



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

Sviluppo di un ambiente virtuale interattivo per la riabilitazione  
di pazienti affetti da Atrofia Muscolare Spinale (SMA)

Relatore: Sergio Canazza

Laureando: Alberto Callegari

Correlatori: Antonio Rodà

Giovanni De Poli

Data Laurea 13 Marzo 2012

Anno Accademico 2011/2012



*Ad Antonio, Paola, Pietro e Stefania*



# Indice

|  |    |
|--|----|
| <b>Sommario</b>  | 5  |
| <br>   |    |
| <b>Capitolo 1</b>  |    |
| 1.1 - Stato dell'arte nei sistemi a supporto dei disabili motori     | 9  |
| 1.2 - Introduzione alla SMA  | 16 |
| 1.2.1 - L'Atrofia Muscolare Spinale (SMA) è una malattia genetica    | 16 |
| 1.2.2 - Trasmissione della malattia                                  | 17 |
| 1.2.3 - Differenti tipologie della patologia                         | 18 |
| 1.2.4 - Obiettivi della ricerca sulla SMA                            | 19 |
| 1.2.5 - Terapia  | 20 |
| 1.2.6 - La ricerca per combattere la SMA                             | 20 |
| 1.2.7 - Iniziative   | 22 |
| 1.3 - Obiettivo della tesi   | 24 |
| <br>   |    |
| <b>Capitolo 2</b>  |    |
| 2.1 - Dispositivi studiati   | 27 |
| 2.1.1 - Microsoft Kinect   | 27 |
| 2.1.2 - Asus Xtion Pro   | 34 |
| 2.1.3 - Sony Playstation Move e Eye                                  | 38 |
| 2.2 - Dispositivi testate e driver per utilizzo su personal computer | 41 |
| 2.3 - Sistemi operativi e ambienti di sviluppo                       | 45 |
| <br>   |    |
| <b>Capitolo 3</b>  |    |
| Test svolti a validazione del progetto                               | 49 |
| <br>   |    |
| <b>Capitolo 4</b>  |    |
| 4.1 - Stanza Logo-Motoria  | 61 |
| 4.2 - Ambiente interattivo in studio                                 | 67 |

## **Capitolo 5 - Conclusioni**

5.1 Valutazioni sui dispositivi hardware 79

5.2 Realizzazione del progetto 80

5.3 Sviluppi futuri 81

**Appendice A** 83

**Bibliografia** 88

## Sommario

L'atrofia muscolare spinale (SMA) è una malattia genetica neuromuscolare, quella con il più alto tasso di mortalità in età infantile. Comporta la perdita progressiva del tono muscolare e, in base alla gravità di questo male, si può arrivare alla paralisi totale.

Il sistema studiato e presentato nei capitoli che seguono vuole supportare i malati di SMA e le loro famiglie nell'attività di riabilitazione, sfruttando tecnologia low-cost e interfacce adatte all'ambiente ludico, in modo da riuscire a colpire l'attenzione dei bambini che ne dovranno usufruire.

Saranno presentate le tecnologie prese in considerazione per questo progetto e i test svolti su di esse, esibendo le scelte effettuate e le motivazioni che le supportano.



# Capitolo 1



## **1.1 Stato dell'arte nei sistemi a supporto dei disabili motori**

### **Ausili informatici disponibili per i malati di SMA**

Lo studio delle interfacce informatiche a disposizione per la disabilità è stato suddiviso in due momenti:

- in una prima fase è stata effettuata una panoramica generale, mirata a comprendere i tipi di prodotti e la tecnologia che sono normalmente utilizzati in questo ambito, per capire quali dispositivi sono presenti sul mercato e quali software forniscono una ulteriore interfaccia per l'utilizzo del computer;
- successivamente è stata svolta una ricerca degli hardware e dei software reperibili sul mercato per poter supportare le persone che presentano disabilità motoria.

Nella prima fase della ricerca svolta in ambito di supporti informatici alla disabilità, sono stati passati in rassegna i maggiori produttori presenti sul mercato e sono stati valutati i progetti presenti in rete che vogliono offrire questo tipo di servizio a persone diversamente abili.

Esiste una vasta gamma di dispositivi e applicativi in commercio che hanno lo scopo di supportare le varie forme di disabilità esistenti, anche se alcune di esse presentano una maggiore scelta di prodotti, probabilmente anche in funzione di quanto diffuso sia il problema all'interno della società.

Tra tutti i sistemi visti, alcuni di essi hanno offerto degli spunti utili al progetto studiato, anche in termini di esperienza nei confronti del tipo di disabilità.

### **Sintetizzatori Vocali**

Il primo tipo di sistemi di supporto alla disabilità preso in considerazione è quello dei sistemi che si occupano di sintesi vocale. La sintesi vocale è la tecnica per la riproduzione artificiale della voce umana, e il sistema che consente di fare questo è detto sintetizzatore vocale e può essere realizzato tramite software o per mezzo di hardware. I sistemi di sintesi vocale sono anche detti sistemi *text-to-speech* (TTS) per la loro possibilità di convertire il testo in parlato.

Il campo di utilizzo di questo tipo di sistema è con pazienti ipovedenti o ciechi, che necessitano di questo tipo di strumento per poter utilizzare il computer (per esempio nella navigazione Internet e nella consultazione di un documento digitale).

Anche la sintesi vocale è un tema in continuo sviluppo e soggetto delle ricerche in campo informatico, vista la larga diffusione di sistemi di questo tipo. Una recente ricerca si concentra sulle considerazioni che consentono a sistemi di sintesi vocale di avvicinarsi al linguaggio parlato [1].

Il sintetizzatore vocale è uno di quegli strumenti che sono stati anche provati, oltre che studiati, vista l'esperienza di supporto svolta presso una persona ipovedente.

Durante l'attività lavorativa questa persona utilizza un sintetizzatore vocale che gli consente di visitare dei siti web (purché compatibili con determinate regole di progetto, una tra tutte l'adozione dei fogli di stile come dettato da World Wide Web Consortium (W3C) [2]), di consultare documenti in formato Portable Document Format (PDF) o altri documenti digitali.

### **FaceMOUSE**

Facemouse è un progetto italiano che consiste in un software che permette di scrivere al computer muovendo solo una piccola parte del corpo o del viso. E' possibile utilizzarlo su qualunque tipo di computer e richiede la presenza di una webcam ad esso collegata. E' una soluzione pensata per persone che presentano gravi disabilità motorie e fisiche, e consente a queste di poter utilizzare il computer e di poter scrivere o giocare, senza la necessità di dover applicare sensori sul corpo. Anche questo progetto ha avuto inizio durante il periodo universitario, da un ingegnere informatico,

Simone Soria, che nel 2008 ha fondato un'associazione A.I.D.A. (Ausili Informatici per Disabili e Anziani) [2].

Caratteristica importante di questo progetto è che è pensato per adattarsi al problema motorio di chi lo utilizzerà, consentendo una maggiore esperienza di utilizzo del software da parte dell'utente.

Anche FaceMOUSE è stato oggetto di test, oltre che di studio per questo progetto, in occasione dell'assistenza prestata a un ragazzo che in seguito a un grave incidente stradale è rimasto immobilizzato dal collo in giù, rimanendo vincolato ad una carrozzina elettrica comandata mediante un joystick posizionato davanti alla bocca (vedi Figura 1.1).



**Figura 1.1: Joystick comandato con i movimenti del mento o delle labbra**

Grazie a questo joystick gli è anche consentito di comandare il puntatore del mouse del computer, permettendogli di gestire il mouse, che comunemente riceve ordini dal movimento della mano, con lo spostamento delle labbra o del mento.

Presso l'Università degli Studi di Padova è stato progettato dall'ing. Nicola Orio un sistema analogo che consente di acquisire e sfruttare i movimenti della cavità orale per poter impartire dei comandi [4].

### **EyeClick**

EyeClick è l'ausilio informatico sviluppato in base alle richieste fatte da persone disabili immobilizzate e quindi non in grado di utilizzare strumenti come FaceMOUSE. Queste persone sono affette da Sclerosi Laterale Amiotrofica (SLA), arrivati all'ultimo stadio della malattia: persone quindi a cui è rimasto solo il movimento della pupilla o

l'ammiccamento, la cui unica soluzione per comunicare rimaneva il puntatore oculare, una soluzione da 20.000 euro che tra l'altro risulta essere dannosa per gli occhi. Anche questo è un prodotto sviluppato e distribuito da A.I.D.A..

### **VocalPC**

VocalPC è un ausilio informatico pensata per i disabili motori più gravi che si muovono troppo per poter usare FaceMOUSE, che non controllano le mani per sfruttare una tecnologia touch screen e che non parlano correttamente per i software di riconoscimento vocale, tuttavia riescono ad emettere un suono con la voce (o un soffio). Questo suono, che può essere di qualunque tipo, viene catturato da un microfono e utilizzato da VocalPC come comando per scrivere e muovere il mouse a scansione.

Questo tipo di ausilio è a supporto di persone con ridottissime capacità di movimento, quasi nulle. Fortunatamente i soggetti che si spera fruiranno del sistema in studio per questa tesi, seppur con ridotte capacità motorie, sono in grado di compiere dei movimenti, almeno quelli affetti dalle forme meno gravi di SMA.

Sono stati presi in considerazione anche gli ausili di tipo hardware, in modo da poter capire se vi fossero delle soluzioni che risultino migliori di quella pensata per il progetto descritto da questa tesi, che prevede di sfruttare i movimenti del corpo, catturati da una videocamera, per impartire dei comandi ad un applicazione software.

I principali hardware a disposizione dei disabili, presenti sul mercato, sono:

- tastiere espanse;
- tastiere ridotte;
- mouse e joystick;
- mouse e trackball;
- sistemi di puntamento di vario genere;
- sistemi di scansione;
- sensori collegati al corpo.

Tutte le soluzioni legate ai dispositivi appena elencati consentono di impartire dei comandi al computer ma senza sfruttare il riconoscimento dei movimenti del proprio corpo, che risulta essere invece un punto fondamentale per l'applicativo studiato in questa tesi.

Non sono stati trovati sistemi a supporto di disabili motori, o progetti legati a questo ambito, che sfruttino videocamere come quelle testate in questo progetto di tesi. Spesso si trovano delle webcam, come nei progetti sopra descritti, per attuare la motion capture, ma vista la presenza sul mercato di Kinect e di altri prodotti che presentano caratteristiche analoghe, e visti i costi contenuti per poterli acquistare, si è pensato di adottare questi dispositivi e di studiare un sistema che ne sfrutti le potenzialità.

### **SmartNav**

Altro ausilio disponibile per i disabili che non riescono ad utilizzare il mouse e la tastiera è NaturalPoint's SmartNav 4 [5], che consiste in una videocamera (vedi Figura 1.2) che permette di rilevare i movimenti della testa e in base a questi, o a combinazione di essi, impartire degli input al computer consentendo di svolgere le normali funzioni, ma con interfacce differenti.



**Figure 1.2: Sensore utilizzato da SmartNav**

In questo caso il problema si presenta con i malati più gravi, che hanno maggiore difficoltà motoria e quindi una maggiore difficoltà a gestire i movimenti per poter impartire i comandi al computer.

Altra tecnologia interessante in ambito di disabilità è la tecnologia touch screen, molto diffusa al giorno d'oggi anche nell'ambiente della telefonia.

Con questa soluzione hardware infatti, è possibile comandare un dispositivo solamente sfiorandone lo schermo e quindi con un basso dispendio di energie.

Tra le altre caratteristiche vi è l'intuitività, che consente all'utente di utilizzare il dispositivo in modo facile, seguendo quelle che sono le operazioni che verrebbe naturale compiere.



**Figure 1.3: Tablet ai bambini con la SMA**

All'associazione FamiglieSMA [6], che si occupa della lotta alla SMA, sono stati regalati dei *tablet pc* (Figura 1.3), per consentire ai bambini che presentano questa patologia di navigare in Internet, scrivere del testo, leggere dei libri, e altre operazioni normalmente svolte con un computer.

Come già detto, questo tipo di interfaccia consente di interagire con un dispositivo con un basso dispendio di energie, favorendone quindi l'utilizzo da parte dei soggetti affetti da SMA.

Sarebbe molto interessante se fossero già disponibili dei driver in modo da poter interfacciare Kinect (vedi Capitolo 2) ai tablet, o dispositivi con caratteristiche analoghe, e cercare di rendere possibile l'utilizzo di applicativi che sfruttano la *motion capture* anche con questi prodotti touch screen.

Un'altra valutazione, anche se non di carattere tecnico, che è stata fatta nella fase di analisi dei sistemi di supporto visti consiste nell'analisi dei costi, infatti i progetti visti

non presentano dispositivi molto costosi, bensì sfruttano componenti presenti nel mercato ad un prezzo accessibile da chiunque per creare un sistema che sfrutti al massimo le caratteristiche del dispositivo, facendolo eventualmente cooperare con altri, anch'essi *low cost*.

I sistemi elencati sfruttano delle tecnologie hardware e software che sono in continua evoluzione, perché fanno parte dei temi di ricerca informatica in studio. La maggiore precisione dei dispositivi hardware oggi a disposizione e lo studio di nuove interfacce consentono di poter studiare e progettare sistemi che permettono alle persone disabili di azzerare le barriere presenti nella vita quotidiana.

## 1.2 Introduzione all'Atrofia Muscolare Spinale

### 1.2.1 L'Atrofia Muscolare Spinale (SMA) è una malattia genetica

Una malattia si definisce genetica [7] quando ad essere presi in causa sono i nostri geni, i responsabili delle nostre caratteristiche personali, sia fisiche che comportamentali. Il corredo genetico di ciascuno di noi, ereditato dai nostri genitori, comprende circa 30.000 geni.

Nell'atrofia muscolare spinale [8], malattia genetica ereditaria di cui l'acronimo SMA (Spinal Muscular Atrophy), si verifica la mutazione o la delezione di un gene situato nel cromosoma 5, il Survival Motor Neuron gene (SMN1). Questo gene è il responsabile della produzione di una proteina, la SMN, necessaria per il corretto funzionamento di un particolare tipo di cellule nervose chiamate motoneuroni.

Il motoneurone fisiologicamente è un neurone localizzato all'interno del sistema nervoso centrale (SNC) e ha l'importante compito di ricevere e trasmettere messaggi sotto forma di impulsi nervosi da e verso tutti i muscoli del nostro organismo consentendo in modo diretto il movimento (vedi Figura 1.4).

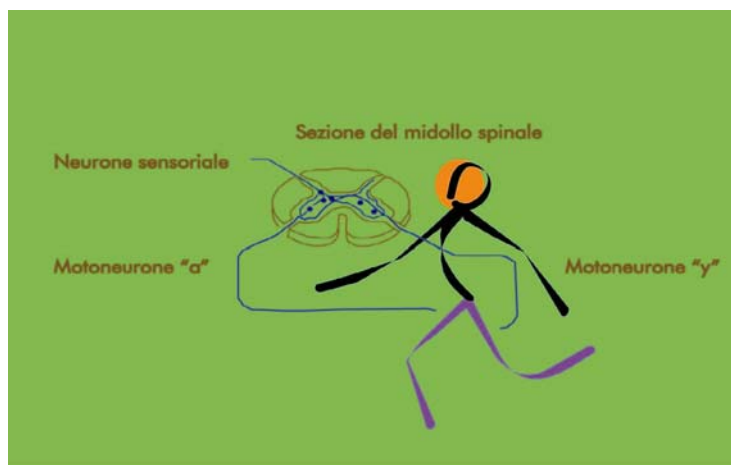


Figura 1.4: Il motoneurone, responsabile del movimento nell'individuo

Si conviene come in una malattia quale la SMA, in cui questo gene abbia subito delle modifiche con minore produzione della proteina SMN, le cellule neuromuscolari del

soggetto colpito degenerino fino alla morte, portando ad una spiccata debolezza muscolare, ipotonia, paralisi e atrofia soprattutto a livello dei muscoli scheletrici del tronco e degli arti. Si riscontrano quindi notevoli difficoltà non solo nella deambulazione e nello spostamento ma anche nelle attività vitali quali soprattutto la respirazione e la deglutizione.

### 1.2.2 Trasmissione della malattia

La SMA è una malattia autosomica recessiva. Questo termine si riferisce al modo con cui la patologia viene trasmessa dai genitori ai figli (vedi Figura 1.5). L'atrofia muscolare spinale infatti si manifesta solo se entrambi i genitori sono portatori del gene responsabile della malattia, vale a dire se essi possiedono una copia sana e una copia difettosa del gene per la proteina SMN; essi quindi non presentano le caratteristiche della malattia in quanto una delle copie del gene è intatta. La patologia viene trasmessa alla prole solo nel caso in cui i figli di genitori portatori sani ricevano sia dalla madre e sia dal padre la copia del gene mutato. Per ogni concepimento quindi la possibilità che il gene venga trasmesso da entrambi i genitori al nascituro rendendolo affetto da SMA è del 25%, vale a dire un caso su quattro. Il resto delle probabilità si divide in un 25% di avere un figlio sano e un 50% di avere un figlio anch'esso portatore sano SMA (vedi Figura 1.5).

Attualmente la SMA rappresenta la principale causa di morte nell'età infantile, con una incidenza da 1:6000 a 1:10000 nati vivi.

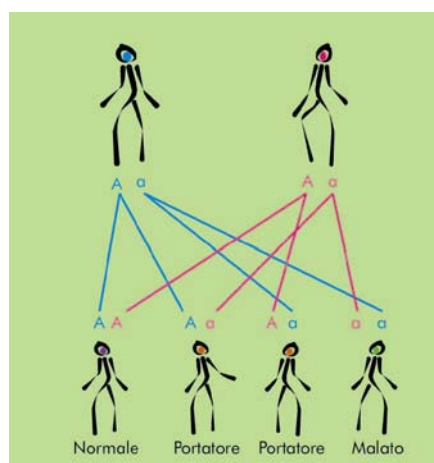


Figura 1.5: Patologia autosomica recessiva

### **1.2.3 Differenti tipologie della patologia**

La variabilità dell'età di esordio della malattia e la differenza nella severità della sintomatologia con cui essa si può manifestare hanno permesso di identificare diverse sottocategorie di atrofia muscolare spinale. Al giorno d'oggi infatti sono a noi note tre differenti forme della patologia anche se ne esistono altre due tipologie che sono però meno diffuse (vedi Tabella 1).

Le tre forme principalmente conosciute sono:

- la forma grave o malattia di Werdnig-Hoffmann (SMA I) venne scoperta nel 1891. Questa forma è caratterizzata dall'impossibilità da parte dei bambini affetti di assumere la posizione seduta senza aiuto, presentano forte ipotonia, il non controllo dei movimenti del loro corpo. È sicuramente la forma più severa e insorge già prima del sesto mese di vita;
- la forma intermedia o SMA II nella quale i bambini affetti riescono ad assumere la posizione seduta ma non possono camminare. La malattia insorge tra il settimo e il diciottesimo mese di vita;
- la forma lieve o malattia di Kugelberg-Welander (SMA III) che permette invece ai bambini affetti la stazione eretta non assistita.

Come già precedentemente anticipato, oltre a questa tre forme principali, in letteratura sono descritte la SMA0 i cui sintomi sono già presenti a livello fetale e la SMA4 o forma adulta, con età d'esordio molto variabile ma compresa tra i 20 e i 30 anni.

| SMA Type  | Eta' di esordio | Miglior prestazione motoria acquisibile                       | Eta' media al decesso | Caratteristiche cliniche   |
|---|-----------------|---|-----------------------|--|
| Tipo I (severo) sindrome di Werdnig-Hoffman     | 0-6 mesi        | Non raggiunge la posizione seduta in autonomia                | < 2 anni              | Marcata ipostenia e ipotonia muscolare; incompleto controllo del capo; pianto e colpo di tosse deboli; difficoltà alla suzione e deglutizione; morbidità precoce a causa di infezioni respiratorie ricorrenti, polmoniti ab ingestis e insufficienza respiratoria. |
| Tipo II (intermedio)                            | 7-18 mesi       | Non raggiunge la posizione eretta e la deambulazione autonoma | > 2 anni              | Ritardo nell'acquisizione delle tappe motorie; scarsa crescita ponderale; colpo di tosse debole; fine tremore distale agli arti superiori; sviluppo di retrazioni tendinee e scoliosi  |
| Tipo III (lieve) Malattia di Kugelberg-Welander | > 18 mesi       | Acquisisce la deambulazione autonoma                          | Eta' adulta           | Ipostenia muscolare di grado variabile; crampi muscolari; perdita della deambulazione autonoma in età adulta   |

**Tabella 1: Classificazione clinica delle SMA**

#### 1.2.4 Obiettivi della ricerca sulla SMA

Il principale obiettivo della ricerca sulla SMA è quello di promuovere da una parte la scoperta di trattamenti efficaci da poter utilizzare sui soggetti malati per poter migliorare le loro condizioni fisico-motorie e dall'altra di poter scoprire una possibile cura per questa malattia.

Fino ad oggi si è cercato di raggiungere questi obiettivi adottando questo triplice approccio:

- ricerca scientifica di base, per acquisire nuove conoscenze sulle cause e fattori che influenzano il decorso della SMA ai livelli più basilari della vita, nei geni e nel DNA, nelle proteine e nelle cellule del corpo;
- ricerca traslazionale, per sviluppare e testare materiali chimici e biologici in modelli animali per verificare se possano costituire una terapia pertinente alla SMA;
- trial clinici, per studiare e testare nuovi trattamenti su soggetti umani.

Obiettivo secondario della ricerca, ma non per questo di minore importanza, è la prevenzione della malattia. Questo permetterebbe di ridurre notevolmente l'incidenza sulla popolazione di questa patologia che oramai si sta largamente diffondendo, agendo direttamente all'origine del problema.

### **1.2.5 Terapia**

Al giorno d'oggi per la SMA non esiste ancora una cura, quindi non è ancora possibile far guarire i soggetti affetti da SMA. Per ora è possibile solamente fare dei trattamenti che consentano di migliorare la qualità della vita del malato.

Esistono principalmente due tipologie di trattamento attuate sui malati:

- allentare la progressione e lo sviluppo della malattia;
- fermare la progressione della malattia.

### **1.2.6 La ricerca per combattere la SMA**

#### **La ricerca di base**

La ricerca scientifica di base studia i costituenti fondamentali della vita, quali le molecole, le proteine (Figura 1.6), le cellule e i geni. Spesso definita anche ricerca di laboratorio, la ricerca di base coinvolge scienziati e ricercatori nei laboratori di tutto il mondo, alle prese con microscopi e capsule di Petri.

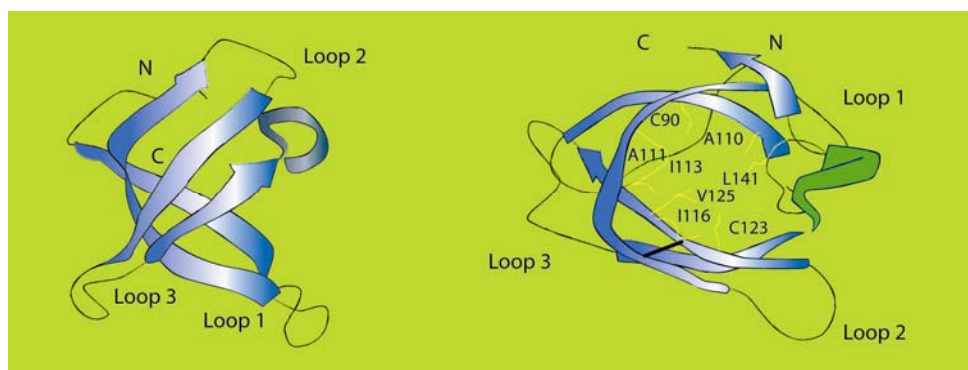
Altri tipi di ricerca scientifica, come quella traslazionale e quella clinica, si basano sulle scoperte e sugli indizi forniti dalla ricerca di base.

La ricerca di base, in questo caso, riveste un ruolo fondamentale nella scoperta e nella sperimentazione di sostanze chimiche e biologiche con possibili potenzialità di diventare farmaci e terapie contro la SMA, nonché nell'identificazione di medicinali già esistenti con possibili applicazioni per questa malattia. Domande fondamentali sulla natura biologica della SMA, incluso l'esatto meccanismo biochimico che causa la malattia, devono ancora trovare un'adeguata risposta.

Per questo motivo, attraverso la ricerca di base si sta cercando di raggiungere questo scopo. Il target principale sul quale si sta incentrando l'attenzione dei ricercatori, è la

proteina SMN. In natura, come per ogni proteina, anch'essa presenta molecole chimiche o enzimi con attività inibitorie o attivanti che ne modificano il normale funzionamento.

Queste sostanze, quindi, potrebbero rivelarsi importanti spunti che potrebbero essere sfruttati dalla ricerca di base per sintetizzare ex-novo farmaci per contrastare la malattia.



**Figura 1.6: Rappresentazione a nastri della predizione di struttura di una porzione della proteina**

### **La ricerca farmacologica e traslazionale**

La ricerca farmacologica sperimenta sostanze chimiche e biologiche, cercando una loro possibile applicazione terapeutica. In questa fase della ricerca possono venire studiati farmaci già in commercio per differenti patologie, testandoli anche sulla SMA, oppure nuovi composti, pensati proprio per l'uso specifico nella SMA. La ricerca traslazionale applica così conoscenze ottenute da un'area della ricerca: per esempio le nuove scoperte della ricerca di base vengono applicate alla ricerca farmacologica. In sostanza i ricercatori traducono conoscenze di laboratorio in farmaci e terapie da sperimentare nei trial clinici su soggetti umani.

### **La ricerca clinica**

La ricerca clinica ha come oggetto di esperimento il paziente stesso. Questa fase di sperimentazione viene infatti condotta su soggetti umani o su tessuti prelevati da essi.

Il ricercatore interagisce direttamente con i soggetti interessati all'interno del progetto di ricerca, durante il quale può studiare:

- i meccanismi alla base delle patologie umane;
- gli interventi terapeutici (usati per trattare le malattie);
- i trial clinici;
- lo sviluppo di nuove tecnologie.

Ad oggi non esiste una cura a questa malattia e l'attività medica svolta consiste nella pratica di trial clinici che mirano a testare dei farmaci esistenti o creati ad hoc.

Questa attività non viene svolta su tutti i malati ma su campioni della popolazione che presenta questa patologia. La selezione dei soggetti che partecipano al trial clinico viene fatta sulla base di più caratteristiche, tra le quali l'età, il tipo di SMA che li ha colpiti e la condizione fisica, in termini di forza che presenta il paziente.

I trial non rappresentano la soluzione alla malattia, ma sono lo *step* necessario per poter capire quali farmaci e quali terapie possono consentire ai malati di SMA di avere un buona qualità della vita, seppur convivendo con questa malattia.

### **1.2.7 Iniziative**

La medicina svolge la parte scientifica per la lotta contro la SMA, andando a trovare soluzioni temporanee con la prospettiva di identificare quella definitiva che consentirebbe di debellare questa patologia.

Tuttavia la ricerca scientifica non può essere considerata l'unica via da intraprendere per cercare di supportare i bambini malati.

Infatti, degno di nota è il sostegno dato dai genitori e dalle famiglie dei bambini che hanno questa malattia che insieme hanno fondato associazioni come *FamiglieSMA onlus* [6] (ma anche *ASAMSI onlus* [9] e *Telethon* [10]) con lo scopo di informare, sostenere e raccogliere fondi indirizzati alla lotta contro la SMA.

Oltre al fronte medico e a quello sociale, anche l'informatica e l'ausilio di prodotti tecnologici, possono contribuire al miglioramento della qualità della vita dei bambini affetti da SMA e delle loro famiglie. Proprio di quest'ultima tipologia di aiuto fa parte il

progetto studiato da questa tesi, che prevede l'adozione di tecnologia informatica a basso costo presente sul mercato per lo sviluppo di un ambiente virtuale ludico-educativo attraverso il quale i bambini vengono guidati a svolgere degli esercizi, concordati con i terapeuti, sotto forma di gioco.

La documentazione necessaria alla comprensione di ciò che la SMA è e dello stato dell'arte per quanto riguarda la ricerca è stata reperita dai siti di *FamiglieSMA onlus* [6] e *La ricerca contro la SMA* [11]. Grazie al sito *Ricercasma.it*, e a quello di FamiglieSMA, è possibile rimanere aggiornati per quanto riguarda lo stato attuale della ricerca contro la SMA, infatti fornisce un canale diretto con i ricercatori ed i medici che seguono questo tipo di problema.

### **1.3 Obiettivo della tesi**

Al termine delle valutazioni svolte sui sistemi a supporto dei disabili motori e dopo gli approfondimenti sull'atrofia muscolare spinale, che porta a disabilità motoria i soggetti che ne sono afflitti, è stato studiato un ambiente virtuale interattivo che supporti i pazienti affetti da SMA in alcune attività di riabilitazione, inizialmente mirate solo a determinate parti del corpo e a precise forme di questa malattia, ma con l'intento di riuscire a coprire tutti i tipi di SMA descritti in sezione 1.2.

Le iniziative precedentemente citate mirano a raccolte fondi che consentono di supportare le famiglie nell'affrontare le spese che vanno sostenute (respiratori, terapie, ecc.) se si presenta questo problema e per finanziare la ricerca contro la SMA. Questo tipo di progetto, invece, vuole essere anch'esso un'iniziativa a favore della lotta alla SMA, ma che non miri ad una raccolta fondi, bensì ad essere parte attiva nel supporto quotidiano dei bambini, e consentirne il miglioramento della qualità di vita.

I costi che gravano sulle famiglie sono spesso alti, per macchinari e risorse delle quali necessitano i bambini malati, quindi un intento di questo progetto è l'abbattimento dei costi per poterne fruire, sfruttando dispositivi low cost e sviluppando con e attorno ad essi un ambiente virtuale che consenta di stimolare i soggetti malati a compiere dei movimenti guidati, dal sistema appunto, e concordati con i terapeuti, che permettano di aiutare i muscoli a mantenere una certa tonicità che la malattia tende a diminuire con il passar del tempo.

Nel Capitolo 2 sono descritti i dispositivi, analizzandone le caratteristiche e svolgendo dei test (descritti nel Capitolo 3), che sono stati studiati per valutarne l'eventuale adozione per il progetto.

## **CAPITOLO 2**

**Tecnologia utilizzata per la realizzazione del progetto**



## 2.1 Dispositivi studiati

### 2.1.1 Microsoft Kinect



Figura 2.1: Microsoft Kinect

Microsoft Kinect [12] (inizialmente conosciuto con il nome Project Natal) è un accessorio per Xbox 360 che consente la rilevazione del movimento del corpo umano. A differenza di Wiimote della Nintendo e a PlayStation Move di Sony, Kinect consente all'utente del sistema di sfruttare il proprio corpo per impartire comandi alla console senza l'uso di altri strumenti, come invece accade per i concorrenti. Sebbene in origine pensata per Xbox 360, Microsoft prevede di rendere nel prossimo futuro disponibile l'uso della periferica ai PC dotati del nuovo sistema operativo Windows 8. In dicembre 2010 è parso chiaro che Microsoft intende portare quanto prima la tecnologia di Kinect anche sui PC con sistemi operativi Windows attualmente disponibili, in quanto lo sviluppatore software coreano *GamePrix* ha annunciato che il suo gioco *MMORPG Divine Souls* sarà uno dei primi giochi PC ad usare Kinect come controller.

Kinect è una camera RGBD cioè un dispositivo di acquisizione delle immagini classiche a colori (da cui la sigla RGB che sta per Red-Green-Blue) e della profondità dei punti della scena (da cui la sigla D che sta per Depth).

I componenti principali della videocamera Kinect sono (vedi Figura 2.1):

- RGB Camera: serve per acquisire le comuni immagini a colori;
- IR Projector: serve per proiettare dei raggi di luce infrarosso;

- IR Camera: serve per acquisire l'immagine catturando la parte non percepibile ad occhio nudo (vedi Figura 2);
- Tilt Motor: è il motorino elettrico che consente i movimenti della videocamera, per poter avere una inquadratura migliore;
- Acceleration Measurement Unit (A.M.U.): unità di misura del vettore d'accelerazione. Nello stato di quiete la A.M.U. fornisce il vettore dell'accelerazione gravitazionale.



**Figura 2.2: Immagine acquisita dalla IR Camera**

## Specifiche tecniche di Microsoft Kinect

Di seguito sono riportate le specifiche tecniche della videocamera Kinect, e le caratteristiche dei sensori che la compongono.

|   |   |
|---|---|
| <b>Sensore</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lettore ottico in grado di rilevare colore e profondità</li> <li>▪ Micro sensore per il riconoscimento vocale</li> <li>▪ Sensore motorizzato per la tracciatura del movimento</li> </ul>     |
| <b>Campo Visivo</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Orizzontale 58°</li> <li>▪ Verticale 45°</li> <li>▪ Diagonale 70°</li> <li>▪ Margine di lettura dei movimenti <math>\pm 27^\circ</math></li> <li>▪ Portata del campo: 0.8m - 3.5m</li> </ul> |
| <b>Flusso Dati</b>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 320x240 con profondità di colore a 16bit: 30 immagini / sec</li> <li>▪ 640x480 con profondità di colore a 32bit: 30 immagini / sec</li> <li>▪ Audio 16 Bit a 16 KHz</li> </ul>               |
| <b>Sistema di riconoscimento fisico</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fino a 6 persone e 2 giocatori attivi</li> <li>▪ 20 articolazioni per singolo giocatore</li> <li>▪ Applicazione dei movimenti dei giocatori al rispettivo avatar Xbox Live</li> </ul>        |
| <b>Dimensione dell'immagine in profondità</b>         | VGA (640x480)   |
| <b>Dimensione dell'immagine a colori</b>              | UXGA (1600x1200)  |
| <b>Frame rate</b>                                     | 60 fps  |
| <b>Risoluzione x/y (a 2m di distanza dal sensore)</b> | 3mm   |
| <b>Risoluzione z (a 2 m di distanza dal sensore)</b>  | 1cm   |
| <b>Interfaccia dati</b>                               | USB 2.0   |
| <b>Dimensioni (Larghezza x Altezza x Profondità)</b>  | 14cm x 3.5cm x 5cm  |
| <b>Ambiente di utilizzo</b>                           | Interno   |
| <b>Temperatura di lavoro</b>                          | 0° - 40° C  |

**Requisiti hardware di Kinect:**

- Processore 32-bit (x86) or 64-bit (x64)
- Processore Dual-core 2.66 GHz o superiore
- Interfaccia USB 2.0 dedicata
- 2 GB di RAM

In realtà Kinect è risultata funzionare bene anche con un computer avente caratteristiche inferiori rispetto a quelle indicate come requisiti hardware, in particolare, uno dei computer utilizzati per i test aveva la seguente configurazione:

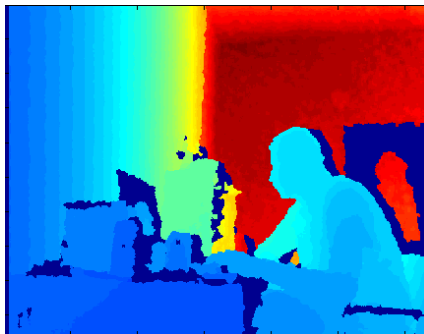
- Processore: Intel Pentium® Processor B950 (2.10 GHz, 2 MB cache L2)
- RAM: 2 GB
- Scheda Video: ATI Mobility Radeon HD 5830

Ovviamente era presente l'interfaccia USB 2.0, altrimenti non sarebbe stato possibile utilizzare Kinect su questo computer.

Kinect è pensata per esser posizionata sotto un display video e ha una serie di sensori collegati su una barra orizzontale posta su una base per mezzo di un perno motore. All'interno della base è situato il motore che permette alla periferica di ruotare, anche se i movimenti consentiti sono delle piccole rotazioni.

Kinect raccoglie due tipi di dati dall'immagine che gli si pone davanti:

- mappe di profondità (vedi Figura 2.3);
- immagini a colori.



**Figura 2.3: Immagine della profondità (rosso = lontano, blu = vicino)**

Le mappe di profondità permettono di stabilire quali sono i soggetti in primo piano e quelli disposti su livelli successivi e quindi di estrapolare dallo sfondo le figure di interesse.

Le immagini vengono elaborate direttamente da Kinect e non sul PC, per fare questo Microsoft ha inserito nella periferica due schede in parallelo posizionate su di una barra di supporto metallico, separate da quattro distanziatori metallici. Sul lato è montata una piccola ventola che consente il raffreddamento, questo per evitare il surriscaldamento e il danneggiamento del dispositivo. Sulla barra metallica sono montati gli occhi della periferica, due telecamere e un proiettore IR; le telecamere sono simili a webcam dotate di autofocus. La risoluzione è 320x240 per l'IR, mentre per le RGB è 640x480.



**Figura 2.4: Sensori di Kinect che consentono la rilevazione delle immagini e della profondità**

La Figura 2.4 mostra la videocamera Kinect dopo aver rimosso il coperchio di plastica e mette in risalto i sensori che consentono la rilevazione di immagini e profondità.

In Figura 2.5 sono messi in evidenza le schede principali che compongono la videocamera e sulle quali poggiano i sensori.

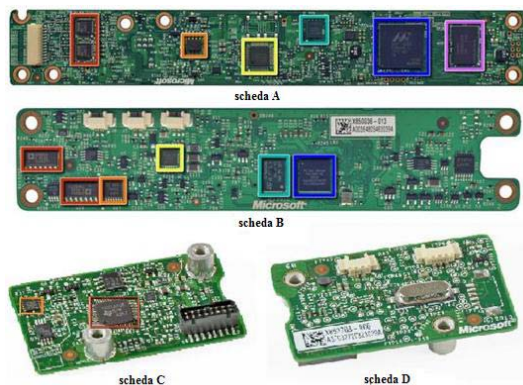


Figura 2.5: Schede che compongono la videocamera Kinect

L'IR crea la mappa di profondità, mentre le telecamere forniscono lo spettro visivo. Il sistema è teoricamente in grado di misurare le distanze all'interno di un'area di 2 metri con un margine di errore di 1 cm, anche se questi parametri di precisione forniti da Microsoft non sono stati ancora testati realmente.

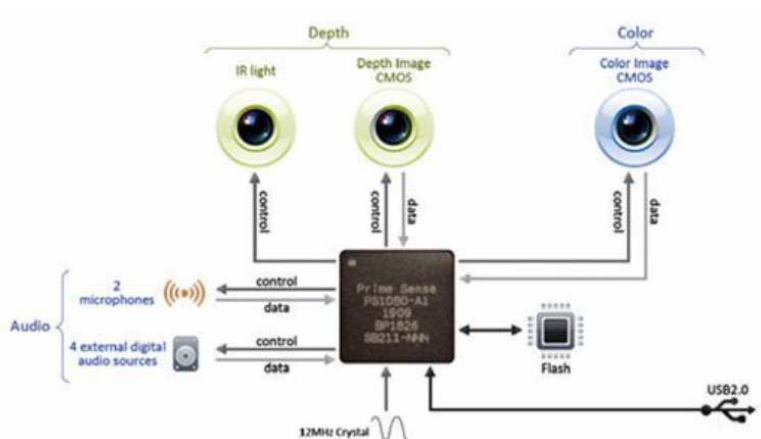


Figura 2.6: Schema generale sul funzionamento di Kinect

La Figura 2.6 è un diagramma che consente di capire qual è il funzionamento di Kinect e quali sono i principali componenti di questa.

Per quanto riguarda la parte che consente la rilevazione dei comandi vocali, Kinect è dotata di un array di quattro microfoni collegato alla scheda principale per mezzo di un connettore a cavo unico. I microfoni sono tutti e quattro orientati verso il basso, tre sono sul lato destro del dispositivo e uno sul lato sinistro. La scelta che prevede l'orientamento verso il basso dei microfoni è stata dettata da Microsoft in quanto ritiene che sia quello ottimale per l'acquisizione del suono.

Il funzionamento di Kinect può essere suddiviso in tre parti principali:

- il monitoraggio dei movimenti;
- il riconoscimento vocale;
- il motore.

La parte relativa al monitoraggio dei movimenti è affidata ai due componenti descritti in precedenza: un proiettore IR (vedi Figura 2.7) e una fotocamera VGA.



**Figura 2.7: fascio di infrarossi proiettato dal Kinect**

La rilevazione dei comandi vocali è affidata all'array di quattro microfoni che ha come obiettivo di essere sensibile al riconoscimento delle voci fino a 10 metri di distanza grazie anche all'eliminazione di rumori ambientali.

Infine il motore è stato inserito in questo dispositivo per consentire la calibrazione di Kinect nelle diverse abitazioni europee, asiatiche e americane.

### 2.1.2 Asus Xtion Pro



Figura 2.8: Asus Xtion

In Figura 2.8 è mostrata Asus Xtion Pro [13], la telecamera *motion sensing* proposta da Asus come concorrente a Microsoft Kinect, anch'essa dotata di sensori di movimento, videocamera RGB e microfoni per il comando anche attraverso i suoni.

Xtion, a differenza di Kinect, è stata inizialmente pensata per il pc e non per il gaming. La videocamera è stata proposta con un kit di sviluppo software per chi intende sfruttare il nuovo controller del movimento corporeo e dare vita ad una nuova generazione di applicazioni.

Sempre in linea con la politica che vede Xtion come strumento nato per lo sviluppo di applicazioni non necessariamente rivolte al gioco, Asus mette a disposizione anche una piattaforma di store online dove gli sviluppatori possono caricare le proprie applicazioni per raggiungere tutti i potenziali utenti di questa tecnologia.

## Specifiche tecniche di Asus Xtion Pro

|   |   |
|---|---|
| <b>Distanza di utilizzo</b>                   | Tra 0.8 m e 3.5 m   |
| <b>Campo visivo</b>                           | 58° H, 45° V, 70° D   |
| <b>Sensori</b>                                | RGB & Depth   |
| <b>Dimensione dell'immagine in profondità</b> | VGA (640x480): 30 fps<br>QVGA (320x240): 60 fps   |
| <b>Risoluzione</b>                            | SXGA (1280x1024)  |
| <b>Piattaforma</b>                            | Intel X86 & AMD   |
| <b>Sistemi operativi supportati</b>           | Windows XP, 32/64 bit<br>Windows Vista, 32/64 bit<br>Windows 7, 32/64 bit<br>Linux Ubuntu 10.10: X86, 32/64 bit |
| <b>Interfacce</b>                             | USB 2.0   |
| <b>Linguaggi di programmazione</b>            | C++/C# (Windows)<br>C++ (Linux)   |
| <b>Ambiente di utilizzo</b>                   | Interno   |
| <b>Dimensioni</b>                             | 18 x 3.5 x 5 cm   |
| <b>Note</b>                                   | In abbinamento al kit di sviluppo software  |

L'interfaccia USB 2.0 serve a Xtion anche per l'alimentazione elettrica, infatti non sono necessari alimentatori esterni, diversamente da Kinect che necessita di cavo di alimentazione per il funzionamento.

Questa videocamera è nata dalla collaborazione tra Asus e PrimeSense [14] come la concorrente di Kinect per il PC. Una importante innovazione, rispetto a Kinect, è la trasmissione senza fili. Il pacchetto è composto da due componenti principali:

- le due basi Wavi, che trasmettono e ricevono segnali;
- la videocamera.

Per un corretto funzionamento una base WAVI va posizionata vicino al computer e una accanto al televisore o al monitor, mentre la videocamera va posta davanti allo schermo, a quest'ultima è affidato il compito di riprendere i movimenti. Questa

disposizione dei componenti è differente rispetto a quella che si presenta con Microsoft Kinect, dove la webcam è direttamente connessa alla console o al pc.

Come anticipato in precedenza, oltre al dispositivo, Asus ha presentato un kit di sviluppo, per la creazione di applicazioni e software compatibili con Wavi Xtion. È probabile che quanto prima gli sviluppatori di videogiochi per PC inizieranno a integrare il supporto già presente per soluzioni che adottano Wavi Xtion, arricchendo giochi che prevedono il controllo tramite gesture (parziale o totale).

Asus Xtion Pro è in grado di rilevare suoni e gesti fino a 3,5 metri di distanza con ampio raggio di azione. E' in grado di calcolare oltre alla posizione anche le rotazioni dei punti in movimento, caratteristica che ne permette un campo di utilizzo ancora maggiore.

Queste caratteristiche di utilizzo, analoghe a quelle offerte da Microsoft Kinect, anche se dalle schede tecniche e dai test svolti emerge che le distanze di rilevazione per il prodotto Microsoft sono inferiori, fanno di Asus Xtion un ottimo candidato per questo tipo di progetto.

Xtion Pro utilizza sensori ad infrarossi, tecnologia per la rilevazione della profondità e un canale audio per catturare l'immagine real-time dell'utente, i movimenti, e la voce, rendendo il tracciamento dei gesti dell'utente molto preciso.

La rilevazione effettuata grazie alla videocamera di Asus si divide in quattro punti principali:

- rilevamento dei gesti;
- rilevamento totale del corpo;
- RGB;
- audio.

La soluzione Xtion Pro development traccia i movimenti delle mani dell'utente senza la presenza di alcun ritardo. Presenta più di 8 pose predefinite per consentire di simulare il movimento di spinta, il movimento di click, il movimento che traccia un cerchio, il movimento ondulatorio e altri già tracciati, in modo da consentire una più semplice gestione di una interfaccia utente.

Nelle recenti fiere del settore sono stati presentati dei televisori che prevedono, in abbinamento, la videocamera con sistemi che sfruttano i movimenti già tracciati, vedi Figura 2.9, e consentono di gestire la TV senza l'ausilio del telecomando o di altri dispositivi di input diversi dal proprio corpo.



**Figura 2.9: Applicazioni per TV che sfruttano le pose predefinite**

Nonostante sia stato pensato in primo luogo per applicazioni di altro genere, il tracciamento dell'intera sagoma del corpo della persona rende anche questa videocamera un dispositivo adatto all'ambito gaming dello sviluppo software.

### 2.1.3 SONY Playstation Move e Eye

PlayStation Eye (vedi Figura 2.12 (a)) è una fotocamera digitale disponibile come accessorio per PlayStation 3 (PS3), successore della Eye Toy per Playstation 2.

Utilizza una risoluzione di 640×480 pixel a 60 Hz, oppure 320×240 pixel a 120 Hz. Nello specifico le caratteristiche differenti rispetto al modello precedente sono:

- Microfono multidirezionale per capacità elevate di rilevamento della voce;
- Riduzione dei rumori di fondo per un più accurato riconoscimento vocale;
- Velocità di fotogramma superiore per una migliore qualità video;
- Lente zoom regolabile per maggiore versatilità.



Figura 2.10 (a) : Videocamera Playstation Eye



Figura 2.10 (b): Sony Playstation Move

#### Caratteristiche del Playstation Move (Figura 2.10 (b)):

- dotato di 3 giroscopi, 3 accelerometri assiali in più un sensore per il rilevamento del campo magnetico terrestre;
- lavora insieme alla Playstation Eye per registrare la posizione del giocatore;
- include i pulsanti action del DUALSHOCK 3 e del SIXAXIS;
- wireless;
- dotato di una batteria a Litio ricaricabile;
- i sensori rivelano sia i movimenti lenti che veloci;
- una sfera colorata darà un feedback visivo durante il gioco;

- dotato di vibrazione;
- tecnologia Bluetooth per il gioco wireless;
- possibilità di utilizzare 4 controller contemporaneamente;
- la ricarica del controller avviene via porta mini-USB.

**Caratteristiche di Playstation Eye (Figura 2.10 (a)):**

- risoluzione a 640x480 a 60Hz;
- risoluzione a 320x240 a 120Hz;
- microfono;
- connessione tramite USB.

È indispensabile interagire con i giochi che richiedono la presenza del nuovo dispositivo per il controllo dei movimenti Sony Playstation Move, e ha il compito di trasmettere le informazioni alla console PS3 con riferimento ai movimenti del controller.

In rete sono presenti dei driver non ufficiali per utilizzare Playstation Eye come una normale webcam su PC, questi sono disponibili per piattaforma Windows, Mac OSX e Linux (predefinito nel kernel).

Il problema che si presenta come per i primi driver utilizzati per Kinect è che, essendo dei driver amatoriali, quindi non ufficialmente rilasciati dalla casa produttrice del dispositivo, non viene garantito il perfetto funzionamento della periferica.

Il problema del rilevamento dei movimenti, emerso dallo studio sulle videocamere presentate in precedenza, potrebbe essere risolto dando al soggetto-utente del sistema un joystick, da tenere in mano come mostrato in figura 2.10 (b), che consenta di impartire dei comandi al computer. In questo caso si presenta una complicazione, ossia il fatto che il joystick deve essere leggero, infatti i soggetti in studio presentano una accentuata facilità a stancarsi utilizzando anche il joystick della sedia a rotelle elettrica.

Adottando questo tipo di dispositivo, l'idea di partenza perderebbe uno dei punti cardine, in quanto la libertà del soggetto verrebbe meno rispetto alla rilevazione dei

movimenti grazie alla traccia dello scheletro. Sarebbe però aumentata la precisione del rilevamento dei gesti, grazie ai sensori di movimento presenti all'interno dei joystick.



**Figura 2.11: SONY Playstation Move, il sensore**

Da notare che sul Motion Controller (vedi figura 2.11) è presente una luce sferica, che può cambiare colore: viene identificata dalla telecamera per aumentare la precisione del movimento rilevato.

## 2.2 Dispositivi testati e driver per utilizzo su computer

### Microsoft Kinect

Per la videocamera Kinect sono presenti sul mercato due tipi di driver, che ne consentono l'utilizzo per il computer:

- PrimeSense Open Natural Interaction (OpenNI [15]);
- Microsoft SDK [12].

Le SDK ufficiali sono state rilasciate da Microsoft nel luglio del 2011, mentre i driver non ufficiali che sono stati rilasciati in precedenza sul mercato (OpenNI) hanno permesso agli sviluppatori di software di testare il funzionamento di Kinect e di creare delle applicazioni basate su questa videocamera

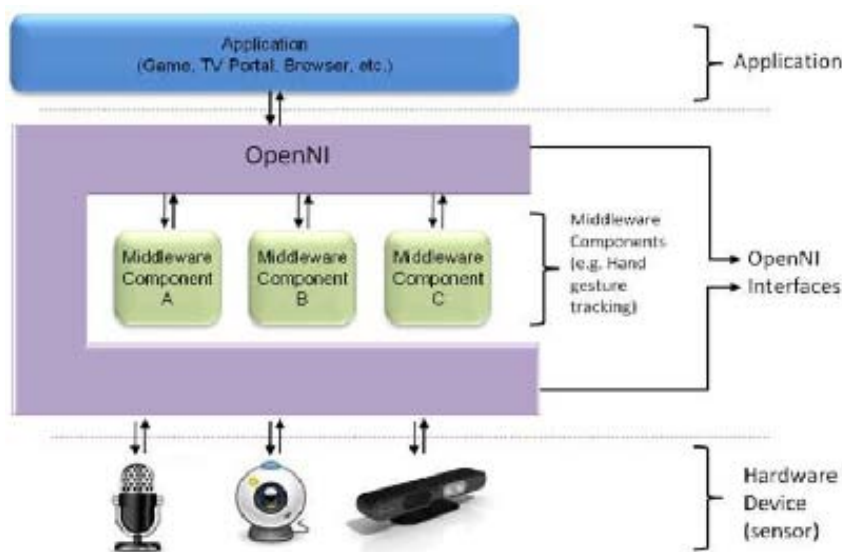


Figura 2.12: Componenti middleware OpenNI

Questo è un framework multi-lingua, cross platform (cioè indipendente dal sistema operativo utilizzato) che definisce le API per scrivere applicazioni che sfruttano la Natural Interaction (NI). Le API di OpenNI presentano un insieme di interfacce per la scrittura di applicazioni NI che prevedono l'utilizzo di dispositivi come Kinect.

Lo scopo principale del framework è quello di rendere disponibili delle API standard che consentono la comunicazione con:

- sensori audio e video;
- middleware di percezione audio-visiva (componenti software che analizzano ed elaborano i dati audio e video che vengono registrati dalla scena).

Il framework OpenNI è un livello astratto che fornisce l'interfaccia sia per i dispositivi fisici che per i componenti middleware (come mostrato in Figura 2.12). Le API permettono la registrazione di più componenti nel framework OpenNI. Questi componenti sono indicati come moduli, e sono utilizzati per produrre ed elaborare i dati forniti dai sensori (audio e video).

Nel dicembre 2010, PrimeSense ha rilasciato i propri driver open source con il middleware di motion tracking chiamato NITE. PrimeSense è un'azienda di semiconduttori, che produce tecnologie ad alte prestazioni per macchine, basate sulla riproduzione visiva tridimensionale. La combinazione del framework OpenNI con il middleware NITE permette dunque di utilizzare Microsoft Kinect non solo con il sistema operativo Windows, ma anche con Linux e MacOS.

Entrambe le due versioni dei driver appena presentati consentono il tracciamento dello scheletro di una persona, la visualizzazione di due tipi di video: uno a colori e uno che rappresenta la profondità secondo una scala di grigi che l'hardware Kinect fornisce al computer.

La combinazione OpenNI-NITE si basa sull'utilizzo delle librerie OpenGL [16] per visualizzare lo scheletro dell'utente. Il tracciamento dello scheletro avviene tramite una posizione "chiave" (vedi Figura 2.13), ovvero l'utente deve rimanere in posizione eretta, allargare le braccia e posizionare gli avambracci con un angolo di novanta gradi circa rispetto alle braccia. Si può dedurre che non è facile assumere questa posizione che consente la lettura dello scheletro se i soggetti utenti del sistema presentano delle disabilità motorie, e questo riduce il numero di applicazioni possibili se esse prevedono l'utilizzo di questi driver.



**Figura 2.13: Posizione chiave da assumere con driver OpenNI**

Le applicazioni fornite da Microsoft invece sfruttano le librerie grafiche DirectX6 [17], utilizzabili esclusivamente in sistemi operativi Windows, ma cosa ben più importante consiste nel fatto che non è necessario assumere alcuna posizione chiave per la rilevazione dello scheletro da parte di Kinect. Quello appena citato è senza dubbio un grande vantaggio offerto dai driver Microsoft, soprattutto se si pensa alle caratteristiche degli utenti finali del progetto in studio.

### **Asus Xtion Pro**

Nel caso di Asus Xtion non vi è scelta in quanto sono disponibili, almeno per il momento, solamente i driver OpenNI. Con questi driver, e il pacchetto di sviluppo offerto da Asus, i programmatori hanno la possibilità di cimentarsi con Xtion in applicazioni che prevedono il controllo tramite motion tracking.

Non sono ancora presenti molte applicazioni che sfruttano questo dispositivo, perché la maggior parte adotta ancora Microsoft Kinect, ma ne esiste molta documentazione, anche sotto forma di forum di discussione tra programmatori. Di certo lo store, messo a disposizione da Asus per i sviluppatori che vogliono vendere le proprie applicazioni, incentiverà lo sviluppo di software che adottano Xtion come dispositivo di acquisizione audio-video.

Essendo OpenNI sviluppatore di driver anche per Microsoft Kinect, le caratteristiche di questi driver sono analoghe a quelle descritte in precedenza. La differenza tra Kinect e

Xtion, sotto il punto di vista dei driver, come detto, sta nel fatto che nel secondo caso non vi è scelta.

Anche in questo caso, i sistemi operativi supportati non si limitano a Windows, consentendo ad un maggior bacino di sviluppatori di poter utilizzare questo dispositivo per i loro applicativi.

### **Playstation Move**

Jacob Pennock [18], uno sviluppatore americano, ha realizzato un driver che permette di controllare con i gesti il desktop del PC sfruttando il motion controller Move di Sony. Così come per Kinect, anche per Move esiste un *hack*: le due periferiche sono progettate per l'utilizzo con il computer. Il driver in questione è basato su Linux e, per svilupparlo, Pennock ha utilizzato le librerie C di *Move.Me*. Il progetto di Sony è attualmente in una fase beta e lo sviluppatore ne ha mantenuto inalterato il codice sorgente per realizzare il suo driver, ma con il suo lavoro dà una dimostrazione di ciò che è possibile fare anche su computer con il particolare sistema di controllo.

Grazie ai video diffusi dallo sviluppatore statunitense per presentare il progetto, è possibile vedere come ad si possa aprire una pagina di Facebook semplicemente disegnando con il controller Sony una "F" sul desktop, oppure chiudere una qualunque finestra disegnando una grande "X" su di essa o, ancora, avviare un video con una "V" sullo schermo.

A breve è prevista l'uscita sul mercato dei driver ufficiali che avranno come base la stessa release beta utilizzata da Pennock. Per Kinect, i driver ufficiali, rispetto a OpenNI, presentano delle migliorie in termini di elaborazione delle informazioni che arrivano dalla videocamera, probabilmente anche in questo caso i driver di Sony offriranno maggiori possibilità ai programmatori.

## 2.3 Sistemi operativi e ambienti di sviluppo

Per quanto riguarda la parte software, relativa allo sviluppo del sistema in studio, sono state prese in considerazione due alternative:

- sviluppare un software applicativo ad hoc, sfruttando un linguaggio di programmazione tra C# e Java. Va considerato che software sviluppato in C# potrebbe essere utilizzato solo con sistemi operativi Microsoft, escludendo le altre piattaforme, mentre Java potrebbe essere utilizzato anche con altri sistemi;
- utilizzare un ambiente come Eyes Web [19], sistema utilizzato anche nell'attuale progetto *Stanza Logo-Motoria* [20]. Questo però comporta delle difficoltà nella realizzazione di un file eseguibile che sia facilmente installabile da parte dell'utente. Altra caratteristica di questa scelta consiste nel fatto che si presenterebbe la necessità di sviluppare una patch che consenta di fornire ad Eyes Web i dati in input in un formato adeguato a questo applicativo.

Si è optato per lo sviluppo di un applicativo ad hoc, e in particolare sviluppato utilizzando linguaggio C#. In una prima fase sono stati utilizzati dei progetti già sviluppati da altri programmatori che prevedevano la videocamera Kinect. Questa attività è andata di pari passo con i test svolti facendo sì che, se fosse andata bene la parte di test, la parte di sviluppo potesse essere già avviata.

I test presenti nella maggior parte dei forum di sviluppatori visitati per capire quali fossero le applicazioni già esistenti per questo tipo di tecnologia sono sviluppati per lo più in C#.

La progettazione sarà di tipo modulare, creando più blocchi funzionali che consentano di dividere le fasi di acquisizione, elaborazione e visualizzazione. La modularità dell'applicativo è ritenuta punto importante visto che grazie a questa sarà possibile gestire i vari blocchi funzionali in modo indipendente, così che da questo progetto, o meglio dal kernel di questo, possano svilupparsi più applicazioni, che magari riescano a

servire più tipologie di utenti in funzione anche della gravità della malattia e quindi delle caratteristiche che si presentano.

## **Capitolo 3**

### **Test svolti a validazione del progetto**



## **Test svolti a validazione del progetto**

Dopo aver valutato i dispositivi e le loro caratteristiche è iniziata la fase di test, in modo da stabilire se possano o meno essere compatibili con il progetto e con la situazione che si presenta visti i soggetti che utilizzeranno l'ambiente in studio.

I test sono stati divisi in due fasi:

- test svolti con il dispositivo e un individuo sano;
- test svolti con il dispositivo e un individuo che presenta disabilità motorie.

La prima parte mira a comprendere la precisione del dispositivo in esame con un soggetto che non presenti disabilità e che quindi consenta di conoscere il dispositivo e le sue caratteristiche senza introdurre delle variabili di valutazione dovute a limitazioni fisiche dell'utente.

In particolare, per questa prima fase, i test sono stati incentrati su:

- tipo di rilevazione possibile con i driver in uso;
- possibili input al dispositivo;
- test rilevazione di più soggetti nello stesso riquadro;
- test rilevazione delle singole parti del corpo.

Una volta effettuati i test su individui sani hanno avuto inizio quelli atti a testare la compatibilità del dispositivo con il tipo di soggetti che saranno gli utenti principali del sistema in studio.

### **Tipi di rilevazioni**

Sia i driver open source di PrimeSense sia i driver di Microsoft offrono la possibilità di estrapolare, dallo scenario che viene proposto alla videocamera Kinect, una traccia dello scheletro dei soggetti presenti nel campo visivo (vedi figura 3.2).



**Figura 3.2: Skeletal Viewer**

Skeletal Viewer [21] (vedi Figura 3.2) è un applicazione di esempio offerta da Microsoft all'interno del pacchetto di driver per Kinect, con questo software è possibile visualizzare la traccia dello scheletro per avere un'idea del funzionamento di Kinect.

### **Possibili input al dispositivo**

Kinect e Asus Xtion, come precedentemente descritto, acquisiscono due tipi di informazione: audio e video (vedi Figura 2.1), la prima grazie all'array di microfoni, la seconda grazie a 3D depth sensor e a RGB camera. L'utilizzo di un dispositivo come questo dà la possibilità di impartire comandi al sistema sfruttando i movimenti del corpo e sfruttando i comandi vocali, che abbinati consentono agli utenti di avere maggiori interfacce con l'applicativo.

Per questo progetto è previsto l'utilizzo dei segnali catturati da entrambi i tipi di sensori (audio e video), consentendo quindi di creare un'applicazione che sfrutti più informazioni derivanti dall'utente cercando di ridurre, o addirittura eliminare, eventuali errori nella rilevazione combinando i due segnali e le informazioni che da essi derivano.

### **Valutazioni segnale audio**

Sono stati testati i microfoni per comprendere la distanza massima dalla quale i comandi risultano ancora precisi, e questa è stata quantificata in 3 metri di distanza dal dispositivo.

La situazione nella quale è stato svolto questo test è un salotto con la videocamera posizionata, ad un'altezza di circa 70 centimetri da terra, sotto un televisore che fungeva da monitor del pc, e il soggetto che si allontanava di 50 centimetri alla volta, continuando ad impartire lo stesso comando.

Il disturbo presente in sottofondo era lo stesso che si può presentare in un appartamento al piano terra, che dista dalla strada 10 metri circa, quindi è presa in considerazione la possibilità di avere del rumore acustico (ad esempio automobili di passaggio, clacson e voci dei vicini) esterno durante l'utilizzo dell'applicativo.

La situazione che è stata creata per questo test è quella che presumibilmente è possibile trovare in una casa o in un appartamento.

### **Valutazioni segnale video**

Anche per quanto riguarda la parte video la distanza che consente di non avere errori nella traccia dello scheletro è di 3 metri. In realtà anche a 3,5 metri di distanza dal dispositivo molte rilevazioni risultano buone, ma non tutte, questo ha fatto sì che fosse possibile tenere come attendibile il valore 3 metri come distanza massima dalla videocamera.

Queste distanze sono compatibili con la presenza della carrozzina che comporta la necessità di avere degli spazi d'azione maggiori, anche per consentire eventuali movimenti degli utenti.

### **Test rilevazione di più soggetti nello stesso riquadro**

È auspicabile che gli utenti dell'applicativo pensato siano più di uno all'interno del campo visivo del dispositivo, anche nello stesso istante, per poter aggiungere collaborazione tra più soggetti, prevedendo magari la presenza di altri bambini o dei genitori. Va ricordato che non sempre i bambini in carrozzina hanno l'autonomia necessaria al movimento, ma sono anch'essi considerati soggetti utenti per questo sistema, tenendo presente anche il genitore.

La rilevazione non presenta problemi nel momento in cui viene introdotto il secondo soggetto, e neanche nel momento in cui si inseriscano nel campo visivo della

videocamera due ulteriori persone. Il test di rilevazione ha dato buon esito fino a 4 persone nello stesso istante. Con la quinta persona la superficie risulta più densamente popolata e quindi si presentano delle sovrapposizioni nelle tracce degli scheletri, che portano a degli errori.

Gli errori che si sono presentati con più di quattro soggetti nel campo visivo della videocamera non comportano dei problemi in quanto due, o al massimo tre, persone è il numero pensato per i soggetti inquadrati simultaneamente dalla videocamera.

### **Test delle singole parti del corpo**

L'ultima parte dei test svolti con persone che non presentano disabilità motoria è stato quello relativo alle singole parti del corpo interessate per il progetto e questo ha fatto emergere delle problematiche che hanno messo in discussione l'utilizzo della videocamera Kinect, anche se non hanno comportato l'abbandono di questo dispositivo, consentendo di passare alla seconda parte dei test.

Le parti del corpo interessate per la prima release dell'applicativo in fase di studio sono collo e braccia, ma i test si sono svolti anche su tronco, gambe e piedi.

### **Braccia**

Inizialmente la persona è rimasta in piedi, in posizione eretta, con le gambe lievemente divaricate e le braccia a riposo. Questo rilevamento non presenta problemi per alcuna parte dello scheletro.

Successivamente la persona ha incrociato le braccia, ponendo il braccio destro davanti a quello sinistro (vedi Figura 3.4). In questa posizione, utilizzando i driver OpenNI, si presenta un problema nel rilevamento della profondità e il sistema non riesce a capire quale braccio sia realmente davanti all'altro.



Figura 3.4: Posizione delle braccia che genera il problema nel rilevamento

Utilizzando i driver Microsoft questo problema non si presenta, infatti la videocamera si comporta correttamente rilevando la posizione delle braccia in modo esatto e mostrando una corretta traccia dello scheletro.

### Collo

La rilevazione del collo, che determina l'inclinazione della testa, risulta buona sia con i driver OpenNI che con i driver Microsoft.

Il test si è svolto muovendo la testa in avanti e indietro, successivamente svolgendo delle rotazioni della testa. Infine sono state effettuate delle oscillazioni verso destra e verso sinistra della testa (vedi Figura 3.5). Tutte le prove appena elencate sono state effettuate con entrambi i driver dando esito positivo.



Figura 3.5: Test svolti per i movimenti del collo

### Tronco e bacino

Si è poi passati ai test relativi ai movimenti del tronco (e quindi del bacino), posizionando le mani sui fianchi e facendo oscillare, con movimento circolatorio, il bacino. Anche questi test sono andati a buon fine con entrambi i driver utilizzati dando un esito soddisfacente.

A questo punto i test effettuati sulla parte alta del corpo, a parte i problemi che si sono presentati utilizzando i driver OpenNI nel movimento di incrocio delle braccia al petto, hanno dato buon esito, consentendo di spostare l'attenzione alle gambe e ai piedi.

### **Gambe**

I movimenti delle gambe sono perfettamente tracciati sia dai driver di PrimeSense che dai driver Microsoft, fornendo una corretta traccia dei movimenti compiuti con le gambe, tra questi vi erano:

- sollevamento della gamba lateralmente e frontalmente;
- rotazione della gamba dopo averla sollevata lateralmente.

### **Piedi**

Infine si è passati ai piedi e, in questo caso con i driver Microsoft, nel rilevamento della caviglia, si è presentato un problema: se la persona è in posizione eretta, è capitato più volte, e apparentemente in modo non sistematico, che la visualizzazione dello scheletro nella parte della caviglia presenti una rotazione che nella realtà non viene fatta dal soggetto inquadrato dalla videocamera.

I driver PrimeSense invece non hanno presentato questo tipo di problema, fornendo una corretta rilevazione dei gesti.

### **Scelta dei driver per Kinect**

Una volta effettuati i test e valutati i risultati di questi, la decisione è caduta sui driver Microsoft per la videocamera Kinect, in quanto con i driver OpenNI si presenta il problema descritto, di grande importanza visti gli utenti che questo sistema si prefigge di avere come utilizzatori principali.

In buona sostanza, con i driver open source, nel momento in cui la persona inizia ad utilizzare Kinect viene fatta una fase di set-up, questa richiede che l'utente debba rimanere in posizione eretta, allargare le braccia e posizionare gli avambracci con un angolo di novanta gradi circa rispetto alle braccia, come mostrato in Figura 2.13.

Tenendo presente che l'utente del sistema è un bambino in carrozzina e con delle disabilità motorie, non è pensabile che sia possibile fargli assumere questa posizione e quindi questa videocamera non può essere utilizzata con questo tipo di driver.

Una volta scelti i driver Microsoft i test si sono concentrati sui soggetti che presentano delle disabilità motorie e quindi, nel caso dei bambini che saranno gli utenti finali del sistema, entra in gioco anche la carrozzina a complicare le cose.

La complicazione sta nel fatto che, mantenendo sempre la stessa situazione descritta in precedenza, ossia il soggetto in carrozzina davanti alla videocamera posta sotto al televisore a una distanza non superiore ai 3 metri, la rilevazione è compromessa dalla presenza della carrozzina.

Essendo la carrozzina un oggetto sempre presente, visti gli utenti del sistema, neanche questi driver (Microsoft SDK) risultano essere una buona soluzione per questo tipo di applicazione pensata. A questo punto il problema che si presenta non è banale, perché è emerso il fatto che indipendentemente dai driver utilizzati per la videocamera Kinect, essa non è utilizzabile per il progetto in studio.

Allora è stata presa in considerazione l'alternativa a Kinect presente sul mercato e proposta da Asus, la videocamera Xtion Pro, descritta nel Capitolo 2.

La sensibilità nella rilevazione offerta da questa videocamera, abbinata ai driver OpenNI (gli unici disponibili per Asus Xtion), è maggiore rispetto a quella di Kinect e le applicazioni disponibili per essa sul mercato la rendono un ottimo candidato per quanto riguarda l'applicazione studiata.

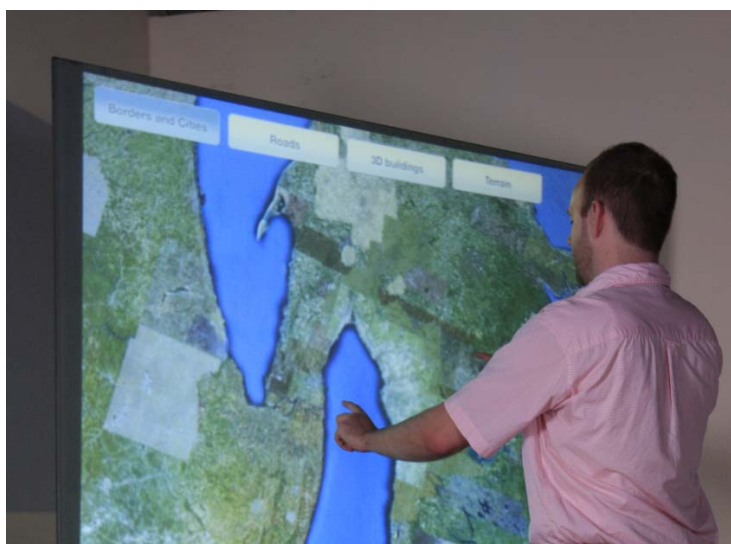
Il primo vantaggio che emerge dai test e dalla grande documentazione presente in rete, e che consente di non scartarla a priori come per i driver OpenNI e Kinect, sta nel fatto che non è necessario assumere la posizione chiave che consente a Kinect di svolgere quel set-up per la rilevazione.

Sarà quindi possibile per persone che presentano delle disabilità motorie essere dei possibili utenti di un sistema che preveda l'adozione di Asus Xtion.

PrimeSense, con i driver OpenNI per i dispositivi come Xtion e Kinect, offre la possibilità di sviluppare molte applicazioni che trovano largo consenso nel mondo degli sviluppatori e, proprio grazie alla larga adesione a progetti di questo tipo, la documentazione presente in rete, i forum di programmatori e le fonti non ufficiali, consentono di poter avere maggior riscontro ai test svolti.

### **Rilevazione parziale del corpo**

Una caratteristica molto importante che si presenta con Asus Xtion rispetto a Microsoft Kinect sta nel fatto che la rilevazione di parte del corpo è consentita e molto precisa. In particolare, esistono dei test svolti che prevedono l'utilizzo della videocamera Asus per la realizzazione di un applicativo che simuli la funzione multitouch (vedi Figura 3.6) nella rotazione di una mappa stradale.



**Figura 3.6: Multi touch su monitor touch screen, rotazione di una mappa**

I progetti svolti e documentati, che prevedono l'adozione Asus Xtion, dimostrano una maggiore sensibilità del dispositivo, rispetto alla videocamera Kinect. Non vi è la scelta dei driver, come per il dispositivo di Microsoft, ma i driver OpenNI per Asus Xtion hanno delle potenzialità maggiori rispetto all'equivalente per Kinect, indubbiamente anche per le possibilità offerte dal pacchetto di sviluppo messo a disposizione da Asus per la propria videocamera.

### **Sony Move**

L'idea di partenza prevede l'utilizzo del corpo come controller del sistema e Sony Move (abbinato a Sony Eye) non è compatibile con questa. Tuttavia è stato preso in considerazione come alternativa nel caso in cui non fosse possibile adottare neanche una delle videocamere esposte e valutate.

E' stata constatata la precisione nell'utilizzo di questo dispositivo in abbinato alla console Sony Playstation, non su computer con i driver open, e gli unici test svolti sui dispositivi di Sony sono stati relativi alla capacità di alcuni soggetti di poter gestire e utilizzare il controller (vedi Figura 3.7) per un tempo sufficientemente adeguato al tipo di applicazione.



**Figura 3.7: Controller di Sony**

Il problema è che se i movimenti sono ampi, il soggetto tende a manifestare stanchezza al braccio che impugna il sensore e quindi questo tipo di dispositivo non sembrerebbe essere adeguato a utenti che presentano uno stadio avanzato di questa malattia, o comunque non è adeguato a soggetti che presentano le forme più gravi.

L'attenzione è andata subito a dispositivi come Microsoft Kinect e Asus Xtion Pro proprio perché rendendo libero l'utente da qualunque tipo di dispositivo di input, consentono di rendere il sistema accessibile a tutti.



## **Capitolo 4**

### **Descrizione delle funzionalità**



Il progetto studiato per questa tesi ha trovato spunto da due cose fundamentalmente:

- la *Stanza Logo-Motoria*, progetto dell'Università degli Studi di Padova;
- la condizione alla quale sono costretti i bambini affetti da SMA e i familiari di questi.

La SMA e la condizione che questa comporta nelle giornate delle famiglie dei bambini che ne sono affetti è stata descritta nel Capitolo 2, il progetto *Stanza Logo-Motoria* verrà ora descritto nelle sue parti fondamentali, in quanto è stato importante fonte di ispirazione e motivazione per il progetto in studio e per le funzionalità di questo.

#### **4.1 Stanza Logo-Motoria**

La *Stanza Logo-Motoria* [20] è un ambiente interattivo multimodale per la comunicazione e l'apprendimento basato sulla piattaforma EyesWeb XMI [19]. E' attualmente installata in un'aula della Scuola Primaria *E. Frinta* a Gorizia dove viene utilizzata come strumento addizionale/alternativo alle tradizionali tecniche di insegnamento per tutte le discipline scolastiche.



**Figura 4.1:** la Stanza Logo-Motoria nella Scuola Primaria *E. Frinta* a Gorizia.

La *Stanza Logo-Motoria* è un ambiente in cui l'utente è libero di esplorare lo spazio e gli oggetti sonori in esso contenuti utilizzando al massimo le potenzialità dei movimenti del suo corpo. Si tratta di uno spazio vuoto oscurato (Figura 4.1) dove al centro del soffitto è stata applicata una webcam collegata a un computer fisso su cui è stata installata la piattaforma EyesWeb XMI per l'interazione multimodale. Alle pareti sono

state fissate delle luci puntate verso il soffitto che assicurano un'illuminazione costante e impediscono la formazione di ombre sul pavimento.

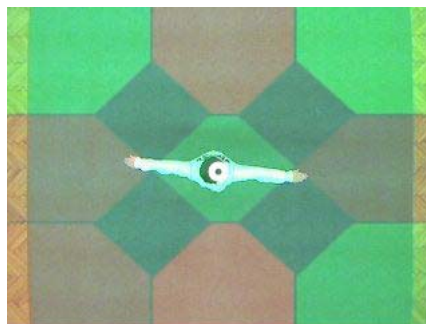
Nella Stanza Logo-Motoria i movimenti del corpo nello spazio e i gesti dell'utente vengono rilevati dalla webcam; il segnale video viene elaborato da un'applicazione appositamente sviluppata, al fine di ricavare alcuni descrittori qualitativi (*features*) del movimento. Le caratteristiche del movimento estratte rappresentano:

- la modalità di occupazione dello spazio da parte dell'utente (i suoi spostamenti);
- la qualità dei suoi gesti (movimenti delle braccia).

### **Resonant Memory**

L'applicazione Resonant Memory (vedi Figura 4.2) è un esempio di come si può utilizzare la Stanza Logo-Motoria: lo spazio rilevato dalla webcam viene suddiviso virtualmente in nove zone sonore, otto periferiche e una centrale. In questo caso le zone sono nove ma il numero può variare secondo le esigenze didattiche. A ogni zona viene fatta corrispondere un'informazione sonora:

- nelle zone periferiche vengono collocati rumori, musiche o suoni ambientali che il sistema riproduce nel momento in cui il bambino li occupa;
- alla zona centrale viene associata la riproduzione sonora di una storia.



**Figura 4.2: Resonant Memory**

### **Attività**

Mediante l'applicazione Resonant Memory il bambino inizialmente esplora i suoni contenuti nelle otto zone periferiche della Stanza e ne memorizza le coordinate

spaziali (fase di esplorazione). Entrando poi nella zona centrale il bambino attiva la riproduzione sonora di una storia (fase della storia) che contiene gli elementi concettuali corrispondenti ai suoni collocati nelle otto zone periferiche. Il bambino, ascoltando il racconto, si diverte a ritrovare (spostandosi nelle zone periferiche) i suoni ascoltati nella fase di esplorazione e a introdurli 'fisicamente' nella narrazione realizzandone così in tempo reale la colonna sonora.

Se, durante l'ascolto della storia, il bambino allarga le braccia il sistema mette in pausa la riproduzione sonora fino a quando le abbassa. Se lascia l'area attiva e non vi rientra entro un tempo stabilito l'applicazione avvia la fase di reset che cancella la memoria delle zone visitate e il gioco si predispone a ricominciare daccapo.

Il bambino esplora lo spazio risonante (area attiva) muovendosi liberamente senza utilizzare alcun genere di sensori.

### **L'utilizzo**

Avere un ambiente interattivo a disposizione in una scuola è una risorsa importante per la didattica che permette di ampliare l'offerta formativa dell'istituzione scolastica.

La Stanza Logo-Motoria nell'ambiente scolastico diventa una metodologia didattica in più da utilizzare per il trasferimento delle conoscenze. L'insegnante, ora che conosce lo strumento, è fortemente incentivato a trattare gli argomenti scolastici utilizzando 'anche' l'ambiente interattivo. Alla lezione frontale, il metodo di insegnamento più comunemente utilizzato, viene associata l'esperienza della Stanza Logo-Motoria per far sì che tutti i bambini raggiungano gli obiettivi di apprendimento previsti.

E' importante conoscere e nutrire le menti umane in tutte le loro combinazioni per favorire l'interazione con il mondo, la crescita globale della persona e il raggiungimento del massimo livello di apprendimento possibile. La Stanza Logo-Motoria è in grado di offrire uno strumento alternativo e/o addizionale alle tradizionali tecniche di insegnamento che a volte non si adattano alle individuali modalità di apprendimento e può essere usata anche per verificare il livello di apprendimento delle conoscenze nei bambini che esprimono meglio le loro capacità utilizzando l'intelligenza visiva, spaziale e corporea. Nella Stanza Logo-Motoria è possibile

riscoprire l'importante 'aspetto motorio della conoscenza' e utilizzarlo per situazioni di difficoltà di apprendimento; è un ambiente in cui l'utente è motivato a 'compiere delle azioni' per ricevere un contenuto: deve entrare all'interno di uno spazio, scegliere una zona, ascoltare attentamente, eseguire delle attività; il bambino ha un motivo per imparare, diversi modi di agire e di percepire all'interno di un ambiente 'risonante'. La conoscenza non viene imposta dall'alto ma viene offerta. Lo studente impara muovendosi nello spazio: idee, pensieri, concetti e categorie scaturiscono dalle posizioni e dai movimenti del suo corpo.

Da gennaio a giugno 2010 la Stanza Logo-Motoria, in modalità Resonant Memory, è stata impiegata in modo intensivo: vi si sono svolti molteplici progetti di cui è stata raccolta ampia documentazione video e alcune osservazioni.

Questo periodo è stato utilizzato per far conoscere il sistema agli insegnanti e agli studenti (170 bambini, dalla prima alla quinta classe). I progetti realizzati sono riportati di seguito.

- *Il canguro della continuità*: per la classe prima e la sezione dei grandi di due Scuole dell'Infanzia del Circolo Didattico di Via Codelli; la classe prima ha svolto anche la sessione "I Musicanti di Brema" per favorire l'integrazione nel gruppo classe di un bambino con lieve autismo;
- *Infolibro*: in cui la Stanza è stata inserita come strumento per attivare la produzione di un testo di fantasia da parte dei bambini di seconda;
- *I suoni della preistoria*: sessione finalizzata allo studio della storia (classe terza);
- *Pierino e il lupo di Sergej Prokof'ev*: sessione di ascolto e analisi musicale (classe quarta);
- nelle classi quinte la Stanza è stata utilizzata da due ragazzi con dislessia certificata come strumento compensativo/dispensativo nello studio delle scienze;
- tutti gli allievi della scuola hanno potuto utilizzare la Stanza Logo-Motoria per l'apprendimento della lingua inglese.

## **Risultati**

Le analisi delle riprese video e le osservazioni sistematiche effettuate a scuola dagli insegnanti hanno permesso di constatare che l'utilizzo della Stanza Logo-Motoria come metodo di insegnamento favorisce la motivazione all'ascolto e, di conseguenza, l'apprendimento. L'alta concentrazione nelle attività di ascolto associata al movimento del corpo nello spazio hanno assicurato un effettivo trasferimento delle conoscenze: anche dopo un certo lasso di tempo i bambini sono stati in grado di recuperare i contenuti appresi durante le sessioni di Stanza Logo-Motoria.

La scuola è frequentata anche da bambini in situazione di handicap che partecipano regolarmente alle attività organizzate nella Stanza Logo-Motoria. Questi bambini riescono a integrarsi nel gruppo dei pari e a raggiungere gli obiettivi previsti perché questo *ambiente didattico* richiede abilità che tutti sono in grado di mettere in gioco: non si tratta di testi da leggere, domande scritte a cui rispondere, operazioni matematiche da risolvere ma di suoni da ascoltare e movimenti da eseguire.

La Stanza Logo-Motoria è stata utilizzata anche da bambini dislessici come metodo di studio delle materie dell'area antropologica (scienze, geografia e storia): la Stanza permette di bypassare la lingua scritta che in questi casi è un ostacolo alla comprensione del testo. Questi bambini hanno dimostrato di avere assimilato i contenuti proposti, hanno riacquisito la motivazione a imparare chiedendo spontaneamente di esporre alla classe i contenuti appresi nella Stanza. Anche il corpo docente è particolarmente motivato a utilizzare la Stanza: gli insegnanti propongono con entusiasmo argomenti e percorsi da realizzare.

Parte dello studio fatto prima di iniziare a lavorare sul progetto descritto da questa tesi ha compreso anche l'approfondimento della struttura e del funzionamento della *Stanza Logo-Motoria*, per poter sfruttare tutto il know-how da essa derivante.

Il primo approccio alla stanza, prima di vederne il funzionamento, è stata la comprensione di questa, mediante gli articoli e la documentazione cartacea, e della sua attitudine a essere un ambiente di studio e apprendimento [20]. Successivamente

si è studiata la possibilità di individuare le sorgenti sonore e di comprenderne la natura sulla base dello studio dei segnali audio acquisiti da array microfonic [22]. Anche le valutazioni fatte nel progetto di realizzazione di un auditory display per la riabilitazione motoria [23] hanno rappresentato degli spunti importanti per il progetto in studio con questa tesi. Infine l'analisi dei gesti e dell'espressività di questi è stata oggetto di studio [24], visto che è un tema di studio molto diffuso nell'ambiente della ricerca.

## 4.2 Ambiente interattivo in studio

Sia lo studio di *Stanza Logo-Motoria* e delle sue funzionalità sia i risultati da esso ottenuti e vedendo i movimenti che vengono fatti fare ai bambini affetti da SMA da fisioterapisti e da genitori si è pensato a come fosse possibile stimolare a svolgere gli stessi gesti ma senza costringere un altro soggetto a supervisionare a questa attività. Una delle particolarità consisteva nel come fosse possibile portare a svolgere questi movimenti ai bambini, che tendono a vedere le attività legate all'ambiente medico con poca simpatia. Grande esperienza è stata offerta dal progetto sopra descritto, *Stanza Logo-Motoria*, visto che proprio con i bambini svolge la sua attività di supporto all'apprendimento.

Naturalmente l'ambiente ludico è la soluzione a questo problema, vista la fascia di età che caratterizza gli utenti di questo sistema e, se nell'interfaccia offerta e nei temi dell'applicativo fossero presenti anche delle tematiche di tipo educativo, il progetto raggiungerebbe un ulteriore traguardo, quello dell'apprendimento.

Inizialmente la concentrazione è andata al tipo di esercizi di interesse, cercando di capire la difficoltà che comporta per il soggetto l'attuazione del gesto, ovviamente inteso come facilità a stancarsi.

Vanno tenute in considerazione anche le varie tipologie di SMA esistenti, presentate nel Capitolo 1, e in base a queste vanno fatte delle considerazioni, una tra tutte è l'età del bambino. In funzione dell'età va ideata un'apposita interfaccia grafica, che consenta all'utente di poter trovare i giusti stimoli al movimento.

Gli esercizi per il tipo SMA I (vedi Capitolo 1) consistono principalmente nei seguenti movimenti (alcuni di essi riportati in Figura 4.3):

- rotazione del collo;
- sollevamento delle braccia, assieme e una alla volta;
- sollevamento delle gambe, assieme e una alla volta;
- rotazioni del busto.

Per il tipo SMA II gli esercizi sono anche di tipo posturale e i bambini utilizzano normalmente la carrozzina per muoversi. Questa tipologia di SMA fa sì che i bambini, grazie alla carrozzina, abbiano un po' di autonomia in più, almeno per alcune attività, e proprio questa è la parte dei bambini ai quali mira il sistema pensato, ma gli esercizi che verranno utilizzati per la prima release dell'applicativo sono quelli sopra elencati, in modo da poter gestire anche SMA I, se l'età del bambino lo consente.

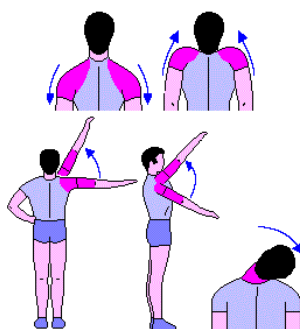


Figura 4.3: Alcuni esercizi svolti come riabilitazione

Il problema che si presenta con i soggetti affetti da SMA I è che i bambini hanno età inferiore, che si aggira intorno all'anno, e quindi non presentano autonomia nelle normali attività.

### **Giocare muovendosi**

Come descritto, lo scopo di questo ambiente virtuale consiste nella capacità di integrazione tra attività riabilitativa (in termini di movimenti studiati per favorire la tonicità dei muscoli) e strumenti di didattica e divertimento.

La prima soluzione pensata per raggiungere gli obiettivi prefissati vuole nello sfruttare i personaggi dei cartoni animati, o dei personaggi pensati per questo "gioco", dai quali il soggetto utente del sistema si vede porre dei quesiti. La risposta verrà fornita dal bambino con dei movimenti, compatibili con quelli studiati per creare il sistema in studio. L'applicativo, date le informazioni fornite dalla videocamera, valuterà se la posizione assunta dal bambino o se il movimento degli arti da esso svolto risultino essere compatibili con quelli che forniscono la risposta esatta. In caso affermativo allora al bambino verrà dato un feedback audio-video.

L'adozione di una videocamera come quelle utilizzate per i test, descritte nel Capitolo 2, è importante perché fornisce la posizione assunta dal soggetto inquadrato con una precisione maggiore rispetto alle normali webcam e quindi il controllo dei movimenti risulta più preciso. Questo è il principale motivo per il quale non si è voluto utilizzare una webcam per questo progetto, tecnologia utilizzata invece per *Stanza Logo-Motoria*.

E' pensabile che anche per la *Stanza Logo-Motoria* venga adottata una videocamera che presenti le caratteristiche di quelle utilizzate per il progetto in studio, abbandonando la webcam ora utilizzata per la rilevazione degli spostamenti dei soggetti all'interno del campo visivo.

### Il movimento delle braccia

Per quanto riguarda la prima versione, i movimenti consistono nello spostamento delle braccia e nell'eventuale utilizzo dei polsi, ad esempio imitando la rotazione di una chiave. Dopo i test svolti, vedendo i problemi manifestati nell'utilizzo di Kinect e in particolare quelli di precisione per i polsi, i movimenti studiati sono quelli delle braccia per selezionare delle risposte che vengono visualizzate a monitor, come illustrato in Figura 4.4.



Figura 4.4: Esempio di quesiti e possibili videate

In questo caso, quando viene effettuata la richiesta *Con cosa spengo il fuoco?* (vedi Figura 4.4, monitor di sinistra) il bambino dovrà abbassare il braccio e portarlo in posizione centrale, andando a selezionare la figura relativa all'acqua.

Nel secondo caso (Figura 4.4 monitor di destra), portando il braccio sinistro verso l'alto e spostandolo verso sinistra, si andrebbe a puntare l'osso, che è la risposta al quesito proposto. Ovviamente l'ordine delle domande poste consente di ridurre la stanchezza del soggetto, infatti ponendo le domande in modo da alternare l'utilizzo dei due arti superiori e del collo è meno facile che il bambino si stanchi. L'ordine delle domande sarà oggetto di un colloquio con i terapeuti che si occupano di queste attività, in modo da stabilire la soluzione migliore anche dal punto di vista terapeutico.

Il vantaggio, una volta generato quello che potrebbe essere definito il *kernel* del sistema, sta nel fatto che generando delle interfacce differenti (vedi Figura 4.5) sarà possibile andare a catturare la fascia di età desiderata, la fascia con interessi simili o sesso degli utenti, in modo facile e riuscendo quindi a coinvolgere maggiormente l'attenzione dei soggetti.



Figura 4.5: Personalizzare il kernel modificando l'interfaccia

Anche questo tipo di caratteristica è presente nella Stanza Logo-Motoria, infatti modificando l'output audio o modificando l'eventuale video proiettato a muro, o su un monitor, è possibile creare un sistema che appare completamente diverso, anche se in realtà è diversa solo l'interfaccia, in quanto la struttura rimane invariata.

Le risposte e i comandi verranno impartite al sistema, mediante il dispositivo considerato migliore per questi scopi, alzando il braccio, muovendolo verso destra o verso sinistra, mantenendolo al centro, oppure abbassandolo.

Sarà possibile legare la risposta a combinazioni di movimenti, magari utilizzando entrambe le braccia.

I movimenti che vengono utilizzati come comandi per l'applicativo studiato riguardano solamente la parte alta del corpo, visti i problemi incontrati con introduzione della carrozzina (vedi Capitolo 3). Altri studi adottano Kinect come dispositivo di acquisizione prevedono l'input solamente dalla parte alta del corpo [25], e questo è l'obiettivo per la prima release progetto, ma l'idea è di sfruttare tutto il corpo, in modo da avere più possibilità per l'utente.

### Imparare Muovendosi

Ovviamente con una ulteriore modifica (vedi Figura 4.6) questo potrebbe diventare un questionario sulla matematica, un questionario sull'italiano, o su altre materie scolastiche, sempre presentato sotto forma di quiz, quindi anche nei periodi in cui i soggetti sono costretti ad una degenza in ospedale, o a casa, per problemi di salute che frequentemente si presentano.

Questo è una ulteriore possibilità che si è pensata, con un occhio a Stanza Logo-Motoria, infatti l'ambiente in studio potrebbe essere presentato in *modalità apprendimento*, ossia introducendo una parte fortemente didattica al sistema già presentato.



Figura 4.6: Apprendere utilizzando corpo e Kinect

### Analisi della struttura del sistema

La struttura del progetto, dopo i test svolti con Kinect ha subito delle modifiche nello schema logico che ne descrive i blocchi funzionali.

Inizialmente il progetto, che è partito conoscendo Kinect per le sue funzionalità senza però aver svolto alcun test, seguiva una struttura come quella descritta in Figura 4.7.

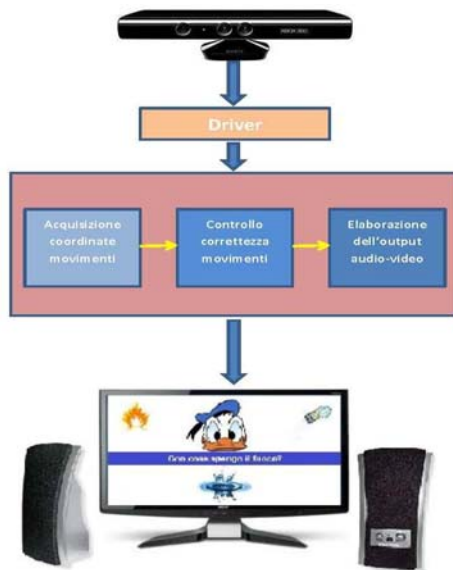


Figura 4.7: Struttura iniziale del progetto

La parte più alta è quella relativa all'acquisizione delle informazioni sui movimenti e sui comandi vocali, e quindi in questo punto vi è Kinect che acquisisce il video, dal quale viene estrapolato lo scheletro e i movimenti di questo, e l'audio. E' stato messo in evidenza anche un blocco driver, in quanto è stato un punto importante del progetto, che ha visto la valutazione dei driver OpenNI e SDK Microsoft parte che ha richiesto dei test e delle importanti considerazioni che hanno poi fatto cadere la preferenza su SDK Microsoft per quanto riguarda Kinect nella prima parte della fase di decisione dei dispositivi.

Una volta acquisito il video, e quindi lo scheletro del soggetto, le informazioni vanno valutate. Quando si parla di informazioni, ci si riferisce a delle coordinate, che vengono passate in millimetri o in pixel. Dall'una all'altra, da millimetri a pixel o da pixel a

millimetri, è sufficiente svolgere una conversione per avere il dato nel formato che si presta maggiormente alle manipolazioni.

Una volta acquisite e valutate le coordinate dei movimenti, il sistema comprende se queste siano compatibili con la risposta attesa e quindi se il movimento, che è l'input al sistema, ha fornito la corretta risposta al quesito proposto.

Una volta svolte le dovute valutazioni, il sistema fornirà un output appropriato allo scenario che si è presentato. E' stato previsto un output di due tipi, audio e video, in quanto più coinvolgente e vista la maggiore facilità nella comprensione delle informazioni fornite dal sistema.

I bambini, quando sono stati messi davanti a dei giochi virtuali tramite tablet, si sono dimostrati più coinvolti da quelli che offrivano vibrazione, audio e video come output, piuttosto che da giochi che presentavano solamente output visivo. E' quindi ritenuto elemento importante il doppio output, audio e video.

Visto l'insuccesso avuto utilizzando Microsoft Kinect, in riferimento alle imprecisioni presentate nella fase di rilevazione, la struttura del progetto, nella sua prima parte, è stata modificata come rappresentato in Figura 4.8.

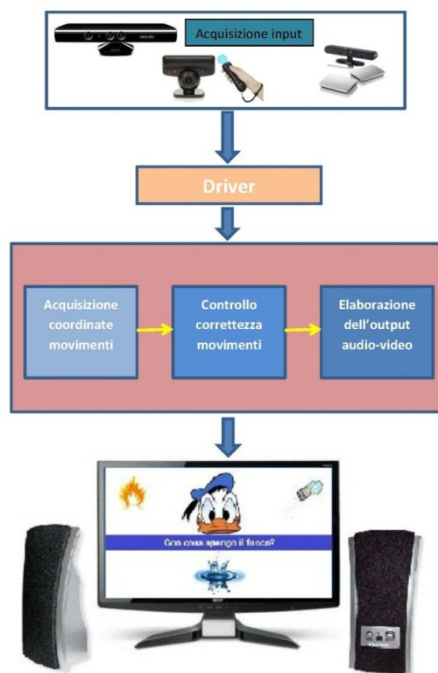


Figura 4.8: Struttura modificata del progetto

La modifica coinvolge solamente la prima parte, nella quale sono stati inseriti altri dispositivi di acquisizione dei movimenti del soggetto.

Quando ci sono dei bambini, degli anziani o delle persone con disabilità motorie, è facile che i gesti non siano precisi o che comunque si presentino degli errori nell'input, quindi la scelta del dispositivo adottato per la rilevazione è importante per poter gestire eventuali errori. Questo è il motivo per cui la fase di test precedentemente affrontata ha richiesto molto tempo e molta attenzione.

E' stato comunque mantenuto il blocco logico relativo ai driver, infatti anche nel caso di Asus Xtion i driver a disposizione in questo momento sono OpenNI di PrimeSense, ma è molto probabile che vengano rilasciati driver ufficiali Asus, come avvenuto per Microsoft Kinect.

Va anche detto che con il pacchetto di sviluppo Pro sono stati inseriti dei sistemi che consentano di avere maggiore controllo nei dati che vengono rilevati e questo offre una possibilità di sfruttare al meglio la precisione del sistema.

Il modulo relativo ai driver, prevede la valutazione delle interfacce tra il dispositivo e il sistema utilizzato, nel caso specifico, un personal computer con sistema operativo Windows, anche se è stata presa in considerazione l'ulteriore possibilità di utilizzare l'ambiente virtuale con tablet pc, quindi con differenti sistemi operativi, ma questa opzione obbligherebbe anche a rivalutare il linguaggio utilizzato per la programmazione spostando, probabilmente, l'attenzione su Sun Java.

Il software applicativo che sarà sviluppato in C#, come detto nel Capitolo 2, avrà il compito di estrarre dai movimenti dell'utente che verranno rilevati dalla videocamera, e da essa trasformati in coordinate, e di trasformarli in informazioni che saranno utilizzate come risposta ai quesiti proposti.

L'interfaccia grafica sarà proposta come una sequenza di animazioni (*Flash*), in modo da poter sfruttare sia la parte audio che la parte video offerte da questo ambiente di sviluppo.

*Flash*, grazie ad *Action Script* [26], offre la possibilità di gestire degli eventi all'interno dell'applicativo creato con questo ambiente di sviluppo, consentendo di realizzare un

software modulare dove i driver occupano la parte di interfaccia tra il computer e il dispositivo, l'applicativo in C# si occupa di catturare i dati forniti dalla videocamera e manipolarli in modo da estrapolare le informazioni dalle coordinate e l'applicativo *Flash* consente di mostrare a video il quesito e di presentare le schermate successive in funzione delle risposte fornite dall'utente con i gesti del corpo rilevati dalla videocamera (vedi Figura 4.9).

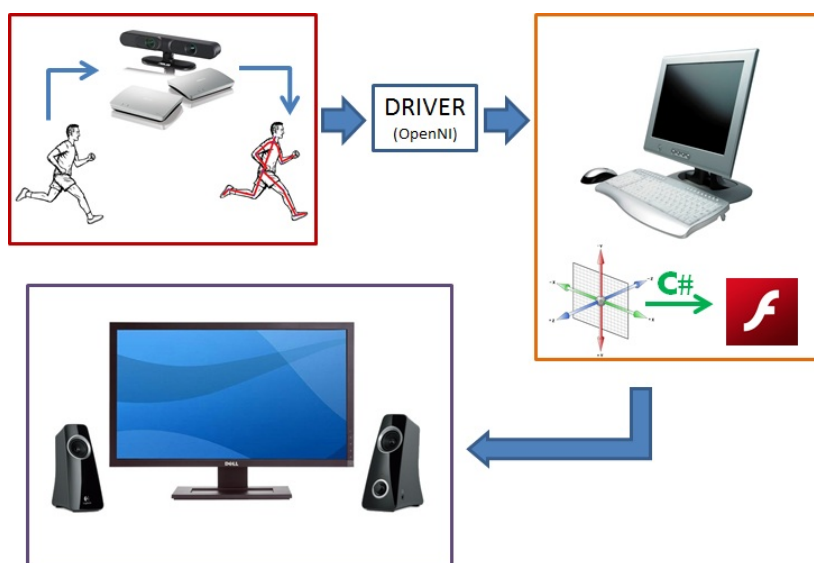


Figura 4.9: Schema riassuntivo sul flusso delle informazioni

Grazie alla struttura proposta verrà realizzato il sistema che si presenta formato da tre principali blocchi, l'ultimo dei quali è relativo a Flash e alla visualizzazione grafica dell'ambiente. Modificando questa ultima parte, eventualmente anche cambiando linguaggio, sarà possibile rendere il sistema completamente diverso agli occhi dell'utente, anche se in realtà viene cambiata solo la veste grafica di questo.



## **Capitolo 5**

### **Conclusioni**



### **5.1 Valutazioni sui dispositivi hardware**

Lo studio descritto da questa tesi, oltre agli approfondimenti necessari per poter conoscere la SMA e ciò che essa provoca nei bambini e nelle famiglie che li assistono, ha consentito l'analisi dei dispositivi che meglio potessero svolgere le funzioni volute e i test per comprendere la compatibilità di questi dispositivi con le ambizioni del progetto.

Questi test non hanno dato un esito soddisfacente per quanto riguarda Microsoft Kinect, che rappresentava invece la prima scelta tra i possibili dispositivi da utilizzare. Sono infatti emerse, in tutte le fasi dei vari test, delle importanti problematiche nelle rilevazioni che non sono state possibili aggirare nemmeno con l'adozione di driver ufficiali Microsoft, scartando quindi i driver open source di PrimeSense.

Infatti, nel momento in cui si è postadavanti alla videocamera di Microsoft la persona seduta sulla carrozzina, non è stato possibile ottenere la traccia dello scheletro e quindi è venuta meno la principale funzione della videocamera per quanto riguarda questo progetto.

La videocamera presa in considerazione come alternativa, Asus Xtion, offre la possibilità di svolgere le medesime operazioni di Kinect garantendo maggiore precisione nelle rilevazioni e consentendo di operare anche con persone che presentano delle disabilità motorie.

La scelta finale, per quanto riguarda il dispositivo adottato per lo sviluppo di questo progetto, è ricaduta quindi su Asus Xtion Pro, che comprende la videocamera descritta nel Capitolo 2 e il pacchetto di sviluppo ideato da Asus per creare applicazioni che sfruttino la *motion capture*.

Importante vantaggio offerto da Xtion rispetto a Kinect è il fatto che vi è la possibilità di tracciare (metti che cosa è possibile tracciare) anche le singole mani senza la necessità di rilevarle assieme al resto del corpo, garantendo quindi la possibilità di creare un applicativo che sfrutti i comandi impartiti dall'utente utilizzando la parte alta del corpo.

Oltre ai due dispositivi messi a disposizione da Microsoft e da Asus, rimane sempre valida la soluzione che prevede l'adozione dei dispositivi Sony, anche se questo

comprometterebbe una delle caratteristiche principali del progetto, ossia quella che rende il soggetto-utente del sistema il solo controller di questo ambiente virtuale, senza la necessità di utilizzare dispositivi o sensori come Move di Sony.

Non è previsto l'utilizzo di questo dispositivo per il progetto, a meno che i fini ultimi di questo lavoro non possano essere realizzati utilizzando la tecnologia Asus.

Dai test svolti e dai progetti studiati in rete non dovrebbero tuttavia emergere altri problemi oltre a quelli già riscontrati e quindi il progetto sarà realizzato con Asus Xtion Pro. E' però utile avere a disposizione un'alternativa, Sony Move, che permetta di modificare il progetto senza necessariamente abbandonare completamente l'idea.

## **5.2 Realizzazione del progetto**

La prima release dell'applicativo studiato e discusso prevede lo sviluppo di un software che consenta una corretta traccia della parte alta del corpo e dei movimenti ad esso associati, che sarà sfruttata come input al sistema che, come descritto nel Capitolo 4, offrirà ai soggetti-utenti un ambiente dall'aspetto ludico ma con fini riabilitativi.

La prima release consentirà di capire se questo tipo di supporto può rappresentare realmente un aiuto al campo fisioterapico e quindi se darà realmente spazio a nuovi sviluppi futuri.

I bambini, che ricordo essere i principali utenti di tale progetto, si mostrano molto interessati a videogiochi e applicazioni che prevedono l'utilizzo di tecnologia come Kinect e Xtion riuscendo fin da subito a interagire con essa.

Le interfacce studiate grazie all'esperienza avuta con Stanza Logo-Motoria e i periodi di test svolti, fanno sì che sia possibile partire con grafica e soggetti che catturino l'attenzione dei bambini, offrendo loro un ambiente divertente nonostante abbia finalità terapeutiche ed educative.

### **5.3 Sviluppi futuri**

Quando saranno svolti i test sulla prima release del sistema studiato, verranno introdotte delle nuove funzionalità, in particolare sono previste:

- rilevazione di tutto il corpo, per sfruttare anche le gambe per impartire comandi al sistema;
- studio e sviluppo di applicativo coerente con le ambizioni esposte per quello descritto da questa tesi, ma che preveda la sostituzione del computer con un tablet pc.

I costi dei tablet pc si stanno notevolmente abbassando rispetto ai prezzi che avevano inizialmente al loro ingresso sul mercato. Grazie a una donazione ricevuta dall'associazione FamiglieSMA di venti tablet pc da offrire ai bambini affetti da SMA e vedendo la facilità con cui essi riescono a interagire con questo modello di tecnologia touch screen, si è potuto capire come possa aprirsi una nuova opportunità per lo sviluppo di questo progetto basandosi su una tecnologia diversa da quella prevista per la prima release, che adotta personal computer.



## **Appendice A**

### **Installazione dei driver OpenNI per Kinect su Windows**



### **Passo 1**

Innanzitutto va disinstallato qualsiasi altro driver per Kinect dal computer, perché potrebbe causare incompatibilità o crash, come CLNUI.

E' possibile scaricare i driver Kinect per Windows all'indirizzo web: <https://github.com/avin2/SensorKinect>. Questi sono a disposizione in formato compresso, quindi la prima operazione da compiere è la scompattazione.

Una volta aperta la cartella principale, si acceda alla sottocartella *Bin* e si avvii il file d'installazione con estensione *msi*.

Se non vi sono stati errori o problemi durante questa fase, i driver sono correttamente installati nel computer.

### **Passo 2**

Successivamente si scarichi e si installi l'ultima versione di OpenNI binaries, reperibile all'indirizzo web: <http://www.openni.org/downloadfiles/2-openni-binaries>.

### **Passo 3**

Si scarichi e si installi l'ultima versione di OpenNI Compliant Middleware Binaries disponibile all'indirizzo web: <http://www.openni.org/downloadfiles/12-openni-compliant-middleware-binaries>. Si inserisca la seguente chiave messa a disposizione da PrimeSense: 0KOIk2JeIBYCIWVnMoRKn5cdY4=, la chiave è gratuita.

### **Passo 4**

Infine si scarichi e si installi l'ultima versione di OpenNI Compliant Hardware Binaries, accedendo all'indirizzo web: <http://www.openni.org/downloadfiles/30-openni-compliant-hardware-binaries>.

A questo punto la fase relativa allo scaricamento ed all'installazione di addon software è conclusa.

### Passo 5

A questo punto si colleghi la videocamera Microsoft Kinect al PC, mediante cavo USB, e si attenda la sincronizzazione tra computer e dispositivo.

A sincronizzazione terminata, accedendo al pannello di controllo, alla sezione gestione periferiche, sarà possibile visualizzare tutti i dispositivi perfettamente operativi e funzionanti (vedi Figura A).

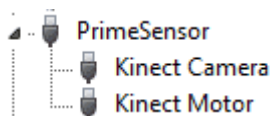


Figura A: Dispositivi funzionanti da Pannello di controllo di Windows

### Passo 6

Sarà possibile effettuare dei test per capire se la configurazione dei driver per Kinect è andata a buon fine e se la connessione al dispositivo è funzionante. Tra i programmi installati sono presenti delle demo che consentono di testare il dispositivo.

Le demo citate sono reperibili ai seguenti percorsi:

*C:\Program Files\OpenNI\Samples\Bin\Release;*

*C:\Program Files\Prime Sense\NITE\Samples\Bin\Release*

oppure

*C:\Program Files (x86)\OpenNI\Samples\Bin\Release*

*C:\Program Files (x86)\Prime Sense\NITE\Samples\Bin\Release*

Se non vengono riscontrati rallentamenti, crash o difficoltà d'avvio, l'installazione dei driver di Microsoft Kinect su Windows è avvenuta senza intoppi.

## Soluzione a problemi noti

### Primo problema noto

Se sul computer è presente una versione di OpenNI più vecchia della versione 1.1.0.38 è necessario rimpiazzare il file XML presente al percorso:

*C:\Program Files\OpenNI\Data*

*C:\Program Files\PrimeSense\NITE\Data*

con una versione corrispondente, reperibile all'indirizzo web: [www.studentguru.gr/blogs/vangos/how-to-successfully-install-kinect-windows-openni-nite/KinectXMLs.zip](http://www.studentguru.gr/blogs/vangos/how-to-successfully-install-kinect-windows-openni-nite/KinectXMLs.zip).

### Secondo problema noto

Se le demo presenti non funzionano, sarà necessario accedere alla cartella *System variables*, cercare la stringa *OPEN\_NI\_BIN* e sostituire

*C:\Program Files\OpenNI*

in con

*C:\Program Files\OpenNI\Bin.*

## Bibliografia

- [1] M. S. Rafiee, S. Jafari, H. S. Ahmadi, M. Jafari, "Considerations to Spoken Language Recognition for Text-to-Speech Applications," in *Proc. of UKSim 13th International Conference on Modelling and Simulation*, 2011.
- [2] World Wide Web Consortium (W3C). Sito web. <http://www.w3.org/>.
- [3] A.I.D.A. (Ausili Informatici per Disabili e Anziani).  
Sito web. <http://www.aidalabs.com/>.
- [4] N. Orio, "A Gesture Interface Controlled by the Oral Cavity," in *Proc. of the International Computer Music Conference*, Thessaloniki, GR, 1997.
- [5] NaturalPoint's SmartNav. Sito web. <http://www.naturalpoint.com/>
- [6] FamiglieSMA onlus. Sito web. <http://www.famigliesma.org/>.
- [7] Robert L. Nussbaum, Roderick R. McInnes, Huntington F. Willard, *Genetica in medicina*. Thompson & Thompson, 2004.
- [8] S. L. Hauser, *Harrison's: Neurologia clinica*, Casarile (Milano), McGraw-Hill, 2007.
- [9] A.S.A.M.S.I. onlus. Sito Web. <http://www.asamsi.org/>.
- [10] Telethon. Sito Web. <http://www.telethon.it/>.
- [11] Ricerca contro la SMA. Sito Web. <http://www.ricercasma.it/>.
- [12] Microsoft Kinect per Windows. Sito web.  
<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>.
- [13] Asus Xtion Pro. Sito web.  
[http://www.asus.com/Multimedia/Motion\\_Sensor/Xtion\\_PRO\\_LIVE/](http://www.asus.com/Multimedia/Motion_Sensor/Xtion_PRO_LIVE/).
- [14] Prime Sense. Sito web. <http://www.primesense.com/>.
- [15] OpenNI. Sito web. <http://75.98.78.94/default.aspx>.
- [16] OpenGL. Sito web. <http://www.opengl.org/documentation/>.
- [17] DirectX6. Sito web.  
<http://msdn.microsoft.com/library/bb219837%28v=VS.85%29.aspx>.
- [18] J.D. Pennock. Sito web. <http://www.jacobpennock.com/>.
- [19] Eyes Web. Sito web. <http://www.infomus.org/>.
- [20] A. Camurri, S. Canazza, C. Canepa, G.L. Foresti, A. Rodà, G. Volpe and S. Zanolla, "The Stanza logo-motoria: An Interactive Environment for Learning and

- Communication,” in *Proc. of Sound and Music Computing Conference*, 2010.
- [21] Microsoft Corporation. (2011). “SkeletalViewer Walkthrough: C++ and C#”.
- [22] D. Salvati, S. Canazza and A. Rodà, “Sound spatialization control by means of acoustic source localization system”, in S. Zanolla, F. Avanzini, S. Canazza, & A. de Goetzen editors, in *Proc. of Sound and Music Computing Conference*, 2011.
- [23] A. Boem, S. Canazza and A. Rodà, Progettazione e realizzazione di un auditory display per la riabilitazione motoria, in A. Valle and S. Bassanese, editors, *Atti del XVIII CIM – Colloquio di Informatica Musicale*. Torino - Cuneo, 5-8 Ottobre 2010, number 9788890341311, pages 186-188. AIMI - Associazione Informatica Musicale Italiana, 2011.
- [24] S. Canazza, A. Rodà and G. De Poli, “On the espressive gestures: looking for common traits between musical and physical domain,” in *Proc. of Kansei Engineering and Emotion Research*, March 2010.
- [25] K. K. Biswas, S. K. Basu, “Gesture Recognition using Microsoft Kinect,” in *Proc. of the 5th International Conference on Automation, Robotics and Application*, 2011.
- [26] Adobe Creative Team, *ActionScript 3.0 for Adobe Flash CS4 Professional Classroom in a Book*. Brossura, 2008.

I siti web indicati sono stati visitati nel periodo che va da Settembre 2011 a Marzo 2012. Ultima consultazione 1 Marzo 2012.

## **Ringraziamenti**

Un sentito ringraziamento ai miei genitori che, con il loro supporto morale ed economico per tutto il periodo di studi, mi hanno consentito di raggiungere questo traguardo.

Desidero ringraziare il Prof. Canazza, relatore di questa tesi, per la disponibilità dimostrata e per l'esperienza che ha saputo trasmettermi durante tutto il lavoro svolto.

Ringrazio inoltre i Proff. De Poli e Rodà, correlatori, per il supporto offerto.

Un ringraziamento all'associazione FamiglieSMA per l'aiuto offerto nella comprensione di questa patologia e per il materiale fornito.