

行政院國家科學委員會補助
大專學生研究計畫研究成果報告

* *****
* 計畫名稱：建置結合 3D 音效與體感器的盲用聽覺感知重建訓練輔助系統 *
* *****

執行計畫學生：黃彥軒
學生計畫編號：NSC 101-2815-C-040-004-E
研究期間：101 年 07 月 01 日至 102 年 02 月 28 日止，計 8 個月
指導教授：李孝屏

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中山醫學大學醫學資訊學系

中華民國 102 年 03 月 11 日

摘要

中途失明視障者在失明前習慣使用視力來獲取外界的資訊，當喪失視力後，往往很難適應失明前後的落差，而必須接受重建訓練，方能逐步改用身體其他感官來取代視覺。在本計畫中，我們將結合3D音效技術與體感裝置，開發一套聽覺感知重建輔助系統(Auditory Perception Re-establish Training System, APRETS)，協助視障者進行聽覺感知重建的自我訓練。這套輔助系統將建置於廣為視障者使用的個人電腦上，提供專為視障者設計的友善操控介面，並搭配中文文字轉語音引擎的使用，提供語音訊息，讓視障者能自行操作系統，無需旁人的協助；此外，我們將利用3D音效技術，模擬多種日常生活中可能遭遇的情境，並透過體感裝置感測視障者的動作，以判斷其動作是否符合情境之要求。為了提高視障者進行訓練的意願，我們會以互動式遊戲的形式來設計訓練的過程，寓訓練於遊戲。

關鍵字：聽覺感知重建、3D音效、體感器、文字轉語音引擎、視障輔助系統

一、前言

視覺是人類最直接也是最主要的感官，用以接收外在環境的訊息，相關研究結果指出，一般人透過視覺所獲取的資訊約佔總量的百分之八十以上[1]，而我們一天生活中的大部份事務也都需要依賴視覺方能完成，視覺之重要性不言可知。根據內政部的統計，至民國 100 年 6 月底為止，國內因先天或後天因素而造成視力損傷、領有身心障礙手冊之視障人士已超過 55700 人[2]，且人數逐年增加中，這些視障者因視力上的缺損，在生活、行動上都有較一般人為多的限制與不便，其中，在成年後因疾病或意外事故導致視力缺損的中途失明者所需面對的困難與調適又遠較先天失明的視障者為多！中途失明者因在生長、學習與生活養成階段中長期依賴視覺來獲取外界資訊，當其突然喪失視力，無法再藉以獲取外界資訊時，心理上對於外在的環境往往會產生嚴重的恐懼與不安感，一向熟悉的街道、巷弄還有住家社區環境，突然間成為步步為艱、忐忑不安的陌生之地；生活中許多原先可以輕易處理的事務，此時也變的困難重重，必須依賴旁人的協助方能完成，昔日的視覺經驗於此反而成為生活上的阻力而非助力[3]。

在日常生活中，當有鑰匙或硬幣等物品掉落到地上時，擁有正常視力的眼明人會先使用視力掃視地面，確定物品掉落的位置，然後將之撿起，然而，視障者因無法使用視力來確定物品的位置，撿取掉落物前必須先依據物品掉落時發出的聲音性質與大小，使用聽力來判斷物品的方向與遠近位置，縮小摸索搜尋的範圍；又如在戶外的環境中，眼明人可使用視力，正確地知道車輛停靠的位置、車流的方向以及與自身的距

離、紅綠燈的狀態、道路施工的狀況…等資訊，而視障者則必須依靠聽力，依據公車、機車引擎或施工器械所發出的不同聲音，判斷車輛類別、方向、距離或施工的地點，以決定行進的方位，保障自身的安全。相較於先天失明者而言，上述憑藉聽覺而做出判斷的工作對於中途失明之視障者將較為困難，導因於其失明前已相當習慣使用視力來獲取週遭環境的資訊，而失去視力後卻必須轉換為依賴聽覺做出判斷，如此大的改變，是需要時間與相關器具來進行重建訓練方能適應的。

現今對於聽覺感知重建的相關研究仍大多限於特殊教育或醫學領域中，實際運行中的訓練課程往往需要專屬的空間與昂貴的訓練設備方能進行，以新莊盲人重建院[4]的聽覺感知訓練為例，在進行訓練時，受訓者必須進入一間特別設計的聽覺教室，當指導者按下教室中央操控按鈕時，牆壁上的裝置就會發出聲音並亮燈，此時受訓者要說出聲音來源的方向，藉此來訓練聽力的敏銳度[5]。這樣的訓練系統不僅在場地與設備上的要求很高，視障者也無法自行操作與練習，更重要的是，訓練過程相當枯燥無趣，受訓者很難長時間保持高度的興趣，因此，整合現今的資訊技術，開發設備簡單、成本低廉、不需專屬空間、訓練過程遊戲化、娛樂化，而且操作簡單、視障者可自行操控的聽覺感知輔助訓練系統，實有其必要性。

3D 音效(3D Sound)[6]是一種相當新穎的聲音處理技術，此種技術是以頭部相關傳輸函數(head-related transfer function, HRTF)[7]為基礎，模擬音源在空間中不同相對位置所產生的音場，而讓聽者可以僅使用一對喇叭或耳機就能感受到聲音來自空間中特定位置，透過音場分析與計算，也可以模擬出音源前後左右或上下移動的效果。相較於一般所熟知的立體音效(Stereo Sound)[8]或環繞音效(Surround Sound)[9]，3D 音效技術具有設備簡單、真實感高的優點，目前已被使用於 VR (Virtual reality)[10] 頭盔顯示器的虛擬實境系統以及一些 FPS (First Person Shooter) [11]—Crysis 2、Halo：Reach 等知名遊戲中，以產生身歷其境的聽覺感受，增加情境真實感，而隨著軟、硬體技術的進步，在個人電腦上已可使用軟體產生模擬真實空間的 3D 音效，且大多數的音效卡皆已支援 3D 音效。體感器(motion sensing device)[12]配備有各種感測裝置，用以感測人體四肢的運動，甚或進一步地用以分析、判斷人的姿勢與動作，新一代的體感器如微軟(Microsoft)的 Kinect[13]是利用紅外線攝影裝置擷取影像資料，轉換為 3D 深度圖像後，透過影像處理技術，解析出包括頭、身軀以及四肢等的骨架資訊，另外亦透過 3D 偵測技術來決定人在空間中的位置，綜合這些骨架與位置資訊，就可分析、判斷人的姿勢與動作。隨著 Kinect 體感器的開發工具 OpenNI[14]之釋出，Kinect 已不僅限用於遊戲中，亦能搭配個人電腦，運用於醫療復健、身障輔具系統的建置上。

本計畫之執行，我們將結合 3D 音效技術與新一代的體感器，開發一套適用於視

障者的聽覺感知重建訓練輔助系統(Auditory Perception Re-establish Training System, APRETS), 協助視障者進行聽覺感知重建之聽力定向以及聽力辨物等訓練, 並以設備簡單、無需專屬空間、遊戲化的訓練過程以及提供友善的操作介面, 讓視障者可輕易的自行操控為設計目標。在價格、普及性、資源取得與開發便利性等多項因素的綜合考量下, 我們將搭配 Kinect 體感器、運行 Microsoft Windows 作業系統的個人電腦做為 APRETS 系統的運行平台。APRETS 的主要開發平台為 Unity3D[15]遊戲引擎, 透過 Kinect 的開發套件—OpenNI 作結合。3D 音效部分, 則利用繼承了 FMOD[16]的 Unity3D 中的音效引擎。

本計畫開發的 APRETS 系統將擁有專為視障者設計的全語音操控介面, 且將訓練遊戲化、寓訓練於娛樂, 加上僅需個人電腦與 Kinect 體感器即能架設, 設備簡單、價格低廉又無需專屬的空間, 因此, 在使用了 APRETS 系統後, 視障者將能依個人意願選擇進行訓練的時間與場所, 不受空間與設備的限制, 有效縮短重建訓練所需的時程。

二、文獻探討

2.1 開發工具

2.1.1 Unity3D

Unity3D 為目前熱門的遊戲開發引擎, 在全球開發遊戲的市占率約 40%[17], Unity3D 是個支援多平台、且簡易操作開發, 小至手機, 大至萬人線上遊戲, Unity3D 提供了跨平台的操作環境。在遊戲引擎中音效方面, Unity3D 繼承了 FMOD 音效引擎的函式庫和工具等[18]。Unity3D 支援 3 種腳本語言: JavaScript、C#、以及類似 Python 的語言--- Boo。這三種腳本速度都很快, 而且可以交互操作, 三者都可以使用 .NET 函式庫, 支援資料庫、一般的表達式、XML... 等等。

2.1.2 FMOD

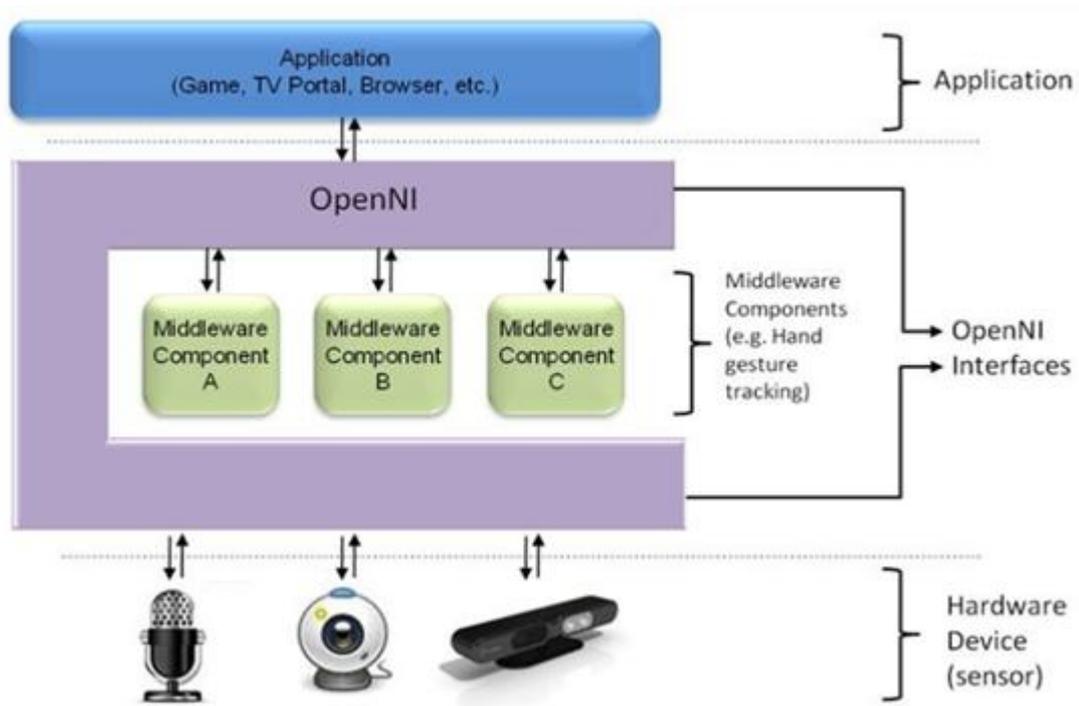
FMOD 是個音效函式庫, 在非商業用途下完全免費。FMOD 的 Ex Programmers API[19]也具有跨平台的特點, 在 Windows、Linux、Mac OS、iOS 和 Android 等等的作業系統上都有支援, 遊戲平台無論是掌上型的 3DS (Nintendo 3DS)、PSP (PlayStation Portable), 或著次世代主機 PS3 (PlayStation Portable 3)、Xbox360 和 Wii 等等都有支援[20]。程式語言的支援有 C、C++、C#、Delphi 和 VB。主要可以輸入無壓縮、壓縮和串流三種格式, 也就是說不限於 Wav 格式的音樂檔。FMOD 也可以設定聲源的位置以模擬方向與遠近的不同, 或是設定速度來模擬運動物體的都卜勒效應 (Dopplar effect), 甚至各種 DSP 處理等等。

2.1.3 OpenNI

OpenNI (Open Natural Interaction)，是個開放原始碼的 API (Application Programming Interface) [21]。OpenNI 定義了撰寫操作程式所需要的 API，提供一個多語言 (主要是 C/C++)、跨平台的 framework；藉此提供了一個標準的介面，讓程式開發者要使用視覺、聲音相關感應器，以及對於這些資料、分析的中介軟體 (middleware) 時，可以更為方便。OpenNI 的基本架構圖如圖一所示，架構圖基本上分為三層，最上層是應用程式 (Application)，也就是我們這些程式開發者自己要撰寫的部分；最下方的一層則是硬體的部分，目前 OpenNI 支援的硬體，包含了：3D Sensor、RGB Camera、IR Camera、Audio Device 這四類。

中間這層就是 OpenNI 的部分，他除了負責和硬體的溝通外，也在自身內部預留了加上中介軟體 (middleware) 的空間，可以用來做手勢辨識、或是追蹤之類的處理。OpenNI 目前在 middleware 的部分，定義了下面四種元件[22]：

- 全身分析 (Full body analysis)：由感應器取得的資料，產生身體的相關資訊，例如關節、相對位置與角度、質心等等。
- 手部分析 (Hand point analysis)：追蹤手的位置。
- 手勢偵測 (Gesture detection)：辨識預先定義好的手勢，例如揮手。
- 場景分析 (Scene Analyzer)：分析場景內的資訊，例如：分離前景和背景、地板的座標軸、辨識場景內的不同物體。



圖一、OpenNI 基本架構圖

2.2 體感器

2.2.1 微軟體感器－Kinect

任天堂的 Wii 帶動了體感遊戲的風潮，微軟的 Kinect 更是把體感遊戲發揚光大，而 Kinect 支援 Windows，現在已經有相關開發套件 Kinect for Windows SDK[23]、OpenNI，這說明著體感器不只是在遊戲，而可以作多種利用。微軟在應用軟體開發成果展，說明 Kinect 能廣泛使用在企業應用、醫療復健、影音動畫、教育娛樂[24]。由此可見 Kinect 的可靠性，所以才有那麼多人拿來作運用，在開發上的資源也越來越多，這很利於系統上的開發。

2.2.2 微軟體感器－Kinect 之原理

Kinect 主要使用了 PrimeSense 公司[25]的偵測技術，體感器之所以能捕捉人體動作是因為利用了幾個關鍵技術－3D 偵測技術和骨架追蹤技術，會透過 CMOS 紅外傳感器所偵測到的影像資料，經由內建晶片處理成 3D 深度圖像，並根據 3D 深度影像的資訊建立出人體骨架資訊，再根據時間的變化進行人體骨架追蹤。骨架追蹤技術是由微軟自行開發的，藉由得到的圖像用分割策略來將人體從背景環境中區分出來，再傳送進一個辨別人體部位的機器學習系統中，判斷出哪部分是人的手、腳和身體等等。體感器最多可同時偵測到 6 個人的深度影像資訊，其中能同時辨識兩個人的動作，而被辨識到動作的人，會透過身體上記錄出的 20 個點組成一個骨架，包含了身軀、手腳四肢等都是追蹤的範圍，達成全身體感操作。

2.3 文字轉錄語音技術

文字轉語音系統(Text-To-Speech, TTS)[26]，或稱文字轉語音技術，是一常見、被廣泛運用的語音技術，可將文字訊息轉換成語音型態，用以幫助人聽取文字訊息，取代了以往使用眼睛閱讀的方式。TTS 系統主要功能，是將文字型態(Text-based)訊息透過演算法進行語音的分析，檢查語句拼寫、讀音之決定與一些特殊用字以及判斷句子中標點位置，並以韻律控制決定輸入語句的發音聲調，最後將語音合成，轉換為語音型態(Audio-based)輸出。

2.4 無障礙遊戲設計原則

要製作個互動性的遊戲訓練系統，須考量到視障者使用時的情況與遇到的困難，因此要以無障礙遊戲 (Game Accessibility) [27]為目標設計。通常直覺式操作應用在遊戲設計時，最基本的特性是下列三點[28]：

- (一) 遊戲物件訊息的呈現。
- (二) 玩家行動位置與遊戲方式。
- (三) 玩家行動與遊戲物件之間的即時反饋。

因此可以知道訊息的呈現、遊戲方式與即時反饋是遊戲設計的重點，而系統使用於視障者，因此要設計出純聽覺遊戲 (Audio Game)，讓純聽覺遊戲容易上手的設計有幾個要點[29]：

- 需要有語音導引
- 有可以覆誦語音的功能
- 有良好的快捷鍵，如上下左右的按鍵
- 遊戲的設計要有難度的選擇與限制
- 對於遊戲中的目標或任務需要語音提示

2.5 3D 音效

藉由喇叭或耳機便能讓聽者感受到聲音來自空間中不同方位的聲音處理技術就是「3D 音效」。這種只需喇叭或耳機即可達到 3D 效果的進步技術，不同於杜比環繞多喇叭的聲音技術，一般可以用在多媒體 PC、或使用 VR 頭盔顯示器的虛擬實境系統產生身歷其境的視覺與聽覺感受。若能利用儀器產生出虛擬的聲音讓人誤以為它是從某個預設位置傳來的，這樣的確可以有逼真的效果，所以也有人稱 3D 音效為「虛擬音效 (Virtual Sound)」[30]。

2.5.1 頭部轉移函數

HRTF (Head-related transfer function)，3D 音效之所以能讓聽者感受到逼真的效果，是利用 HRTF (頭部轉移函數) 演算法，把傳出來的聲音進行轉換，來實現 3D 音場的效果。其中主要利用了雙耳時間差 (Interaural Time Differences, ITD)、雙耳強弱差 (Interaural Intensity Differences, IID) 和耳廓效應 (Pinna Effect) 等技術[31]，產生出三維的立體音效。當同一個聲音源進入人耳時，會因為左右耳的時間差與聲音的強弱差，導致左耳與右耳聽到的聲音並不是完全一樣的，經由 HRTF 演算法進行音效處理，將聲音分別轉換成左耳聽到的聲音與右耳聽到的聲音，讓聆聽者可以判斷出聲音來源位置，感受到三維環繞音效，因此 HRTF 演算法為 3D 音效的重要技術之一。

2.5.2 空間轉移函數

不管是用單耳聽、用雙耳聽甚至是用麥克風錄音後再以耳機播放，都可以感受到空間對聲壓的影響。空間對聲壓的影響可藉由空間轉移函數(Room Transfer

Function, RTF)來表達[32]。

2.5.3 空間雙耳轉移函數

若考慮人在空間中的聽覺，而不單單只是量測空間中某一點的聲壓頻譜，則要把人頭部及耳朵的影響考慮進去，也就是聲壓經過空間轉移函數 (RTF) 以及頭部轉移函數(HRTF)的雙重濾波，計算出空間雙耳轉移函數(Binaural Room Transfer Function, BRTF)[33]。

2.5.4 CMSS-3D

CMSS-3D 是由 Creative 所開發的技術[34]，是多種算法的集合，其中的關鍵是利用了 HRTF，並模擬不同周圍環境，將立體聲輸出創造出環繞立體聲效果。此技術可以產生出 3D 音效也可以將聲音轉換為多聲道，CMSS-3D 還可以使用在遊戲中，將遊戲中的背景音樂變成環繞音。

三、系統實作

在本計畫中，我們將為國內視障人士開發一套聽覺感知重建訓練輔助系統 (Auditory Perception Re-establish Training System, APRETS)，本系統將執行於廣為視障者使用的個人電腦上，結合 3D 音效、文字轉語音引擎以及體感裝置等資訊軟、硬體技術，協助視障者進行聽覺感知重建的各項重要訓練。APRETS 系統利用 3D 音效技術產生擬真的情境，使用體感器進行骨架追蹤，分析使用者在情境下的反應與動作，並透過語音進行指引說明與系統訊息回饋。

3.1 所需設備

本系統於 Unity3D 遊戲引擎做開發主要使用語言為 JavaScript。使用 OpenNI 1.5.2 開發套件做為遊戲與體感器的連結與資訊擷取，使用的程式語言為 C#。開發所需設備有筆記型電腦、體感器、外接音效卡、無線耳機如圖二至圖五所示。



圖二、筆記型電腦



圖三、體感器—Kinect



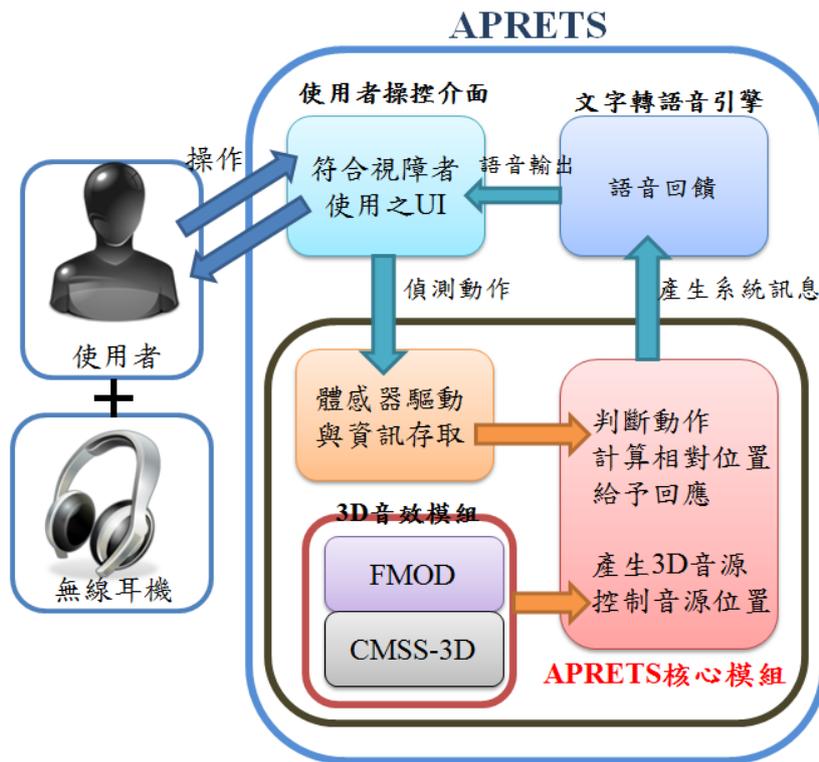
圖四、外接音效卡—X-Fi Surround 5.1 Pro



圖五、無線耳機—AKG T912

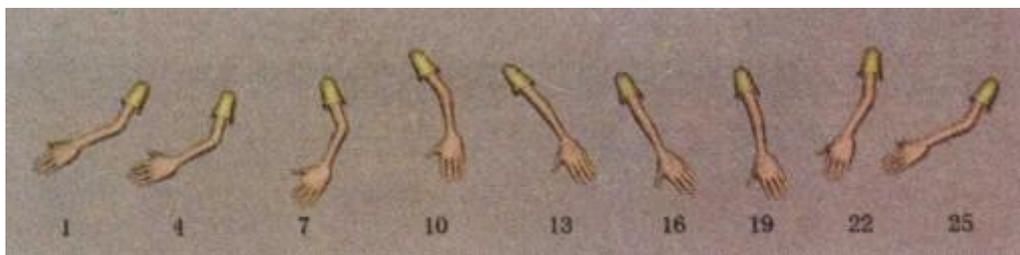
3.2 系統描述

基於開發便利性以及設備價格與普及性等多項因素的綜合考量，我們將以運行 Microsoft Windows 作業系統的個人電腦做為 APRETS 系統的開發平台，並選用物件導向式的 C# 程式語言與 JavaScript 來進行系統的開發。由功能層面來區分，APRETS 系統的組成元件可分為使用者操控介面、文字轉語音引擎、3D 音效模組、體感器驅動與資訊存取模組以及 APRETS 核心模組等幾個功能模組，系統架構與各模組間的相互關係如圖六所示。



圖六、APRETS 系統架構與組成元件

- 使用者操控介面：使用者只需透過語音提示擺出正確的手勢即可操作，手勢舉起雙手以及擺動手臂（如圖七所示）即可操作系統。



圖七、手臂擺動圖

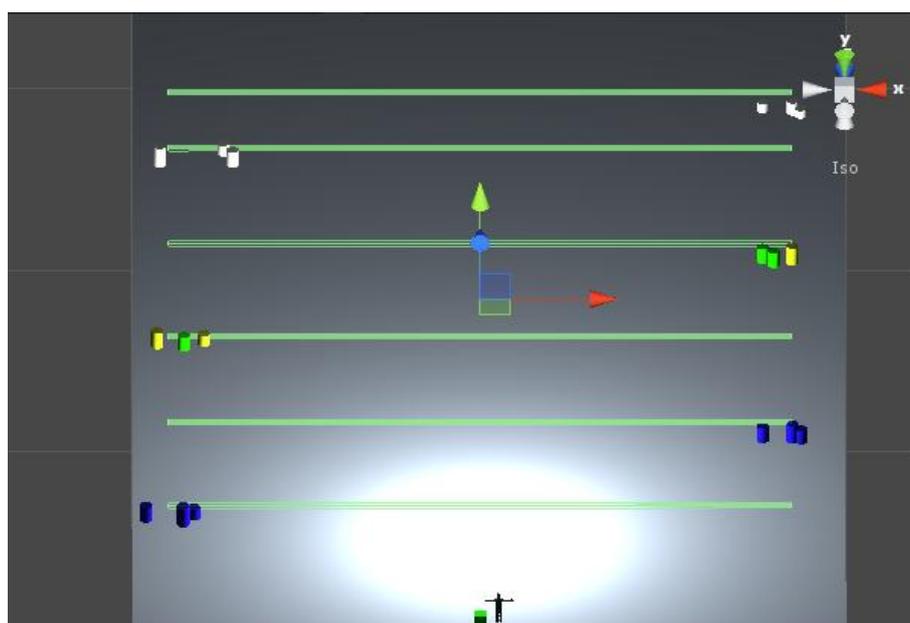
- 3D 音效模組：使用繼承了 FMOD 的 Unity3D 中的音效工具，調整都卜勒效應（Doppler Level）、聲音衰減（Volume Rolloff）和回音區域（Audio Reverb Zone）等等。再透過外接音效卡的 CMSS-3D 的輸出，產生擬真的聲音情境。
- 體感器驅動與資訊存取模組：負責驅動體感器並接收來自體感器的使用者骨架與

位置資訊，以提供 APRETS 核心模組進行使用者動作分析與判斷。利用 OpenNI 開發套件，以 C# 程式語言撰寫。

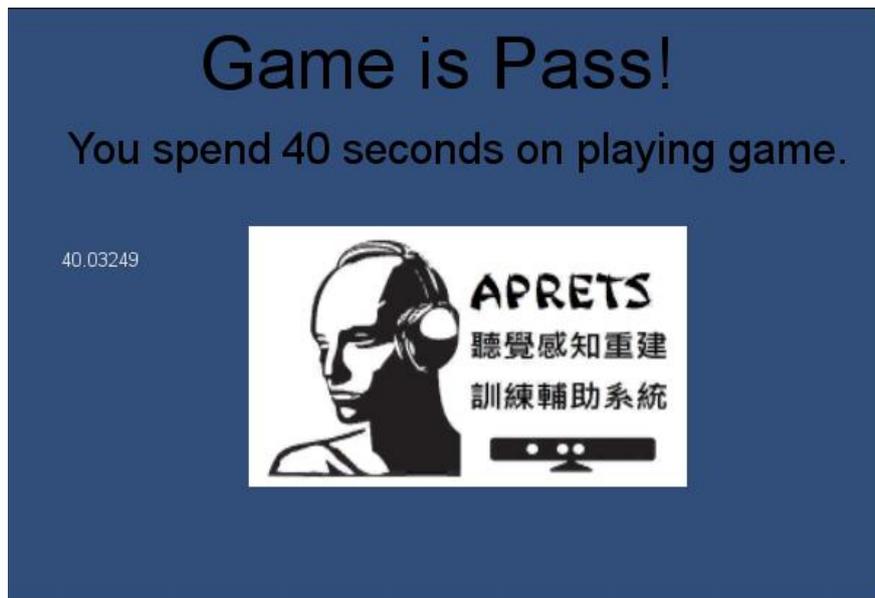
- APRETS 核心模組：組整合系統中各模組的運作與資料傳輸，並控制訓練進行的流程，透過各功能模組的支援，核心模組接受並回應使用者所下達的操控指令，並對使用者所進行的進度給予語音提示，讓使用者清楚了解系統資訊。

3.3 系統內容

APRETS 是以過馬路為情境設計的遊戲，讓視障者能熟悉馬路上的狀況，包含車輛的移動方向、車輛的距離、車輛的快慢等。因此在系統中模擬了腳踏車、機車、卡車、轎車的聲音，並針對該車輛的速度做調整，還有車輛出現的時間做設定。在遊戲中的車道（如圖八所示），每過一車道系統會給予提示音，讓使用者知道已經進入下一個車道，可以做好走下一個車道的準備。當遊戲結束或過關時會有特殊的音樂並以語音告知遊戲總共花了多少時間完成（如圖九、十所示）。



圖八、遊戲中的車道



圖九、遊戲過關畫面及遊戲時間



圖十、遊戲結束及遊戲時間

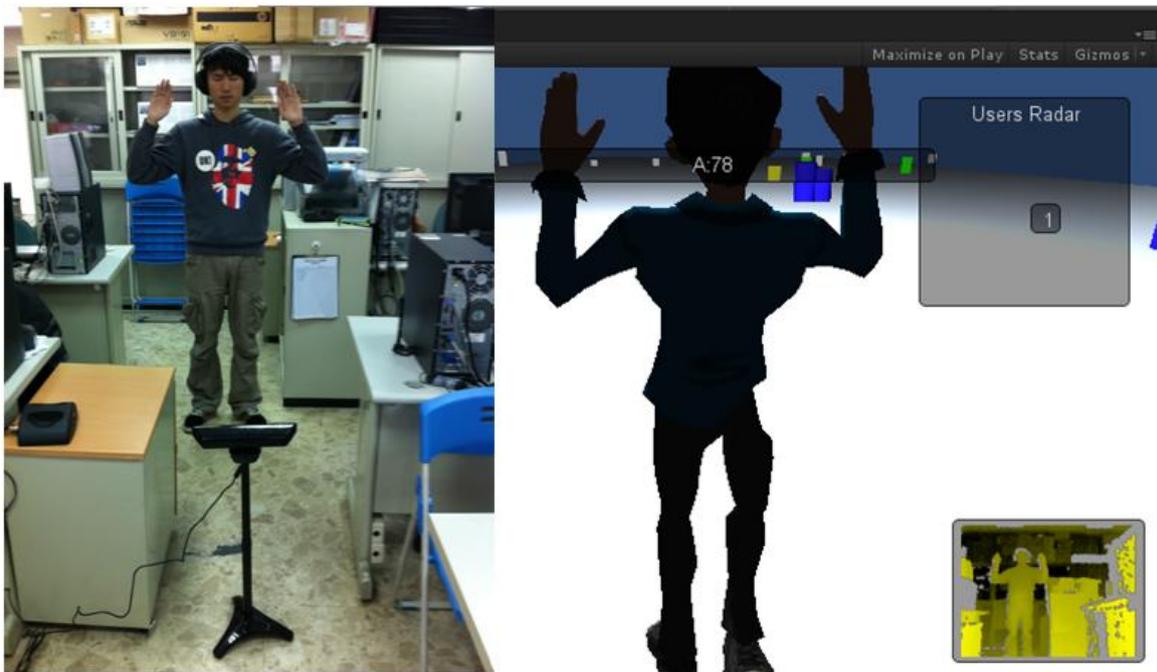
四、實驗成果與評估

本計畫開發聽覺感知重建訓練輔助系統來幫助視障者熟悉馬路上的狀況，包含車輛的移動方向、車輛的距離、車輛的快慢等。並實際給予有視覺障礙的使用者進行實際測試，最後把受測者的訓練前後測結果與系統問卷滿意度(問卷資料為附錄一)透過統計與分析來研究出本研究開發之系統對於視障者的系統整體滿意度來進行評估。

4.1 系統實測概況

APRETS 是在 Microsoft Windows 作業系統上運行的，因此只需個人電腦或筆記型電腦，搭配體感器以及耳機即可進行測試。在系統開始後，會利用 TTS 語音引擎的

技術透過耳機來對使用者進行遊戲說明。一開始會請使用者舉起雙手讓體感器做校正，如圖十一所示。遊戲中，使用者聆聽來車的方向，判斷車輛是否經過，若是車輛已經過，使用者擺動手臂模擬手路過馬路的姿勢（如圖十二所示），穿越馬路進入下一個車道，每經過一個車道會聽到提示音，告知使用者已經到達下一個車道。若是碰到車會出現煞車聲已是遊戲結束，安全的通過每個車道，即會有過關音樂並告知遊戲經過時間。



圖十一、舉雙手校正



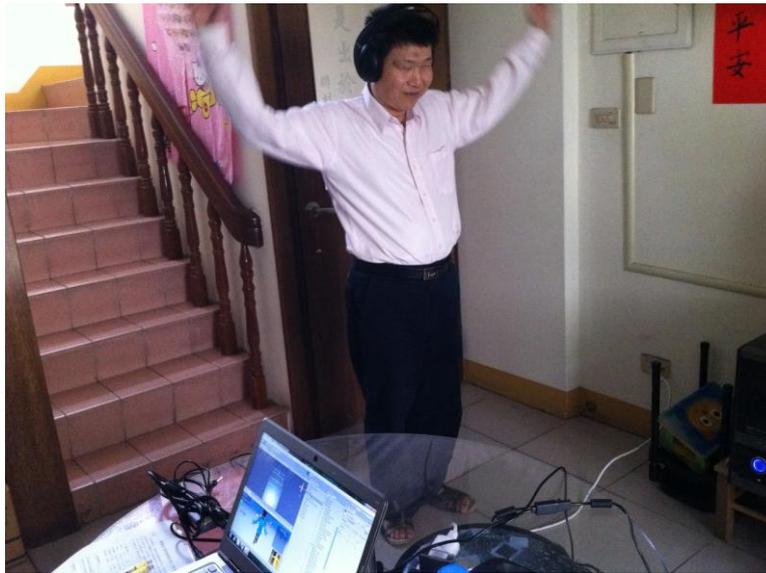
圖十二、擺動手臂

4.2 評估方法設計

系統開發完成後，對於其是否達到預期成效進行評估。因此實際尋找符合視覺障

礙者來接受測試，進行系統的操作與訓練，最後訪問受測者填寫問卷，透過問卷分析與使用者在使用系統的滿意度來進行統計分析與評估，了解視障者的接受度、對系統的感受等等。

圖十三~圖十六為系統實測概況，每位測試者會在測前先解釋系統功能與目的並做測前的問卷題目，在之後會說明系統操作方式。頭兩次的系統測試會在旁輔導，之後會讓視障者獨立測試系統。最後，訪問視障者填寫問卷，了解視障者對系統的感受度、滿意度等等。其受測者的操作流程如圖十七所示。



圖十三、測試概況(一)



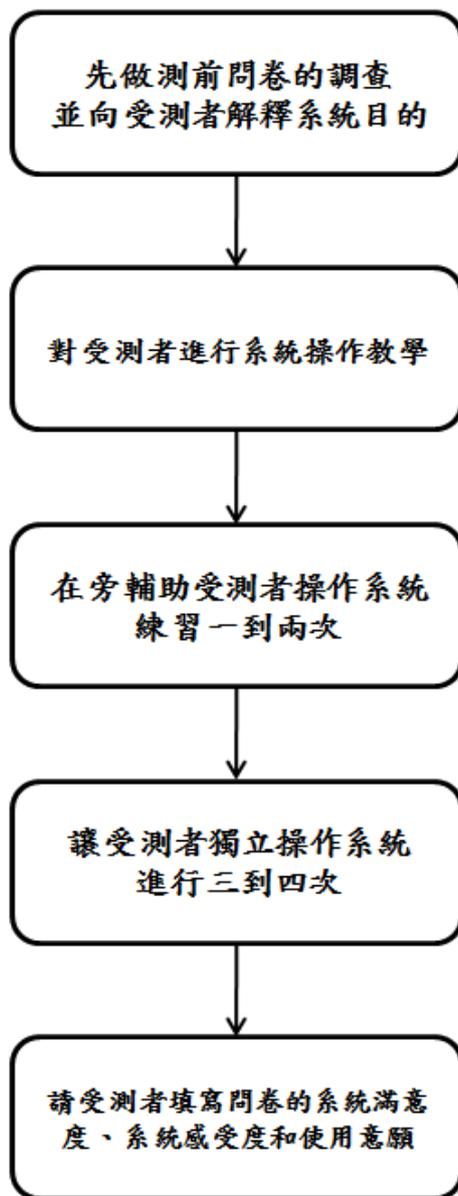
圖十四、測試概況(二)



圖十五、測試概況(三)



圖十六、測試概況(四)

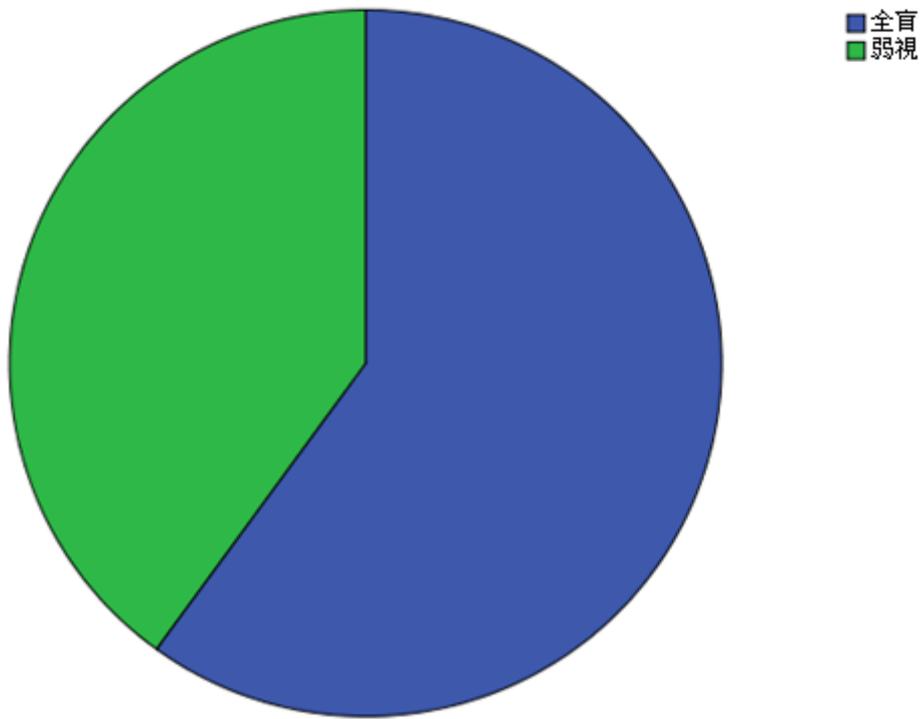


圖十七、系統實際測驗的使用者操作流程

4.3 成效評估

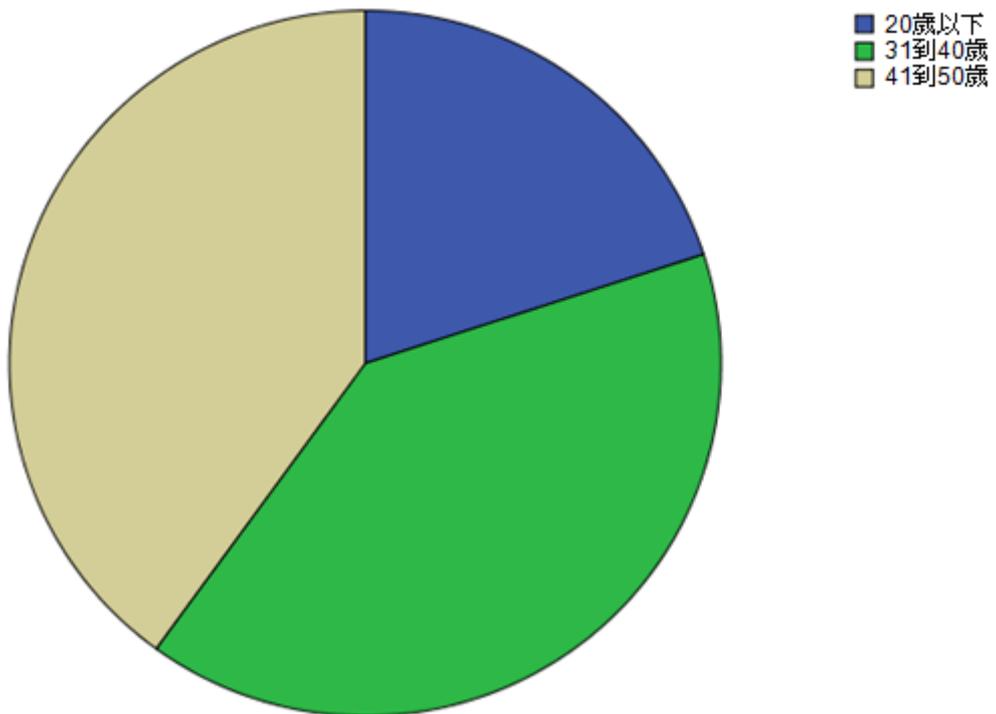
參與系統實測之受測者有 5 人，以台中地區的盲人按摩院中的視障者進行系統的成效評估。在受測者的基本資料中，總共 5 人中其中 2 人屬於弱視，分別為中度弱視與重度弱視，另外 3 人屬於全盲視障者，如圖十八所示。年齡層方面，5 人中有一人為 20 歲以下，2 人為 31 歲到 40 歲之間，另外兩人為 41 歲到 50 歲之間，如圖十九所示。

視障種類



圖十八、視障種類圓餅圖

年齡分佈



圖十九、年齡分佈圖

為了瞭解此系統是否能幫助視障者做聲音的判斷與對聲音的感受，以及對系統的使用意願，因此在測試後訪問視障者填寫問卷（附錄一），蒐集測試後的問卷，並做問卷分析。問卷中總共 12 題，1、2 題為測前問題，了解是否有玩過聲音互動遊戲經驗，以及是否使用過體感器。而 3 到 12 題中分為四大方向，對於系統聲音的感受程度、系統操作的滿意度、系統幫助的滿意度、再使用系統的意願。

測前問題的部分，五人中有一人無玩過聲音互動遊戲的經驗，其他四人則是有過經驗，而使用體感器的經驗則是無人（如表一所示）。

表一、測前問題結果

	有	無
有玩過聲音的互動遊戲	4 人	1 人
有使用過體感器	0 人	5 人

以系統的各個項目的來進行滿意度分析，利用李克特五點量表平均數來進行分析，驗證本研究之聽覺感知重建訓練的系統整體得滿意度是否有較高的滿意度成果，問卷各項目的平均滿意度如表二所示。由表二可知，其問卷各項目的平均滿意度皆若在李特克五點量表中的滿意值水準（註：1 為非常不滿意、2 為不滿意、3 為普通、4 為滿意、5 為非常滿意）。其中，對於系統聲音感受程度是四項裡面最高的，而系統的操作滿意度相對較低，但仍於平均值 3 以上。整體問卷的滿意度為 3.88，於平均值之上。

表二、問卷各項目的平均滿意度分析表

項目	平均滿意度
對於系統聲音的感受程度	4.20
系統操作的滿意度	3.55
系統幫助的滿意度	4.00
使用系統的意願	3.80
整體問卷滿意度	3.88

對於系統聲音的感受程度又可分為知道系統中的車輛有在移動、知道系統中的車輛的快慢、知道系統中車輛移動的方向、系統能模擬馬路上的情境等四個問題，而每個問題的平均感受度如表三所示。由表三可知，對於車輛的移動方向感受度是最高的，而其他感受度皆為 4。

表三、聲音的感受程度的各項平均感受度

項目	平均感受度
感受車輛有在移動	4.00
感受車輛的快慢	4.00
感受車輛移動的方向	4.80
模擬馬路上的情境	4.00
聲音的感受程度(綜合以上四題)	4.20

在系統操作的滿意度中，可分為操作方式簡單、能獨立操作系統、語音提示清楚、系統操作順暢等四個問題。而每個問題的平均滿意度為表四所示。由表四可知，系統操作方式簡單的滿意度為最高，而獨立操作系統的滿意度較低。

本系統是透過體感器以體感的方式來操作，由滿意度可知視障者對以體感來操作系統是可以接受的，但是需要搭配上良好的語音提示。目前系統設計一開始需要做校正動作，因此在獨立操作上會較差一點，未來系統也可以自動校正來開發，有助於視障者的獨立操作系統。

表四、系統操作的滿意度的各項平均滿意度

項目	平均滿意度
操作方式簡單	4.20
能獨立操作系統	2.80
語音提示清楚	4.00
系統操作順暢	3.20
系統操作的滿意度(綜合以上四題)	3.55

五、結論與未來展望

本計畫開發出聽覺感知重建訓練系統 APRETS，用以協助視障者進行聽覺感知重建的自我訓練，以過馬路為情境設計的遊戲，讓視障者能熟悉馬路上的狀況，包含車輛的移動方向、車輛的距離、車輛的快慢等。此系統有下列功能與特點：

- 是國內第一套結合資訊科技的聽覺感知重建訓練輔助系統。
- 擁有特別為視障者設計的操控介面，簡單易用，用手勢即能獨立操作。
- 設備簡單、成本低廉：只需個人電腦與 Kinect 體感器即能架設系統。
- 無需專屬的訓練空間：可在大部份場地中架設系統，隨時進行訓練。
- 利用 3D 音效技術模擬車輛情境，涵蓋聽覺感知重建中的聽力定向、聽力測距以及聽力辨物等訓練項目。
- 利用 Kinect 體感器感測視障者動作，在訓練情境中要求肢體動作的配合，增加視障者的活動量。
- 語音訊息輸出，符合國內視障人士使用習慣。
- 訓練過程遊戲化，寓訓練於遊戲，提高視障者進行訓練的意願。

此系統是專為視障族群所設計，針對系統開發的成果與評估成效，除了上述之效益外，未來仍會持續進行其無障礙介面的強化，強調以人性化操作為訴求，除了手勢控制，或許會會朝向與音控制的操作。車輛的模擬部分希望能更多樣化，能加入其他種類的交通代步工具，如電動機車等。本系統針對單一視障者作開發，以後也能加入多人進行訓練，藉由 Kinect 可偵測多人的骨架的功能，開發可與多位玩家遊玩的遊戲。在遊戲關卡的設置上，未來可以做得更豐富，而不是單一場景，多場景的模擬更能增加耐玩性，以及訓練的意願。

參考文獻

1. 台灣眼科防盲教育研究醫學會，視力保健實務工作手冊，2011。
2. 國情統計通報，行政院內政部主計處，2010.6。
3. 柯明期，視覺障礙者的特質—<http://center.batol.net/d4/d4-2.php>，2011.3.31。
4. 財團法人台灣盲人重建院—<http://www.ibt.org.tw/a1-1.html>，2011.10。
5. 盲人重建院，感覺訓練—
<http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2005/angel29989187/institute1-2.htm>，
2011.10。
6. J. Huopaniemi, “Virtual acoustics and 3-D sound in multimedia signal processing.”, Helsinki university, thesis, 1999.
7. Wikipedia，Head-related transfer function —
http://en.wikipedia.org/wiki/Head-related_transfer_function，2011.12。
8. Wikipedia，Stereophonic sound —http://en.wikipedia.org/wiki/Stereo_sound，2011.12。
9. Wikipedia，Surround Sound —http://en.wikipedia.org/wiki/Surround_Sound，2011.11。
10. Wikipedia，Virtual reality —http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality，2013.1。
11. Wikipedia，First-person shooter —http://en.wikipedia.org/wiki/First-person_shooter，
2013.1。
12. Wikipedia，Motion detection—http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_sensing，2012.1。
13. 維基百科，Kinect—<http://zh.wikipedia.org/wiki/Kinect>，2011.12。
14. OpenNI —<http://www.openni.org/>，2013.1。
15. Unity3D —<http://unity3d.com/>，2013.1。
16. FMOD，<http://www.fmod.org/>，2013.1。
17. 謝忠和，”全民做遊戲-Unity 跨平台遊戲開發寶典”，佳魁資訊，台灣，2012。
18. Unity Audio —<http://unity3d.com/unity/quality/audio>，2013.1。
19. FMOD，FMOD Ex Programmers API—
<http://www.fmod.org/index.php/products/fmodex>，2011.12。
20. Wikipedia，FMOD—<http://en.wikipedia.org/wiki/FMOD>，2011.10。
21. Wikipedia，OpenNI—<http://en.wikipedia.org/wiki/OpenNI>，2013.1。
22. OpenNI, ”OpenNI User Guide”,2013.1.
23. Kinect For Windows —<http://kinectforwindows.org/>，2011.11。
24. 不只玩遊戲，微軟 Kinect for Windows 推出 PC 的多種應用—
<http://www.techbang.com.tw/posts/7058-microsoft-not-only-play-the-game-appeared-ki>

- nect-for-windows , 2011.9.22 。
25. PrimeSense — <http://www.primesense.com/> , 2011.11 。
 26. 維基百科, 語音合成器 — <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/TTS> 。
 27. Game-Accessibility — <http://www.accessibility.nl/games/index.php?pagefile=home> , 2012.1 。
 28. F. Winberg and S.O. Hellström, “Qualitative aspects of auditory direct manipulation: a case study of the towers of Hanoi.” Proceedings of the 2001 International Conference on Auditory Display, 2001.
 29. M. France, “Audio Game Survey Results.” Retrieved August 8, 2009, from <http://www.accessibility.nl/games/researchdocs/MarkFranceAudioGame2007.pdf>, 2007.
 30. Wikipedia , Virtual Sound — http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_surround , 2011.12 。
 31. Duncan James Philip Newman, ” Head-Related Transfer Functions. And their application in: Real-Time Generation of Binaural Spatial Audio.” October 2003.
 32. 姚賢偉, “聲場虛擬實境的模擬”, 國立清華大學碩士論文, 1998 。
 33. 張碩軒, “影響"聲音"之系統之整合研究”, 國立清華大學碩士論文, 2007 。
 34. Wikipedia , CMSS-3D — http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_Blaster_X-Fi#CMSS-3D , 2012.2 。

附錄一 系統問卷調查

聽覺感知重建訓練輔助系統一問卷調查

您好：

本計畫開發了一套聽覺感知重建訓練輔助系統，計畫名稱：建置結合 3D 音效與體感器的盲用聽覺感知重建訓練輔助系統。感謝您使用本系統，一同參與此次研究計畫之執行！為求系統設立更為周詳圓滿與符合業界需求，希望您能在使用之後，提供寶貴意見，以做為後續系統修訂與計畫施行之改進參考。

中山醫學大學 醫學資訊學系 敬上

一、基本資料：

- 性別：男 女
年齡：20 以下 21~30 31~40 41~50 51 以上 歲
教育程度：國中以下 高中職 大專/大學 研究所以上
視障種類：全盲 弱視 其他 _____
視障程度：重度 中度 輕度

二、測試前調查：

	是	否
1.有玩過聲音的互動遊戲?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.有使用過 Kinect 體感器?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

三、測試後評估：

	非常同意	同意	沒意見	不同意	非常不同意
3.能知道系統中的車輛有在移動	<input type="checkbox"/>				
4.能知道系統中的車輛的快慢	<input type="checkbox"/>				
5.能知道系統中車輛移動時的方向	<input type="checkbox"/>				
6.系統能模擬馬路上車輛行進的情境	<input type="checkbox"/>				
7.系統的操作方式的簡單	<input type="checkbox"/>				
8.系統的訓練是有幫助的	<input type="checkbox"/>				
9.能獨立操作此系統	<input type="checkbox"/>				
10.語音提示清楚	<input type="checkbox"/>				
11.整體系統操作的順暢	<input type="checkbox"/>				
12.願意利用系統做訓練	<input type="checkbox"/>				