

# 結合搜尋系統的多入協作室內設計

黃琬庭

國立政治大學資訊科學系  
台北, 台灣  
amyhwt930@gmail.com

紀明德

國立政治大學資訊科學系  
台北, 台灣  
mtchi@cs.nccu.edu.tw

## 摘要

購買家具或是裝潢時常常會猶豫這樣的決定究竟符不符合實際需求及擔憂因思慮不周使得結果不盡完善。本系統結合虛擬實境技術讓使用者可事前預覽，透過不同高度的視角來規劃房間佈置，進而有所不同於以往的思考，減低事前規劃與實際裝潢的落差。另外輔以搜尋系統讓建造實景更為快速、方便，使用者藉由描繪家具的粗略輪廓，就能將模型庫中相近的家具們推薦給使用者。若在推薦系統中的家具沒有符合需求的情況，也可以直接在 3D 空間中將想像中的家具直接畫出來。

## 關鍵字

虛擬實境；室內設計；使用者介面

## 1. 緒論

買房子或租屋時，不論是自己擁有的舊家具或新購家具，倘若入住後才發覺不符合需求或與整體裝潢格格不入，雖然可以重新更換家具卻也浪費了時間及金錢。因此本系統以室內設計為主題，結合虛擬實境技術，讓使用者可以在更直覺的操作下，將心中構想的家在不需額外的成本下重複嘗試不同擺設後打造出來，最後再依照最終方案的裝潢和擺設方式去採購，既可省下許多體力，也不會多花冤枉錢。

本系統的特色如下：

- 簡單的介面：介面上除了必須看到的資訊之外，無其他多餘的東西干擾使用，所有的輸入都是使用手上的控制器中不同的按鈕達成，減少注意力的分散。
- 直覺式操作：透過適當的提示及引導，減輕心理負荷量。
- 控制器手動操控旋轉效果：可以透過操作左手控制器，達成現實中頭轉動的效果，讓使用者坐在無法旋轉的椅子上時仍可以輕鬆體驗本系統。
- 不同高度視角觀看：選擇「輸入身高」模式，就能以該身高看整個房間。
- 手繪家具搜尋系統：使用者可直接繪製出家具的樣貌，並根據圖形在模型資料庫中找尋最符合使用者想要的家具。

## 2. 相關文獻研究

虛擬實境(Virtual Reality, VR)一詞的概念來自於西元 1965 年電腦圖學之父 Ivan E. Sutherland 所提出的 The Ultimate Display [1]，並從 1989 年 Jaron Lamier 開始逐

漸流行，爾後陸續也有學者探討及研究虛擬實境，像是 1991 年 Krueger [2]及 1999 年 Brooks [3]都有在書中清楚地定義虛擬實境：主要的核心想法是在於，電腦可以透過處理數據資料建立出一個 3D 的世界，並經由特殊介面讓人進入該世界，再透過視覺和聽覺的裝置，讓操作者感覺自己沉浸在電腦所建立的虛擬環境中。

近年來，虛擬實境的發展更是日新月異，在 2016 年中，HTC 推出 VIVE 虛擬實境產品，除了有頭戴式顯示器外，也包含了基地台，可以對玩家進行 360 度移動追蹤，創造最逼真的體驗，還有無限控制器，內建震動感應器，可將虛擬體驗帶入真實感受。HTC Vive 在消費電子展(Consumer Electronics Show, CES)中拿下 22 個獎項，包括 CES 最佳獎項[4]。顯示了虛擬實境在各領域正在蓬勃發展中，目前已用於娛樂、教育、醫學、藝術等領域當中。

提到直覺化介面設計，Takeo Igarashi 教授在這方面有極大的成就，他在 1999 年發表的 Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design[5]論文以簡單的介面與直覺的操作方式著名，只需一支筆畫出線條，不同的線條可達到不同的效果，無多餘的按鈕，整體介面乾淨、簡單(圖 1)。在 2012 與 Yuki Igarashi 和 Jun Mitani 教授一起發表的 Beady: Interactive Beadwork Design and Construction[6]，介面也十分簡單，只有少數必須的按鈕，其他功能都是由不同的滑鼠動作，拉出不同的線，而有不同的功能。

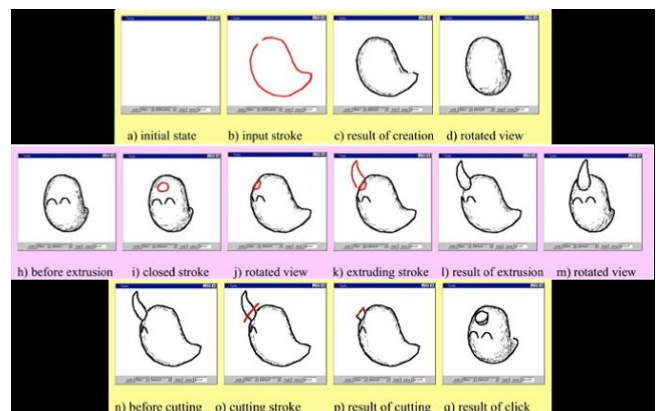


圖 1：Teddy 主要的三種操作模式 摘自[5]

在互動的過程中，注意力被適當地導引，自然地看到該看到的地方；互動的心理負荷量輕，操作輕鬆，不需要

特別小心。以上的狀況會讓使用者覺得使用上是很直覺的。在人機介面中有許多設計原則可以讓介面變得簡單、直覺使用：The Design of Everyday Things[7]中提到預設用途是物體的屬性和操作者能否使用、如何使用這個物體之間的相對關係，如椅子有支撐功能，因此提供坐上去的預設用途，在虛擬實境中立體的物件有可以拖拉的預設用途等。在使用任何軟硬體時可能會不小心的造成過失，有時該過失是嚴重且無法回復的，而使用者會認為是自己的問題而導致過失，但追根究底其實是設計不良的關係。過失分為錯誤及失誤，錯誤分為基於規則的錯誤、基於知識的錯誤及記憶缺失的錯誤，失誤又分為擷取性失誤、記述類似的失誤、記憶缺失的失誤及模式的失誤，而記憶缺失的失誤及錯誤是過失的常見原因，大多數造成記憶缺失的直接原因是干擾，在沒有對尚未完成的步驟提供明顯提醒下，使用者的工作記憶負荷量會過重。

About Face: The Essentials of Interaction Design[8]中提到要為中間程度的使用者設計，因為初學者(Beginners)在使用過此產品，了解使用過程及步驟後會成為中間使用者(Intermediates)，一直無法學會該產品如何使用的人在不久後就不會再使用該產品，而退出初學者的行列，雖然每個人都會當過初學者，但沒有人會永遠是初學者。要成為專業使用者(Experts)除了要常使用該系統外，也須深入了解達到每個目標的最快方法，所以專業使用者的人數也不會太多。圖 2 顯示大部分的人都是中間使用者，而初學者及專業使用者的人數是不多的。

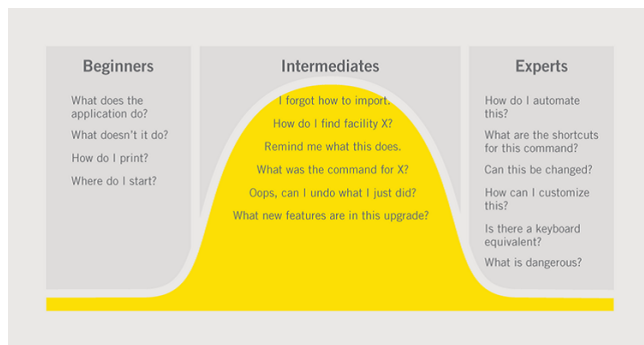


圖 2：對進行一項活動人的經驗水平 摘自[8]

關於手繪搜尋系統，藉由直覺性素描與陰影提示的模型搜尋技術[9]中實作出直覺性模型搜尋系統，使用大量的手繪圖片及正面、側面、上面和下面四個視角的模型投影，投影完後用 Canny lines 去針對投影完成圖做描繪，再做特徵偵測和生成特徵向量，特徵的提取方式採用 Bag-Of-Feature (BOF)策略，先決定特徵選取的大小與位置，再將以像素為單位的特徵表示轉換成較低維度的特徵向量，接下來把該特徵向量與先前分好群的向量做比對，最後將整張圖片的結果做統計，依照出現在群的頻率做成特徵長條圖，得出匹配結果圖片序列。

IKEA VR Experience[10]是宜家家居推出的虛擬實境軟體，可以讓用戶在 VR 環境中體驗宜家的廚房，在該產品中使用者可以改變整體家具的顏色，用 200 公分或 100 公分的高度探索整個廚房，也可以跟某些家具作互動。

### 3. 研究方法與步驟

#### 3.1 使用者介面及操作方式：

##### 3.1.1 簡單的介面：

根據席克法則 (Hick's Law)，反應時間與需要處理的資訊量成正比，為了讓使用更有效率，將每個步驟分開來進行外，介面上除了必須看到的資訊之外，無其他多餘的東西干擾使用，所有的輸入都是使用手上的控制器中不同的按鈕達成，不會出現傳統使用的鍵盤讓介面變得複雜，而分散注意力。

##### 3.1.2 直覺式操作：

在畫家具時，原本除了必要的選單外無其他提醒使用者目前在何種模式下的輔助說明，讓使用者的記憶負擔過大，為了減少記憶的負擔及模式和記憶缺失的失誤及錯誤，因此加上提示，可讓心理負荷量減輕(圖 3)。且物體在虛擬實境下有拖拉的預設用途，所以選擇使用立體選單，而非一般平面選單。使用者在不同的畫家具模式下只會看到立體選單的其中一面，上面會有在這個模式之下可以做的選擇(圖 4)，使用者的注意力可以被適當地導引到那些按鈕上，以做出符合自己需求的選擇。

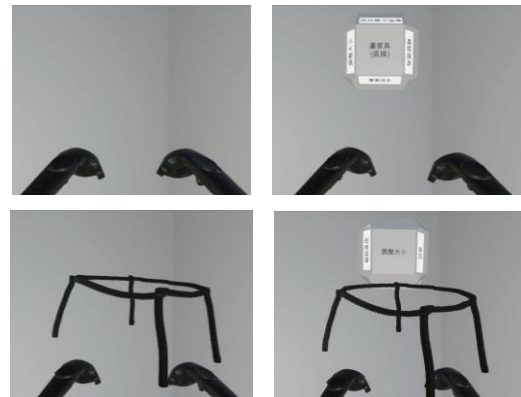


圖 3：加入立體選單的前後比較圖

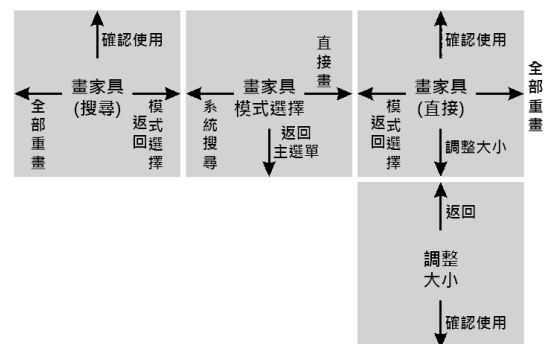


圖 4：立體選單示意圖

### 3.1.3 控制器手動操控旋轉效果：

在「坐著使用」的模式之下，可透過輕觸左手的多功能觸控板並沿著邊緣旋轉，達成現實中頭轉動的效果(圖5)，讓使用者坐在無法旋轉的椅子上時仍可以輕鬆體驗本系統。

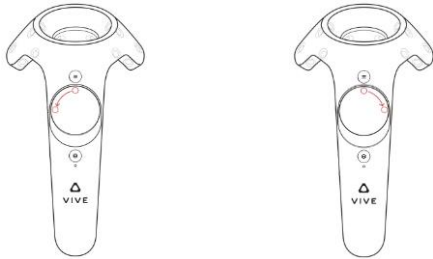


圖 5：控制器操控旋轉效果(左圖為向左旋轉，右圖為向右旋轉的示意圖)

### 3.1.4 不同高度視角觀看：

選擇「輸入身高」模式，就能自己選擇觀看整個房間的高度，小孩可以用大人的視角來看這個房間，大人也能以小孩的視角來觀看，進而提出符合對方需求的建議。

下圖 6 為對 300 公分高衣櫃的平視圖：



圖 6：衣櫃平視圖(左圖為身高 90 公分，右圖為身高 160 公分)

### 3.2 搜尋系統：

使用直覺性素描與陰影提示的模型搜尋技術[9]中的直覺性模型搜尋系統作為基礎，修改使其符合本系統需求。

將直覺性模型搜尋系統中的模型資料庫更改為只有在本系統中使用到的家具資料庫，並將所有的家具做正面、側面、上面和下面四個視角的投影。也手繪每個家具，將其放在對應的手繪資料庫中。

直覺性模型搜尋系統使用 matlab 為其程式語言，本系統是使用 unity 中的 C#，因此在 unity 中放入使用者可在上面作畫的 Canvas，並將一台 Camera 放在面前，調整 Camera 的範圍使其只能照到該 Canvas，並加入 Render Texture，在使用者按下確認使用時，將他輸出生成 png 檔，並由直覺性模型搜尋系統讀入，以作為輸入。

原本讀入的圖為 unity 中輸出的 png 檔，為彩色圖，但為了提高辨識正確度，因此將輸入的影像進行灰階處理，並使用 im2bw 此函式將圖片轉成只有黑白兩種顏色的圖，以提高對比，變成線條分明的圖形(圖 7 左圖)。

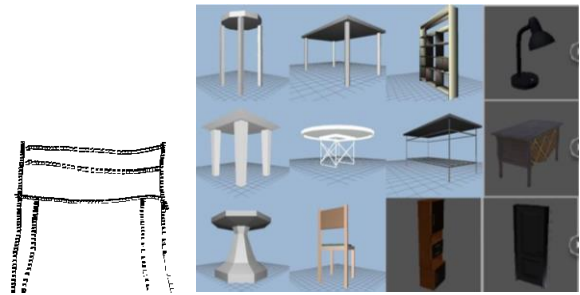


圖 7：做過處理的原輸入圖(左圖)及其結果(右圖)

將家具的模型投影依照每個家具分類的不同特性改變投影方式，如果每個投影都只做正面、側面、上面和下面四個視角的模型投影，會讓許多原本不同類別的家具在投影完後都有同樣的結果，如衣櫃的側面投影為長方形，方形桌子從上方投影也為長方形，會讓最後出來的結果準確性不高。本系統將除了門、檯燈及電視的家具類別重新做投影，沙發、床、椅子、洗手台下方的投影改成從右上方做投影，桌子、書桌、板凳及床頭櫃上面和下下面的投影改成從右上方和左前方去投影，因為人們在看這些家具的時候不會從下面去看到它，大部分都時從它的斜上方看，在作畫時也會傾向從這些角度下去畫。櫥櫃及架子(shelf)則從正面、左前、右上及右下去做投影，掛在高處的架子以及高過於人的櫥櫃有可能讓人們從底下看它，因此加上右下方的投影。下圖 8 為改變投影方向後的結果，桌子的數量從原本的 5 個(圖 7 右圖)上升成 7 個(圖 8)。



圖8：改變投影方向後結果

## 4. 實作結果

### 4.1 輸入房間大小(圖 9)：

使用方法教學只有在第一次使用此產品時會直接出現，之後使用時要按下右下角的問號按鈕後才會出現，能讓第一次使用的人快速知道怎麼使用，且不會讓中間或專業使用者每次使用時都會看到使用教學，而感到不耐煩。



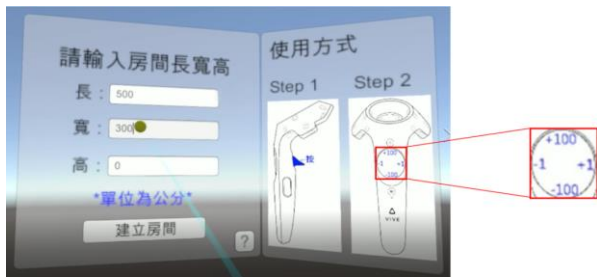


圖 9：輸入房間大小

#### 4.2 模式選擇：

移動方法有移動視角及身高走動兩種模式(圖 10 左)，移動視角模式中，使用者的視角會在最靠近牆壁或地板的地方，且在選擇移動的地方時牆壁也可以是要移動到的位置；如果選擇身高走動，接下來會進入選擇身高的畫面，在進入房間後使用者就會以該高度的視角看到整個房間，選擇移動位置時只能選擇地板上的位置去做移動。使用方式分為坐著使用及站著使用(圖 10 右)，在坐著使用的模式下使用者可以輕觸左手控制器上的觸控板並沿著觸控板邊緣旋轉，整個房間會隨之轉動，達到轉頭的效果。



圖 10：選擇模式

#### 4.3 輸入身高(圖 11)：

若移動方式選擇身高走動會進入此介面，跟輸入房間大小的介面一樣有使用教學，因為身高的差別通常不會超過 200 公分，因此按觸控板的上下分別是加減 10 公分，跟輸入房間大小的 100 公分有所不同。



圖 11：輸入身高

#### 4.4 建造房間(圖 12)：

根據之前所選擇的內容將房間建造出來，一開始房間是全空的，透過按右手控制器上的選單鍵會出現選單，選單的內容有房間大小、模式調整、家具選單、畫家具等四個選項(圖 13)。



圖12：初始房間



圖13：房間內選單

#### 4.5 修改房間大小(圖 14)：

類似輸入房間大小的介面，目前房間的長寬高會依序顯示在對應的輸入框裡，可以用輸入房間大小的同樣步驟去做操作，按下確認後房間大小會根據數值做改變。



圖14：修改房間大小

#### 4.6 模式調整(圖 15)：

跟模式選擇的介面相似，可以使用不同的模式或身高。

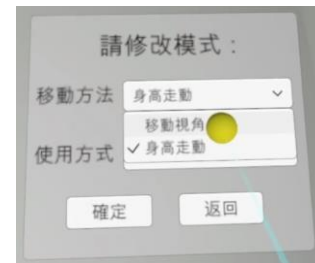


圖15：模式調整

#### 4.7 家具選單(圖 16)：

列出模型資料庫中有的家具模型，使用者可選擇喜歡的模型做擺設。點選家具模型的圖片後選單就會消失，取而代之的是該家具模型會出現在使用者正前方的地面上，家具的大小會跟現實世界的大小一樣，使用者不須再另外做調整。

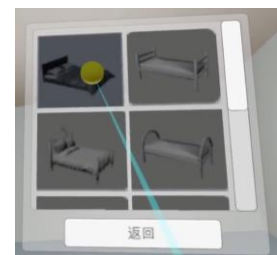


圖16：家具選單(左圖為家具的分類，右圖為點選bed後出現床的選單)

#### 4.8 畫家具(圖 17)：

出現有別於以往平面選單的立體選單，因為在繪製家具時可能無法在完全不動的情況下將一個家具完整畫出，所以將選單做成立體的較有拖拉的預設用途，使用者可以將其擺放到喜歡的位置。畫家具分為系統搜尋及直接畫兩種模式。



圖 17：畫家具立體選單

#### 4.9 系統搜尋(圖 18-1)：

使用者在一個畫布上畫出一個 2D 的家具，會選擇讓使用者畫 2D 的家具圖而不是 3D 的原因是一般人較為習慣在 2D 平面上作畫，時常畫畫的人也可容易地在 2D 平面上畫出 3D 效果，可以有較好的搜尋結果。作畫時如果不滿意可以按上面的全部重畫按鈕，剛才畫的會全部消失，繪製完成後按下確認使用，系統會將搜尋結果呈現在手繪圖的旁邊(圖 18-2)。



圖 18-1：畫家具—系統搜尋



圖 18-2：系統搜尋結果呈現

#### 4.10 直接畫(圖 19)：

使用者只須按下右手控制器上的 trigger，黑色方塊就會出現在控制器的上端，只需按著 trigger 並移動控制器的位置，黑色方塊就會連成線條。畫完之後可以調整大小或確認使用，調整大小的方式跟一般在多點觸控螢幕上放大縮小的方法類似，將兩手控制器的 trigger 按下，往外拉就會放大，往內縮則變小。確認使用後，該手繪的 3D 家具就能跟家具模型一樣拖移。



圖 19：直接畫家具

### 5. 實驗結果與討論

#### 5.1 使用者介面及操作方式：

我們針對本系統最重要的用例，從輸入房間大小到建造房間的部分做了簡易且小型的易用性測試，操作完後請使用者以五點來表示，1 表示非常困難，5 表示非常容易，兩位使用者皆認為操作上是 3 分普通的，雖然沒有很容易但也不會太困難。測試時發現使用者未先點選使用教學，因為他們沒有將輸入房間大小介面上右下角的問號按鈕與說明做連結，而是口頭詢問如何使用，因此改成在第一次使用時使用教學會直接展開，其中一位使用者因曾經有使用過 HTC Vive，所以雖沒有先看使用教學，卻也能大致上猜出輸入的方式。測試時除了讓使用者按控制器上的按鈕以改變輸入數值外，也使用傳統的鍵盤輸入方式，使用者皆認為本系統所使用的按控制器上按鍵的方式較為好用且介面較友善。

使用者在使用完本系統後建議輸入框的寬度可以加寬，從原本長方形輸入框變成正方形，這樣在調整數字時投射指標(黃色的圓點)比較不會跑出輸入框，才可以有效地進行輸入，不會常常手一動就讓投射指標離開輸入框，要重新按 trigger 鍵聚焦到輸入框。

#### 5.2 搜尋系統：

本系統中畫家具的系統搜尋使用到直覺性素描與陰影提示的模型搜尋技術[9]中的直覺性模型搜尋系統，不同的是直覺性模型搜尋系統中有許多除了家具外的其他類別，而本系統中只有家具這個類別，因此重新測試搜尋結果的準確性。我們取前 5 名的排序結果，評估方式如下：

**查全率 Recall** = 依條件篩選出來並符合條件的資料數 / 符合條件的資料數

**查準率 Precision** = 依條件篩選出來擷取出並符合條件的資料數 / 擷取出的資料個數

我們請到四位使用者，使用者 1、2、3 平常沒有畫畫的習慣，使用者 4 則有美術背景，分別請他們畫出兩種不同類別的家具，該家具類別要是不經思索立即想到的類別。

下圖 20 及圖 21 為使用者 1 的手繪圖(圖左)及搜尋結果的前五名(圖右)：

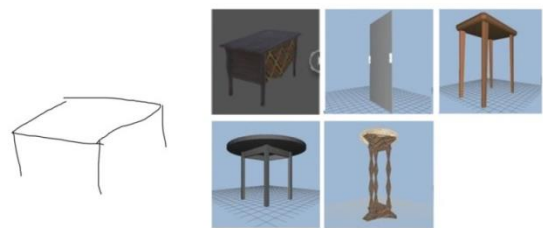


圖 20：手繪桌子搜尋結果(使用者 1)



圖 21：手繪椅子搜尋結果(使用者 1)

圖 20 中整個資料庫中桌子有 74 個模型，第 3、4、5 名類別皆為桌子，查全率為  $3/74=4.1\%$ ，查準率為  $3/5=60\%$ 。圖 21 中整個資料庫中椅子有 38 個模型，除了第 4 名為沙發其他皆為椅子類別，查全率為  $4/38=10.5\%$ ，查準率為  $4/5=80\%$ 。

下圖 22 及圖 23 為使用者 2 的手繪圖(圖左)及搜尋結果的前五名(圖右)：

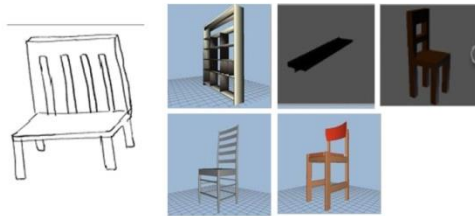


圖 22：手繪椅子搜尋結果(使用者 2)



圖 23：手繪櫃子搜尋結果(使用者 2)

圖 22 中整個資料庫中椅子有 38 個模型，第 3、4、5 名類別皆為椅子，查全率為  $3/38=7.9\%$ ，查準率為  $3/5=60\%$ 。圖 23 中整個資料庫中櫃子有 36 個模型，前五名皆為櫃子的類別，查全率為  $5/36=13.9\%$ ，查準率為  $5/5=100\%$ 。

下圖 24 為使用者 3 的手繪圖，該位使用者所想的家具尚未收錄在本系統的家具類別中，因此沒做搜尋：

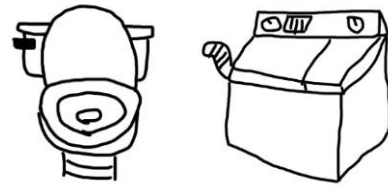


圖 24：手繪馬桶及手繪洗衣機(使用者 3)

下圖 25 及圖 26 為使用者 4 的手繪圖(圖左)及搜尋結果的前五名(圖右)：

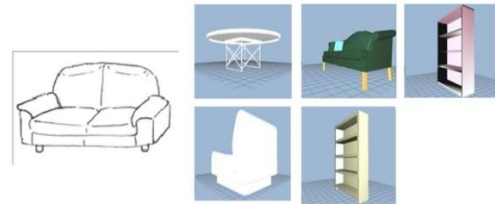


圖 25：手繪沙發搜尋結果(使用者 4)



圖 26：手繪桌子搜尋結果(使用者 4)

圖 25 中整個資料庫中沙發有 18 個模型，第 2、4 名皆為椅子的類別，查全率為  $2/18=11.1\%$ ，查準率為  $2/5=40\%$ 。圖 26 中整個資料庫中桌子有 74 個模型，第 1、3、5 名類別皆為桌子，結果的第 2 名雖然中間是桌子但旁邊有椅子，因此屬於整套餐桌的類別，不視為同個類別，查全率為  $3/74=4.1\%$ ，查準率為  $3/5=60\%$ 。

綜上結果，不管有無美術背景，手繪的家具圖輸入本系統中皆能在前五名結果中找到相同類別的家具。根據使用者 3 所想到的家具類別，我們應增加家具類別，讓使用者能完整地將整個房子佈置出來。

## 6. 結論與未來展望

本論文提出一套結合虛擬實境裝置製作出室內設計的系統，加入多項人機介面的原則讓系統使用上更為直覺，搭配家具模型的搜尋系統讓找尋家具變得更為方便。希望能促進虛擬實境技術在娛樂層面之外的多元發展，而能幫助日常生活更加便利。

未來希望能擴增更多的家具模型或是跟家具大廠如宜家家居合作，豐富家具的模型資料庫，除了能讓使用者有更多的家具可以選擇之外，也能提高搜尋系統的準確率，

同時能直接透過本系統買到需要的家具，不需要記下家具型號及顏色再到實體商店購買。在介面使用上，將更深入研究 Holz 和 Wilsony 在 Data miming: inferring spatial object descriptions from human gesture[11]，對目前透過搜尋系統比對使用者畫出 2D 的圖像的方式進行改良，使其更接近平常跟別人說明家具長相時所使用的方式，讓使用上變得更為直覺。另外，加入多人協作的功能讓家庭成員可以同時並行使用，將使成員間溝通變得容易。在虛擬實境中多人協作時如何不會互相干擾，又能同時看到其他人對環境作的變化，也是值得後續研究的主題。

#### 誌謝

此研究在科技部大專學生研究計畫編號：106-2813-C-004-035-E 的補助下完成，特此致謝。此外，感謝鄭緒辰指導模型搜尋的相關知識。

#### 參考資料

1. Ivan E. Sutherland, "The Ultimate Display", Proceedings of IFIP Congress, pp. 506-508, 1965.
2. Krueger, M. W. (1991). Artificial reality (2nd ed.) . Reading, MA: Addison-Wesley. p.xiii
3. Brooks, F. P. (1999). What's real about virtual reality? IEEE Computer Graphics and Applications, 19(6), 16-27.
4. [https://zh.wikipedia.org/wiki/HTC\\_Vive](https://zh.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive)
5. Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Hidehiko Tanaka, "Teddy: A Sketching Interface for 3D Freefrom Design", ACM SIGGRAPH 99, Los Angeles, August, 1999, pp.409-416.
6. Yuki Igarashi, Takeo Igarashi and Jun Mitani. Beady: Interactive Beadwork Design and Construction. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2012), Volume 31, Issue 4, Article No. 49, Los Angeles, USA, August 2012.
7. Norman, Donald A. The Design of Everyday Things. Perseus Books Group, 2002.
8. Christopher Noessel, Alan Cooper, Robert Reimann, David Cronin . About Face: The Essentials of Interaction Design, 4th Edition. Wiley, 2014.
9. Lee, Ya Hsien. Model Retrieval by Intuitive Sketching and Suggestive Reference. Master thesis, 2015.
10. <https://blog.dcplus.com.tw/marketing-knowledge/starter/87538>
11. Christian Holz, Andrew Wilson. Data miming: inferring spatial object descriptions from human gesture. CHI 2011: 811-820