 è stato appositamente studiato e realizzato per la comunità italiana dei sordi e per questo si basa sulla Lingua Italiana dei Segni; tuttavia è stato pensato per una semplice riconfigurabilità anche nei confronti di altre lingue;

□ il BlueSign-2, funzionando su un computer palmare, è uno strumento pratico e maneggevole. La figura tridimensionale e il dizionario dei gesti sono progettati per funzionare con sistemi con scarse risorse computazionali così da poter essere inseriti in dispositivi portatili di utilizzo comune;

□ il BlueSign-2 utilizza un database codificato con un nuovo formalismo, che si basa su una codifica intermedia dei gesti, che consente di visualizzare movimenti precisi e corretti oltre che di poter espandere il database interno in modo semplice ed immediato;

□ il BlueSign-2 è personalizzabile ed estendibile: la figura tridimensionale può essere personalizzata scegliendone il layout, la collocazione e ottimizzandone la resa grafica (ad esempio cambiando i dettagli della figura e la velocità di riproduzione); il dizionario può essere personalizzato attraverso l'aggiunta di nuovi lemmi, oppure per ottimizzare gesti e movimenti a seconda delle esigenze dell'utente;

□ il BlueSign-2 fornisce una visualizzazione real-time; la visualizzazione viene effettuata "al volo" e ultimata per ogni sequenza di gesti;

□ il BlueSign-2 richiede limitate capacità di memorizzazione; il database è formato di record testuali, quindi richiede una limitata quantità di memoria di archiviazione.

Funzionando all'interno di dispositivi portatili, quali per esempio palmari (PDA) e *smartphone*, è facilmente trasportabile e quindi disponibile in un elevato numero di situazioni in cui difficilmente sarebbe possibile far ricorso alla lingua dei segni. In particolare, la visualizzazione di informazioni già disponibili in formato testuale è immediata e veloce; è sufficiente fornire in ingresso al sistema l'informazione già disponibile sotto forma di stringa di testo riadattata secondo le regole della lingua dei segni.

Il sistema può essere utilizzato come strumento di insegnamento. Molto materiale didattico è già disponibile in formato non solo cartaceo ma anche digitale; in tal caso, dopo una conversione in lingua italiana dei segni testuale, il BlueSign-2 è in grado di visualizzare i segni con fluidità. Inoltre il BlueSign-2 può essere di supporto nell'insegnamento della lingua dei segni agli udenti, superando i limiti degli attuali dizionari bilingue basati sul binomio simboli-figura.

Con il BlueSign-2 si può facilmente implementare un sistema di *instant messaging*. Il sistema può essere espanso per interagire con sistemi di messaggistica automatizzati, oggi utilizzati sempre più massicciamente (per esempio annunci ferroviari) o anche essere abbinato a trasmissioni televisive.

4.1. Architettura del sistema

La realizzazione di un prototipo del sistema con le caratteristiche indicate e, in particolare, su un dispositivo con scarse risorse di calcolo, ha richiesto la risoluzione di problemi legati all'utilizzo ottimale delle tecnologie informatiche esistenti. L'architettura del sistema si incentra su due macrosistemi, particolarmente critici dal punto di vista progettuale:

□ gestione del formato di codifica dei gesti che sia, da un lato, sufficientemente dettagliato e, dall'altro, abbastanza semplice da poter essere gestito dal computer palmare (nel prototipo realizzato, è presente un database dei gesti che contiene le associazioni fra parole, lettere, parti di frasi con i gesti in LIS);

□ motore di visualizzazione grafica in grado di animare efficacemente l'avatar sul dispositivo palmare (in termini di frame-rate).

Il sistema dispone anche della capacità di interfacciarsi verso la rete di telefonica mobile GSM attraverso il servizio di messaggistica SMS.

Codifica dei gesti: il sistema di codifica su cui si basa il BlueSign-2 è un'estensione dei parametri con cui comunemente si caratterizzano i gesti. La codifica è stata estesa in modo da disambiguarla e renderla comprensibile ad un calcolatore. Viene usata una trascrizione intermedia della lingua dei segni che cerca di essere il più possibile fedele al dizionario Radutzky [20]. Si è reso necessario estendere la codifica dei Dizionari LIS perché essa è infatti totalmente esaustiva solo se affiancata al "fu-



FIGURA 3

Modello tridimensionale dell'avatar

metto” esplicativo del movimento. Per fare questo è stato necessario aggiungere ulteriori parametri. In particolare, abbiamo considerato la possibilità di inserire più componenti di movimento – in maniera “vettoriale” – da associare ad uno stesso vocabolo. In pratica un “gesto” può essere composto di una sequenza di “gesti-base”. Questo aspetto è particolarmente importante e rappresenta una peculiarità del nostro sistema perché consente una maggiore accuratezza nella modellazione del movimento oltre che una estendibilità, teoricamente illimitata, di ogni lemma.

Motore di Rendering Tridimensionale: questo aspetto di ricerca si è focalizzato sullo studio di un avatar di resa grafica accettabile, in grado di funzionare anche su dispositivi con scarse capacità computazionali. Il motore di *rendering* permette di visualizzare i movimenti in modo preciso ed immediato con circa 20 fotogrammi/secondo nel prototipo per computer palmare (Figura 3).

Questo modulo ha il compito di prendere in ingresso una segnatura in linguaggio dei segni (sequenza di simboli) e di convertirla in un’animazione tridimensionale del gesto, sostituendo la classica figura di traduttore umano (come quello visibile nei notiziari televisivi). Nella creazione del modello tridimensionale (Figura 4) particolare attenzione è stata messa nella corretta sistemazione gerarchica delle parti (o ossa) costituenti il modello, nella gestione dell’aspetto superficiale

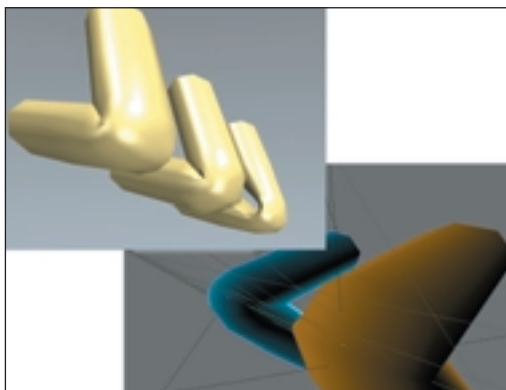


FIGURA 4

Modello delle giunzioni e delle deformazioni dell'avatar

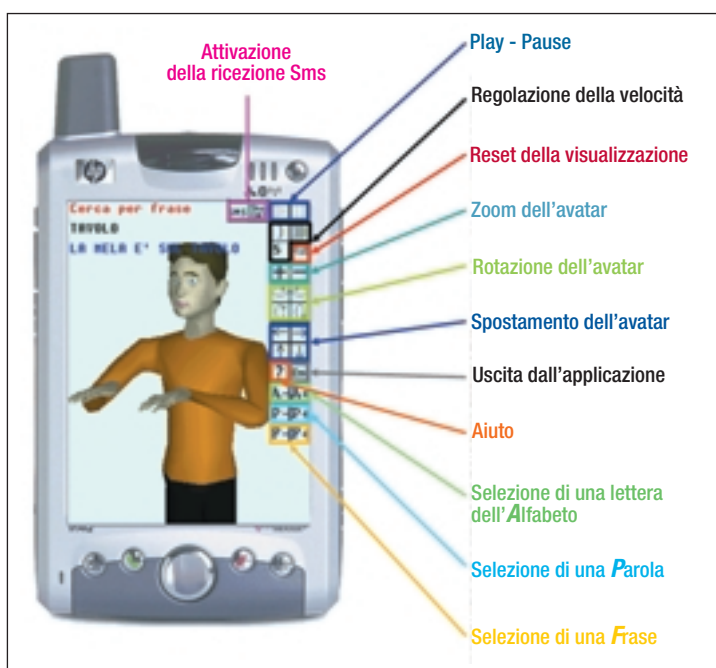


FIGURA 5

Interfaccia grafica del BlueSign-2

del modello (*mesh*) e della deformazione della superficie (*skin*) in prossimità delle articolazioni, per ottenere una migliore resa nella fase di *rendering*.

Il modello mantiene una struttura gerarchica standard ad eccezione delle mani, il cui studio è stato ottimizzato per limitare la potenza di calcolo necessaria ad un uso completo della cinematica inversa; questo ha semplificato la gestione degli orientamenti della mano inclusi nella segnatura dei gesti. L’applicativo è dotato di bottoni e di comandi per variare i parametri dell’animazione (Figura 5); è possibile traslare, ruotare, zoomare il modello, modificare la velocità di esecuzione del gesto, mettere in play e pausa l’animazione, resettare la visuale, visualizzare il nome del gesto visualizzato, chiudere l’applicazione, ricercare parole e frasi nel dizionario,

avviare la predisposizione alla ricezione di SMS. **Database interno:** il sistema BlueSign-2 si basa su un database leggero (la codifica di un lemma occupa in media circa 40 byte) ed ampliabile che pilota la figura animata. Questa scelta consente di ottenere un archivio ampio ed allo stesso tempo uno scarso ingombro di memoria. Tutti i gesti del Dizionario Bilingue [20] sono stati inseriti e, qualora la ricerca non generi nessun risultato, è stato previsto un meccanismo di separazione della parola in lettere in modo effettuare lo spelling di nomi propri, sigle o parole non presenti.

4.2. Esempi di applicazioni del BlueSign-2

Il sistema BlueSign-2 è stato pensato per essere flessibile ed estensibile. I campi di applicazione sono molteplici così come molteplici sono le specifiche situazioni in cui può essere utilizzato. Alcune applicazioni realizzabili con esso sono:

BlueSign-2 con SMS: una qualsiasi persona dotata di cellulare GSM può inviare un messaggio in lingua italiana ad un sordo dotato del sistema BlueSign-2; esso sarà avvisato da una vibrazione e vedrà automaticamente animarsi sul display del dispositivo il messaggio in lingua dei segni. Quest'applicazione è stata realizzata completamente in un prototipo.

BlueSign-2 dizionario: il sistema può essere utilizzato come supporto agli attuali dizionari in quanto permette di visualizzare come un lemma debba essere tradotto esattamente attraverso il movimento dell'avatar. Questo supera la limitatezza dell'attuale binomio simboli-codifica presente nei Dizionari LIS. Anche questa applicazione è stata completamente realizzata e nativamente disponibile.

BlueSign-2 servizio di messaggistica: il sistema può integrarsi in sistemi di messaggistica forniti tramite la rete di telefonia mobile o wireless (bluetooth, Wi-Fi). L'utente potrebbe abbonarsi ai servizi ritenuti interessanti, come per esempio:

- annunci diffusi in stazioni ferroviarie o aeroporti;
- messaggi pubblicitari;
- guide per musei;
- informazioni turistiche;
- messaggi di pericolo (vibrazione + messaggio di avvertimento);
- informazioni da call center.

Il servizio di messaggistica potrebbe essere offerto dal fornitore di accesso di telefonia attraverso l'uso di un semplice software per il "confezionamento di messaggi bluesign".

BlueSign-2 trasmissioni televisive o home-video: il sistema può essere abbinato ad una trasmissione televisiva, sia con un riquadro apposito nel caso di trasmissioni speciali, oppure tramite selezione dell'utente su piattaforme digitali. Infine, il sistema potrebbe essere integrato nei decoder digitali o ancora nei sistemi di riproduzione di home-video con traccia in "italiano per non-udenti".

5. CONCLUSIONI

Il prototipo è stato sottoposto durante le varie fasi di sviluppo ad una costante supervisione dei fruitori finali, cioè dei non udenti, che hanno collaborato fattivamente anche all'inserimento dei lemmi nel database nel modo più efficace per la visualizzazione tridimensionale. La comunità dei non udenti, sebbene il progetto sia ancora in una fase prototipale, ha espresso notevole interesse e soddisfazione auspicando il proseguimento della ricerca ed il raggiungimento di una fase di commercializzazione. Questo è confermato dal fatto che alcuni centri specializzati per non udenti a livello nazionale si sono dichiarati disponibili ad offrire il proprio supporto per un test del BlueSign-2 a livello scolastico. Una versione dimostrativa del prototipo è disponibile su: <http://bluesign.dii.unisi.it>.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento alla Fondazione Monte dei Paschi di Siena che, con un generoso finanziamento, ha reso possibile lo svolgimento del progetto e all'AIES (Associazione Italiana Educatori Sordi) per il continuo supporto e per i preziosi suggerimenti coi quali abbiamo potuto migliorare il nostro lavoro. In particolare, l'AIES ha riconosciuto l'importanza del nostro sistema a livello nazionale tramite un "bollino" di apprezzamento.

Bibliografia

- [1] eSIGN. Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/eSIGN/>
- [2] PAULA. Disponibile on-line all'indirizzo <http://asl.cs.depaul.edu>



- [3] SynFace. Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.speech.kth.se/synface/>
- [4] TESSA. Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/Tessa.htm>
- [5] THETOS: Text into Sign Language Automatic Translator for Polish. Disponibile on-line all'indirizzo <http://sun.iinf.polsl.gliwice.pl/sign/>
- [6] Vcom 3D, Inc. Disponibile on-line all'indirizzo <http://www.vcom3d.com>
- [7] VISICAST. Disponibile on-line all'indirizzo http://www.visicast.cmp.uea.ac.uk/Visicast_index.html
- [8] Bouvet D.: *La parola del bambino sordo. L'apporto della lingua dei segni nell'accesso alla comunicazione verbale*. Ed. Masson, 1986.
- [9] Chiarenza G. A., Calcagno P.: *Metodologie educative e didattiche nelle scuole speciali. 45° Convegno Nazionale AIES - "Il sordo verso la comunicazione globale per la sua autorealizzazione: esigenze acustiche specifiche e stimolazioni sonore"*. Ed. Cantagalli, Catania, AIES (Associazione Italiana degli Educatori dei Sordi), 1999, p. 17-35.
- [10] De Filippis A.: *L'impianto cocleare in età pediatrica*. Ed. Masson, Milano, 1997.
- [11] De Quiros J. B., Schrager O. L.: *Le turbe dell'apprendimento: Basi neuropsicologiche*. Ed. Omega, 1988.
- [12] Gilden D., Jaffe D. L.: Dexter - A Mechanical Fingerspelling Hand for the Deaf-Blind. *International Journal of Rehabilitation Research*, Vol. II, 1988.
- [13] House W.: Cochlear implants: Beginnings 1957-1961. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, Vol. 83, 1976, p. 294-303.
- [14] Jaffe D. L.: *Dexter II - The Next Generation Mechanical Fingerspelling Hand for Deaf-Blind Persons*. 12-th Annual RESNA Conference, New Orleans, 1989.
- [15] Jaffe D. L.: *The Development of a Third Generation Fingerspelling Hand*. 16-th Annual RESNA Conference, Las Vegas, NV, 1993.
- [16] Jaffe D. L.: *Ralph: A fingerspelling hand*. Technology and Persons with Disabilities Conference, Los Angeles, CA, 1995.
- [17] Kramer J. P., Lindener e P., George W. R.: *Communication system for deaf, deaf-blind, or non-vocal individuals using instrumented glove*. Google Patents, 1991.
- [18] Neidle C.: SignStream™: A Database Tool for Research on Visual-Gestural Language Data. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, Vol. 33, 2001, p. 311-320.
- [19] Prillwitz S., Leven R., Zienert H., Hanke T., Henning J.: An introductory guide to HamNoSys Version 2.0: Hamburg Notation System for Sign Languages. *International Studies on Sign Language and Communication of the Deaf, Hamburg: Signum*, 1989, p. 46.
- [20] Radutsky E.: *Dizionario Bilingue elementare della Lingua Italiana dei Segni*. Roma, 1992.
- [21] Stockoe W. C.: *Sign Language Structure: An Outline of the Communicative Systems of the American Deaf*. Silver Spring, Linstock Press, 1978.
- [22] Thad Starner J. W., Pentland Alex: Real-Time American Sign Language Recognition Using Desk and Wearable Computer Based Video. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, 1998, p. 1371-1375.
- [23] Volterra V.: *La lingua italiana dei segni: La comunicazione visivo-gestuale dei sordi*. Bologna, Mulino, 2004.
- [24] Wells M., Pezeshkpour F., Marshall I., Tutt M., Bangham J. A.: Simon: an innovative approach to signing on television. *International Broadcasting Convention*, Vol. 146, 1999.
- [25] Zatelli S.: *Il metodo verbo-tonale*. Ed. Omega, Torino, 1980.

SANDRO BARTOLINI si laurea cum-laude in Ingegneria Informatica presso l'Università di Pisa dove consegue il titolo di Dottore di Ricerca nel 2003. Dal 2002 è ricercatore del settore scientifico disciplinare Sistemi di Elaborazione delle Informazioni, presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Siena, dove tiene i corsi di Informatica Industriale e Sistemi Real-Time. I suoi principali interessi scientifici riguardano l'architettura dei sistemi di elaborazione, cache e sottosistema di memoria, valutazione delle prestazioni, progettazione di architetture specifiche per la crittografia.
E-mail: bartolini@dii.unisi.it
URL: <http://www.dii.unisi.it/~bartolini>

PAOLO BENNATI è Dottorando di Ricerca, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Siena. Presso la stessa Università, ha conseguito la Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni. La sua principale attività di ricerca riguarda l'Architettura dei Calcolatori con particolare riferimento al sottosistema di memoria e ai sistemi adattivi a basso consumo di potenza. È membro del Network of Excellence HiPEAC e di IEEE Computer Society.
E-mail: bennati@dii.unisi.it
URL: <http://www.dii.unisi.it/~bennati>

ROBERTO GIORGI è Professore Associato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Siena. È Dottore di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione e laureato cum-laude in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi di Pisa. È stato Post-doc presso UAH, USA. È attivo nel progetto Europeo SARC (Scalable ARCHitectures) e altri progetti internazionali. Si occupa di Architettura dei Calcolatori: Sistemi Embedded, Multicore, Prestazioni del Sistema di Memoria. È membro del Network of Excellence HiPEAC, di ACM e membro Senior di IEEE, IEEE Computer Society.
E-mail: giorgi@dii.unisi.it
URL: <http://www.dii.unisi.it/~giorgi>