

長榮大學資訊工程學系專案實作成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※

※ **即時互動擴增實境** ※

※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

專 案 編 號 : CJCU—CSIE—PRJ—2009—03

執 行 期 間 : 98 年 02 月 01 日 至 99 年 01 月 08 日

專 案 成 員 : 李勝暘、王永信、陳怡萱、廖素鈴、林詠婷

指 導 老 師 : 王獻章老師

中 華 民 國 98 年 11 月 13 日

長榮大學資訊工程學系專案實作

即時互動擴增實境

Real-Time Interactive Augmented Reality

專案編號： CJCU-CSIE- PRJ-2009-03

執行期間： 98年02月01日至99年01月08日

參與人員： 李勝暘、王永信、陳怡萱、廖素鈴、林詠婷

指導老師： 王獻章老師

壹、摘要

高科技的時代，人類吸收新知的方式也越來越多元化，從最初的文字—報紙，聲音—廣播，接著是有圖、有文字、有影像的電視，到現在結合3D影像、VR(虛擬影像)的電腦網路。而在某些場合，若能將VR物件與使用者所在的環境結合，將可開創人機互動之新應用，而AR(Augmented Reality, 擴增實境)，就是因此而產生的一種新技術。本專案研發AR的技術，並將之應用在「空間規劃」上。本專案研究主要分為幾個工作：設計Mark、設計3D model、核心AR程式整合、互動介面模式整合與實測。

目前專案成果以實體空間的3D家具擺設為應用，家具數共有37個，結果經8個使用者初步測試，得到令人鼓舞的回饋。本專案成果中的許多技術，根據我們了解，在國內AR研究的領域中皆屬獨特之成就。未來將朝向3D模型轉檔能力化及程式核心效能的提升，並尋求與家具公司產學合作之機會。

關鍵詞：擴增實境，虛擬實境，人機互動，家具擺設

including text, voice, pictures, movie clips and network-based virtual reality images. The augmented reality (AR) is a new technology that integrates the environment and the virtual object together. Thus, we can create many new applications in human-computer interaction. The proposed project aims in the technology of AR, and uses it as a space-location planning tool. The major tasks consist of several parts: mark designing, 3D model designing, AR program integration, and interface designing.

Currently, the preliminary result is applied to the decoration of 3D furniture in the reality space. The system contains 37 furniture and is tested by 8 users. We get an encouraging response from the test. Our accomplishment, base on our understanding, is very unique and creative among several AR research institutes. In the future, we will make our effort on the improvement of 3D model's conversion algorithm, and to promote the efficiency of kernel program, and search the opportunity to cooperate with the furniture companies.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, human-computer interaction, furniture decoration

In the high technology era, people have more and more channels to absorb new knowledge

貳、研究背景與動機

人類與電腦世界的互動，可分成純真實的、純虛擬的以及虛擬與真實結合。如圖 1 所示。



圖 1. Reality, AR與VR之比較圖

2.1 虛擬實境

何謂虛擬實境(Virtual Reality, VR)? 就字面上的意思而言,「虛擬」就是無中生有;而「真實」就是現實的環境,所以「虛擬實境」就是由電腦無中生有出一個現實的環境。簡單地說就是在電腦上建構一個虛擬的世界,並藉由特殊的使用者界面讓人們進入該虛擬世界中,使人們在電腦中就可以獲得相同的感受,如同身處在真實世界一般。虛擬實境的實現使我們可以「不出門而達到身歷其境」的境界。

VR自1995年起在台灣逐漸受到重視,期間不斷的蓬勃發展直到2000年時達到顛峰狀態。2000年之後,人氣逐漸下滑,直至今日,榮景不再;所幸近年拜政府強力推薦「數位內容」所賜,VR的應用得以打開另一條出路,維繫漸散的人氣而不衰,然而,VR的市場育成長與當年樂觀的期待落差之大著實令人意外與惋惜。

2.2 擴增實境互動技術

擴增實境(Augmented Reality, AR),主要是將電腦產生的視覺影像及資訊整合到現實環境的一種應用與技術。AR有更大的彈性去整合更多的資訊。縱使VR吸引了媒體許多的目光,但經過證明,AR與其他資訊的整合如網際網路及全球定位系統(GPS)或許可以比VR更為實用。而藉由與其他科技的整合,AR將可發揮無限的可能性。

應用面:目前AR技術廣泛的被應用於醫療影像及教育、工程、建築設計、軍事訓練、工業設計、遊戲等。

擴增實境至少具有三大特色(Azuma, 1997, 王燕超, 2006):

1. 結合虛擬與真實世界,
2. 能夠做到即時性互動,
3. 在3D立體環境中運作。

擴增實境系統所需的主要配備元件為顯示器、追蹤器、繪圖電腦與軟體(費納/吳鴻譯, 2002),以及運算電腦。追蹤器用於追蹤使用者視覺的位置與方向,辨識特製圖卡,將電腦繪圖軟體所繪製的虛擬3D動畫影像,準確地與使用者所看見的世界互相重疊、融合,再呈現於顯示器中。經常被運用的操作介面包括液晶顯示器與攝影機(webcam)、照相手機、具有攝影功能的手持式PDA(Handheld AR project)、及頭戴式擴增實境系統(head-mounted display, HMD)等;頭戴式擴增實境系統是穿戴在使用者頭部的一種顯示器,可分為光學式、視訊式等二種;光學式是將虛擬影像與使用者的視線穿透顯示器所見到實際的景象相重疊,而視訊式則是靠電腦將追蹤器追蹤使用者頭部(視線)的位置與方向所拍攝的影像與虛擬的影像合成,呈現於使用者眼前的顯示器中。

頭戴式擴增實境提供使用者最自然的瀏覽方式,當使用者眼睛觀看的方向移動或轉動時,3D虛擬影像亦會隨之移動,比一般以滑鼠或鍵盤進行瀏覽的方式更為直覺(陳坤森, 2007),可將使用者更換瀏覽介面額外所花的心力減到最少,在擴增實境裡,使用者看到的世界簡直和電腦介面合而為一了。

2.3 研究動機

本研究之所以會以AR為研究對象是因為它具有以下的特點:

- AR應用對電腦圖形處理所造成的負擔較VR低。
- 少了惱人耗時的建模工作,有更充裕的時間專注在“原創思想”。
- 降低了對美工及動畫的依賴。
- 運用實拍的照片與影片,臨場感十足,非常適合應用於產品行銷、教育訓練、線上展示及購物等用途上。

郭其綱與鄭泰昇於2008年的論文中[11]整理了從1968至2006年期間121篇與建築

領域相關之擴增實境學術論文，分析擴增實境在廣義建築領域的應用發展。然而經過統計之後卻發現，「家具與室內互動結構」的論文研究擴增實境學術論文研究中當中相對數量最少（如圖2）。

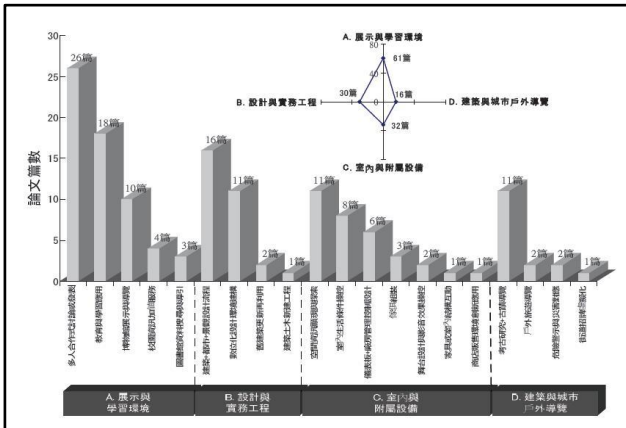


圖2. Augmented Reality 應用於廣義建築領域之研究議題分佈 (1968.1~2006.10)

有鑒於此本研究試圖尋求擴增實境技術在「家具與室內結構互動」發展上新的可能性。

由於現今家具展示皆以展示實體為主，因此需要很大的空間。此外，同一種家具也無法擁有很多種想要的材質，使用這一套技術，就可以解決這一些困擾。以下列表1來說明一般型與擴增實境式電子商務商品展示介面互動性優劣之比較[14]。

表1. AR型式與一般型電子商務商品展示介面互動性。(最佳◎佳○稍差○)

探討項目 \ 介面類型	一般型	擴增實境型式
立即回應	○	◎
非線性資料處理	◎	◎
適應性	○	◎
回饋	○	◎
選擇性	◎	◎
雙向溝通	○	◎
可中斷性	◎	◎

參、文獻回顧

3.1 AR 發展由來與歷史

AR 這個名詞在1990 年代初期由波音公司的幾個科學家定義，每年都有一次AR大會，以下是我們在Wiki上所找到與本專案相關知AR 的歷史資料：

- 1849年：Richard Wagner 使用一個無燈光的戲院、周遭環境的觀眾意象以及聲音來介紹一個融入的經驗的想法。
- 1962年：電影放映師Morton Heiling 創造了一個有著視覺、聽覺、感覺、和味覺的模擬器名為Sensorama。如圖3所示。



圖3. Sensorama 機器

- 1966年：Ivan Sutherland 發明頭戴顯示器〈head-mounted display〉，為虛擬的世界開啟了一扇窗。
- 1975年：Myron Krueger 發明Video place 讓使用者可以在第一時間和虛擬物件來進行互動。
- 1977年：電影星際大戰劇情中，出現了在真實世界投影出3D虛擬物體之概念。如圖4所示。



圖4. 電影星際大戰虛擬投影概念

- 1989年：Jaron Lanier 發明了虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 這一個詞並創造虛擬世界中的第一個商業交易。

- 1990年：Tom Caudell 在幫助Boeing 的工人集合纜線到飛機裡面時發明了擴增實境(Augmented Reality, AR)這一個詞。

Ivan Sutherland 所發展的頭戴顯示器〈head-mounted display〉，以早期的AR 發展來說這是一個很重要的發明，在那之後一段時間內所有的AR 作品幾乎都是以頭戴式顯示器作為開發基礎，一般來看AR/VR 是交互發展的。

3.2 AR研究主要網站

在研究本專案時，我們參考了相當多的有關於AR這份技術的網站以及文獻，以下是我們研究本專案時，擁有豐富相關資料的網站。首先，是包含相當多AR相關資源的網站ARToolkit，相關網址請參照參考資料[7]。另外一個是提供AR函式庫的網站ARTOOLWORKS，相關網站請參照參考資料[9]。

3.3 相關應用

3D技術的發展讓人可在虛擬世界中交友、遊戲、互動，而星際大戰(Star Wars)的虛擬投影技術則勾勒出一個真實環境與虛擬3D物件互動的情境。

在各國學者不斷地努力之下，AR技術正逐步帶領我們邁向夢境的實現。

擴增實境可以應用在哪些地方？比方說，管線工人透過擴增實境，可以瞭解藏在牆壁後面的管線，也可以看見一些重點式的說明，指出哪些零件需要檢查。外科醫生檢視患者的內臟超音波掃描，透過擴增實境同時看見等同於X光照出來的影像重疊在患者身體上。觀光客沿著一條街掃視過去，就能看見這一區每家餐廳的風評。電腦遊戲玩家可以一面和幾頭三公尺高的異形交戰，一面走路去上班。（費納／吳鴻譯，2002）以下蒐集相關文獻資料。

一、擴增實境網球賽[12]

「擴增實境網球賽」是由紐西蘭Christchurch大學 HIT 實驗室 (Human

Interface Technology Laboratory) 在2006年所發表，利用照相手機作為操作介面，兩位使用者拿著照相手機對坐，透過手機攝影鏡頭擷取真實桌面上的圖卡，在手機螢幕上出現了虛擬的網球場（如圖5-6），而手機本身就是虛擬的網球拍，按下手機數字鍵，即可發球或回擊，手機的震動功能還可模擬網球瞬間擊中球拍的感覺。本遊戲整合了ARToolKit影像追蹤技術、OpenGL ES 3D圖學運算、藍芽無線網路科技、手機音頻與觸覺回饋等科技；強調面對面(face to face)的概念與體驗，讓原本擴增實境所強調的玩家與電腦虛擬物件互動，延伸到玩家與玩家之間的互動，讓玩家在遊戲的過程中就能觀察與感受對手的動作與反應，如同真實網球比賽一般，讓虛實之間的差距更為接近（林政緣，2006）。



圖5.透過手機所看見的虛擬網球場



圖6.虛擬網球比賽進行中

二、聯合報新聞網上的報導 [8]

台北國際家具展在首度採用的3D虛擬實境家具展示秀中揭開序幕，家具展也吹環保風。

2009年在台北登場的國際家具展上，出現了運用擴增實境(AR)的相關應用，業者利用擴增實境的技術，讓家具可以透過webcam 清楚的呈現在民眾面前。

三、腦部醫療擴增實境系統 [15]

戴上3D眼鏡，一聲就能看到病患腦部的立體影像；醫師也能像飛行員一樣，運用電器模擬進行開刀訓練，甚至遠端操控機器人，進行精闢手術，在長庚大學研究下，將不再遙不可及。

四、中研院歷史語言研究所 AR 擴增實境展示應用 [16]

2008 年五月，中央研究院歷史語言研究所於國立臺灣民主紀念館舉辦「穿越歷史長河—文明科技四千年」巡迴特展時，便於開幕時利用 AR 擴增實境，向來賓展示史語所於 1930 年代安陽殷商考古工作所發掘出的 3000 年前商朝王家馬車。透過 AR 擴增實境，來賓可以透過轉動特定的紙本 DM，來操控在 LCD 螢幕上的虛擬商王馬車，並且欣賞其拆、裝過程的虛擬實境復原。這種無須鍵盤與滑鼠，便能操縱虛擬實境物件的直覺性操縱方式，帶給現場來賓非常大的驚奇。科幻電影中的情節，似乎不再是夢想。

五、魔法書(Magic Book)[13]

華盛頓大學之人機介面科技實驗室(Human Interface Technology Laboratory)所進行之先導型研究計畫—魔法書，使用手持式之擴增實境顯示(Hand held display, HHD)的方式，將虛擬物件與真實的書整合進而呈現出來，在人機介面上，則是使用書、電腦以及手持式顯示器所整合之真實/虛擬混成環境，為整個系統之溝通介面。如果使用者，未使用任何嵌入式科技，則此魔法書與一般書籍沒什麼不一樣，使用者可以直接閱讀；若使用者持用手持式顯示器，在不同的角度觀看此書，在此書的上方，就會出現配合此書內容的虛擬主角、虛擬物件與虛擬場景，並且會隨著觀看角度的變化，而改變呈現的效果，儼然是一個搭配傳統實體書籍的立體多媒體書籍，當使用者翻閱不同畫面時，不同的場景與情節，是會以即時改變方式，並搭配書籍內容，呈現在觀賞者的眼前。如圖7所示。



圖7. AR魔法書

六、A-Commerce[13]

微軟(Microsoft)利用AR技術所開發的A-Commerce推出後，令人驚艷也克服了過去VR一直存在的某些困境與障礙，目前與Google Earth 均是全球矚目的焦點。

七、MID(行動上網裝置)[13]

2007年Intel的總裁兼執行長Paul Otellini 在拉斯維加斯CES展覽會上使用擴增實境展示他們新款的MID(行動上網裝置)，展示內容就是以北京奧運做為情境模擬：假若”使用者”到了中國參加奧運，看到路標卻看不懂中文，拿起最新的MID就能看到英文街名。走到餐廳前面，拿起MID對著餐廳標誌就能看到菜單和饕客們對這家餐廳的評論；去長程旅遊時，拿起MID會有兵馬俑幫你做導覽解說。

八、AR其他相關應用[13]

- 線上產品展示與線上購物
- 新產品或成果發表會/產品行銷
- 設計評估
- 產房規劃
- 售後服務及維修
- 教育訓練
- AR電子名片

肆、研究方法及步驟

首先，我們先說明AR的製作方式如圖8所示

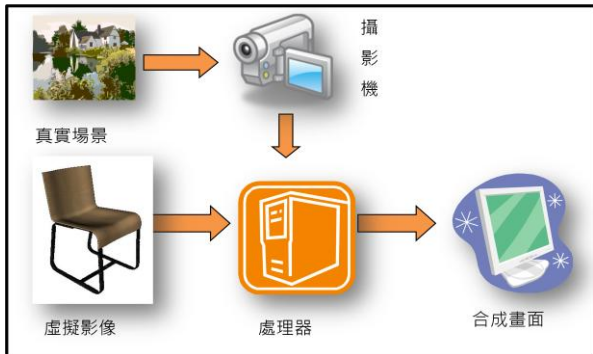


圖8. AR的製作方式

4.1 系統架構

本專案之研究架構如圖9所示，系統包含兩大模組，分別為初始化處理以及核心模組。以下是針對本專案研究方法及步驟的介紹：

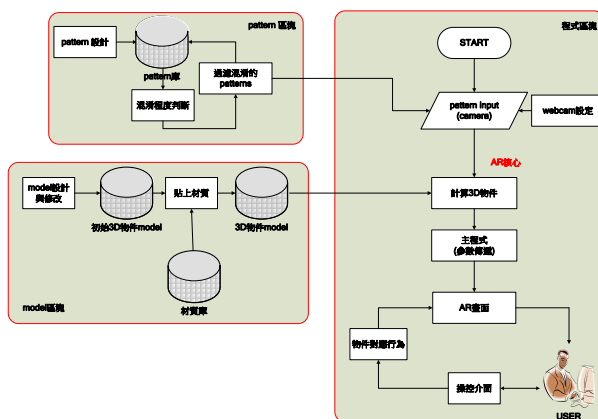


圖9. 系統流程圖

pattern 區塊

設計多種不同樣式的 pattern，設計階段時盡量避免設計每旋轉 90 度相似的圖形，圖型盡可能不同。pattern 設計完後，以 webcam 擷取產生辨識用的檔案(副檔名.pat)。接著將所有產生的辨識圖案輸出，以 webcam 同時進行辨識，挑出會造成辨識錯誤的圖樣，最後選出足夠數量且不會造成辨識錯誤的 patterns。

model 區塊

用 C4D 設計修改多種不同類型的傢俱 model，並貼上材質圖檔(副檔名.jpg .png .gif)，使傢俱 model 更有真實感，並將檔案輸出成 VRML2.0 格式(副檔名.wrl)。產生 model 載入時的基本屬性檔(副檔名.dat)檔案，資料檔中包含 model 名稱(含 model 副檔名)，平移，比例，旋轉方向。

程式區塊

在這邊，我們將基本屬性檔路徑，辨識檔路徑，mark 的大小，以及 mark 的中心座標，稱作一個物件，在描述檔中除了物件外，還包含了物件總數。

讀取 pattern 辨識檔與 model 基本屬性檔之物件描述檔案，此物件描述檔中包含物件總數，以及 pattern 大小及中心點。讀入後會根據基本類別檔中 model 檔名進行 model 載入，當所有物件載入完成後，webcam 便開始擷取真實影像，當擷取到的影像中包含 pattern 時，便將對應的 model 繪出在以 pattern 為參考座標之上方。當使用者進行介面操作時，介面操作控制的參數將會傳遞到後端，直接反應在畫面上。

- 初始化OpenGL：設定OpenGL函式庫，讓3D物件可以得到支援。
- 視訊化的裝置：利用市面上的網路攝影機，來接收現實世界的資訊。
- 攝影機參數的設定：設定攝影機之相關參數。
- 產生視窗：開啟程式視窗。
- 開始擷取：開始做影像擷取。
- 攝影機取得影像：攝影機取得有MARK的影像。
- 攝影機檢視影像：攝影機檢視MARK。
- 標誌的偵測與識別：攝影機從影像中偵測MARK，並且與MARK作識別。
- 空間座標轉換的應用：藉由數學運算來運算影像在空間中的位置。
- 描繪載入的 3D 物件：在指定的空間座標呈現 3D 物件。

pattern 與程式區塊之溝通

- 載入3D物件：載入欲呈現的3D物件。
- 載入圖樣：載入將被辨識的MARK。
- 標誌的相似度比對：判斷MARK 與圖片的相似度。
- 標誌的位置成像計算：計算3D 物件 MRAK 上呈現的位置。

4.2 虛擬與真實之間座標轉換

式1所示為攝影機所拍攝之Mark 圖片座標與程式所需進行的演算座標之間的轉換方式。首先要取得mark的座標位置，然後經過座標位置的轉換後，得到攝影機的座標位置，接著，讓標誌的座標位置經過行列轉換後得到攝影機的座標位置。

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \dots(1)$$

空間座標換算公式如 1 所示;其中 $\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix}$ 為攝影

機的座標位置， $\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 為矩陣轉

換， $\begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix}$ 為 mark 的座標位置。詳細計算方

式請參考完整報告。

伍、成果

本專案將AR技術應用在空間規劃上面，使用者可透過webcam看到實體的空間配置，再透過本專案所設計的一些虛擬物品，看到這些物品在空間中擺設後的效果，可提供使用者更具有真實感的空間規劃。

系統需求

- WebCam
- 512MB RAM 記憶體
- 支援 OpenGL2.0 顯示卡 128MB 記憶體

- Windows xp sp3/ vista sp1/ 7 開發環境及套件
- Visual studio 2008 C/C++
- OpenGL 2.0
- ARToolKit
- GLUI
- GLEW

以下(圖10-14)為成果相關照片：



圖10. 起始畫面

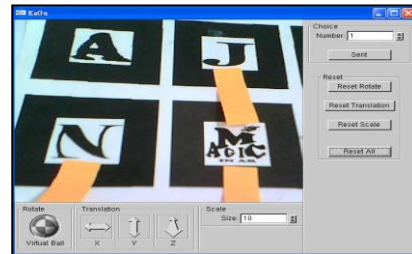


圖11.系統介面擺上辨識圖卡

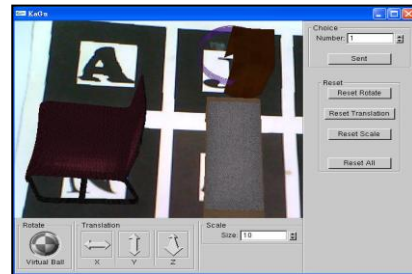


圖12.虛擬物件呈現

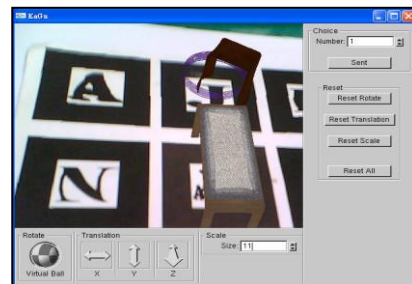


圖13.使用光圈選取物件

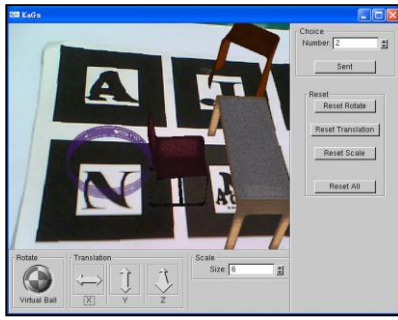


圖14.對所選取的物件做移動

陸、結論

藉由 AR 這項技術，虛擬世界中的 3D 物件得以與現實世界的 3 度空間合併及呈現。讓使用者們可以更直覺得體驗到在現實空間裡的虛擬 3D 物件所呈現的大小及形狀，使用者們不再需要靠著比例尺的數字來假想物件的實際大小，更能直接的感受到 3D 物件。相信 AR 這項技術在之後的生活應用上會與日俱增，在使用者們的生活中帶來更多的便利及實感性。

在此專案中，我們使用了 AR 技術實做了一套空間規畫的家具展示系統，其中使用了 ARToolKit 套件及 OpenGL 技術。我們並實際使用了顯示卡上的 GPU 來分散影像處理之運算負擔，藉由此方式來提升 AR 系統的效能，經實測證明可有效降低 CPU 及記憶體之需求。此外我們提供直覺的使用界面，讓使用者可在 AR 世界中對每個虛擬物件進行旋轉、位移、縮放之操作，增加不少使用的便利性。

經由這次的專案實做，我們學到了非常多的程式撰寫實務經驗，包括整合型專案的開發，函式庫之間的連結以及人機界面設計的考量。專案成果，根據我們了解，在國內許多 AR 應用的領域中皆屬獨特之成就。如使用直覺式的操控界面達到所見及所得。在前後端的溝通上，收斂了參數的精準度，減少較精準參數傳遞上的錯誤。

團隊合作方面，組員們分工合作，盡其所能，將其分配到的工作做到最好，並積極參予討論與提供意見，以利於本專案能達到當初所預期的結果。

在未來，除了傢俱的空間規劃外也能朝

不同的領域有所發展及應用，譬如在圖書的方面使用這項技術更可以呈現文字以外不同的呈現方式；在遊戲娛樂方面可以使遊戲的真實感更佳表現出，使使用者們不在只侷限在假想世界中，在現實中也可以體驗到假想世界的東西。

柒、參考文獻

1. 王燕超(2005)。虛擬製作系統之關鍵技術研究。未出版之博士論文，國立台灣師範大學工業科技教育學系，台北。
2. 梁朝雲、李東恩(1998)。虛擬實境之教學應用。資訊傳播與圖書館學，5(1)，72。
3. 王燕超(2003)。從擴增實境觀點論數位學習之創新。未出版之博士論文，國立台灣師範大學工業科技教育學系，台北。
4. 歐萊禮(2005) C++語法暨程式庫標準辭典/里斯納(Ray Lischner)原著;蕭惠君譯
5. OpenGL Programming Guide: The Official Guide To Learning OpenGL, Version2 (Opengl)Mason Woo Jackie NeiderTom DavisDave Shreiner
6. F.S. Hill ,JR Stephen M. Kelley, Computer Graphics Using OpenGL
7. ARToolKit Home Page
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
8. 聯合報影音網台北國際家具展相關報導
<http://video.udn.com/video/Item/ItemPage.do?sno=3-2B4-233c3033304-233-2F333-2F3-2B4-233-2B-21-21-3D-3D>
9. ARToolKit Professional,
http://www.artoolworks.com/ARToolKit_Professional.html
10. Metaseq.net,
<http://www.metaseq.net/metaseq/index.html>
11. 郭其綱,鄭泰昇(2008), 擴增實境定位技術應用於建築與城市戶外導覽之研究——以「古蹟導覽系統」與「隱形招牌」應用為例。中華民國建築學會「建築學報」

第66期。

12. 郭世文(2008), 擴增實境應用於博物館展示的初探。
13. 點子科技公司,
<http://www.pcexpert.com.tw/AR/AR.htm>
14. 陳連福,李孟軒, 崑山科技大學視覺傳達設計研究所擴增實境式商品展示介面設計運用於電子商務之研究, 2008。
15. 長庚, 腦部醫療擴增實境系統,
http://www.cgmh.org.tw/cgmn/category.asp?id_seq=0710013
16. 中研院歷史語言研究所AR擴增實境展示應用,
<http://www.teldapbridge.org.tw/teldap/bridge/Services/Blog/Blogs/post.php?bid=37&sn=190>