

目錄

第一章 緒論	- 1 -
1.1 研究背景	- 1 -
1.2 研究重點與目的	- 2 -
1.3 研究步驟	- 3 -
1.4 論文架構	- 4 -
第二章 媒材回顧	- 5 -
2.1 虛擬實境裡的存在感	- 5 -
2.1.1 定義虛擬實境中的存在感	- 6 -
2.1.2 測量虛擬實境裡使用者的存在感	- 7 -
2.1.3 影響存在感的重要因素-『控制』	- 9 -
2.2 以身體為輸入裝置	- 11 -
2.2.1 遊戲機	- 11 -
2.2.2 模擬機	- 14 -
2.2.3 利用身體為操作介面的健身電腦遊戲	- 15 -
2.2.4 在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲	- 16 -
2.2.5 結論	- 17 -
第三章 研究步驟	- 19 -
3.1 身體的互動機制：身體傾斜	- 19 -

3.2 第一階段：身體傾斜的控制器原型-Bodily Joystick	- 22 -
3.2.1 遊戲進行所需行為的分析與使用者互動行為的對應	- 22 -
3.2.2 設計控制器原型-Bodily Joystick	- 23 -
3.2.3 測試與討論	- 25 -
3.3 第二階段：VR-CAVE的身體使用者介面原型-Bodily Joystick II	- 27 -
3.3.1 實作控制器原型-Bodily Joystick II	- 28 -
3.3.2 設計測試用的場景與控制器的校正	- 30 -
第四章 檢驗與討論	- 34 -
4.1 檢驗	- 34 -
4.2 討論	- 38 -
第五章 結論與後續研究	- 40 -
5.1 結論	- 40 -
5.2 研究限制	- 41 -
5.3 後續研究	- 42 -
References	- 44 -
附錄A：受測者問卷	- 48 -
附錄B：受測者問卷整理	- 49 -



第一章 緒論

1.1 研究背景

設計媒材的發展從古埃及時代的 2D 平面圖一直發展到現在的 3D 電腦模擬，這樣的一個發展讓許多傳統媒材無法解決的問題得以解決，也因為數位媒材的發展延伸了許多建築師的想像。近年來更因為虛擬實境的發展讓數位模型更具真實感。就建築空間的表現而言，設計師利用 3D 軟體將空間內容製作成爲動畫後，再利用虛擬實境來播放；而觀賞者在虛擬實境中，藉由立體視覺來感知虛擬空間，並感受到類似真實空間的空間尺度。所以，藉由虛擬實境不僅可以使設計者在設計過程中得到更多的回饋，也可以使非專業者能了解設計內容。

然而，在虛擬實境研究的領域裡，最常爲人探討的就是個人在虛擬實境中的『存在感』(sense of presence)[McKinnon and North, 2004]。虛擬實境裡關於存在感的重要議題包括了有：1. 存在感該如何定義？2. 存在感該如何測量？3. 影響存在感的重要因素-『控制』[Stanney, et al, 1997]。Steuere[1992]定義虛擬實境是一種特殊型態的經驗，其中包含了存在感：某人覺得自己在某個地方，但實際上卻身在另外一個場所裡；對於虛擬實境來說，存在感意指某人感覺到自己處在電腦所產生出來的環境遠勝於自己身體實際所處的環境。另外，虛擬實境的效果好不好也常常回歸到使用者所感受到的存在感強不強烈[Witmer & Singer, 1998]。然而，存在感的現象或許只是人與機器交流所時附帶或潛在的現象，甚至只是一種分心(distraction)而已[Ellis, 1996]。Stanney[1997]等人認爲：存在感或許只是單一的『情況瞭解』而已，甚至只能告訴我們『有多少』或『從未達到』；所以虛擬實境裡一般測量存在感的方法有兩個：『主觀』的報告和『客觀』的測量。主觀的測量方法有兩個：1. 評分等級 (rating scale)：如，1-10 分，這個虛擬實境所提供給你或妳的存在感爲幾分？2. 配對比較法(method of paired comparisons)：如，兩個虛擬實境中，哪一個對你或妳有較強烈的存在感；而客觀的測量則是依照使用者所回報的經驗：使用者回報有存在感或者是沒有存在感。另外，使用者在虛擬實境裡有越多的控制或互動行爲，則能體驗到越多的存在感[Stanney, et al, 1997; Witmer & Singer, 1998]。而在虛擬實境裡，若使用者在虛擬環境裡想要移動時，而虛擬環境也能依照使用者所想的移動，此時，存在感便會浮現出來。[Schubert, Friedmann, Regenbrecht, 1999]；並且，這控制或互動行爲是以身體或身體的一部份來與虛擬環境互動時，則能提高使用者的存在感[Schubert & Friedmann, 1998]。存在感的提高有助

於讓使用者感受到更真實的虛擬環境，進而讓使用者更瞭解虛擬環境裡的內容。

而利用身體或身體的一部份當作輸入裝置的控制器我們稱爲『身體輸入裝置』(bodily input device)，藉由這樣的方式讓實體的世界除了利用視覺來感受虛擬世界外，更多了其他的感官知覺來加強在虛擬世界中的知覺感知，進而增進使用者在虛擬環境裡的存在感。這樣的控制器已經運用在許多層面，如：遊戲機(game console)上，有 Konami[1998]所推出的熱舞革命(Dance Dance Revolution)系列遊戲，遊戲者利用自己的身體當作操控器來進行遊戲；另外，模擬器(simulator)上，許多飛行模擬器讓使用者坐在裡面利用全身的知覺感知來感受虛擬飛行；而相關研究有 Mokka[2003]所領導的『利用身體爲操作介面的健身電腦遊戲』(Fitness Computer Game with a Bodily User Interface)研究案及 Strömberg[2002]所領導的『在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲』(A Group Game Played in Interactive Virtual Space)研究案等，都是利用身體使用者介面(bodily user interface)當作輸入裝置。

因此，爲了要增加使用者在虛擬實境 CAVE 系統(VR-CAVE)裡的存在感，所以我們實做一個身體使用者介面來當作 VR-CAVE 的控制器。



1.2 研究重點與目的

VR-CAVE 在建築上的應用，大多都是用來作爲設計結果的呈現：設計師利用預錄好固定路徑的動畫來模擬所設計的空間，空間的內容主要是依靠視覺來呈現，使用者藉由立體視覺來感知虛擬空間，並感受到類似真實空間的空間尺度。然而，使用者所體驗的虛擬實境動畫是預先設計好的，使用者不能在虛擬環境內自由的瀏覽，所以使用者與虛擬環境間之是缺乏互動的。雖然在 VR-CAVE 裡，視覺是最主要獲得資訊的方式，但仍有許多可能性能提高使用者在 VR-CAVE 裡的存在感。所以，爲了要得到較好的虛擬實境效果，必須提高使用者的存在感 [Stanney, et al, 1997; Schubert & Friedmann, 1998]；而使用者透過與虛擬環境發生容易、且直接的互動行爲時，將有助於存在感的提升 [Stanney, et al, 1997; Witmer & Singer, 1998]；並且，此一互動行爲若能以身體或身體的一部份來與虛擬實境互動時，則更能增進使用者的存在感 [Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Väättänen, Rätty, 2002; Mokka, et al, 2003]。

因此，本研究的主要目的是探索如何藉由身體移動(body movement)來增加使用者在 VR-CAVE 裡的存在感，進而得到更好的虛擬實境效果，讓虛擬環境的內容更能被瞭解。

1.3 研究步驟

整個研究包含了三個步驟：首先，我們定義一身體運動(身體傾斜)是適合使用者來瀏覽虛擬環境，並且找尋這樣的操作概念是否有類似的案例可供參考或學習；第二，以身體傾斜的操作概念實作一控制器原型，並檢驗之；第三，以步驟二的檢驗結果為基礎，實作 VR-CAVE 的控制器原型。

步驟一：

在我們的研究裡，存在感是重要的；因為我們想要強化使用者在虛擬實境裡所感受到的愉悅感以及有參觀真實空間的感覺並且融入其中。但該如何增進存在感？使用者藉由直覺的身體的使用者介面來瀏覽虛擬環境時，則能增加使用者在虛擬實境裡的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, et al, 2003]。因此，我們先定義身體傾斜來作為操作的概念，並且找尋這樣的操作概念是否有類似的案例可供參考或學習。

步驟二：

為了要測試身體傾斜的操作概念是否能增進使用者的存在感，所以我們以這樣的控制概念為出發點，實作一控制器的原型，並且檢驗之。其步驟如下：首先，我們以一個遊戲為例子，將遊戲進行所需之行為分析，再與使用者的互動行為對應；第二，以分析的結果實作一身體傾斜的控制器原型；第三，測試與討論。然而，會以遊戲來進行測試的主要原因是為了減少我們軟體開發的負擔，讓我們不必再開發出一套軟體後才能進行控制概念的測試。

步驟三：

在這部分裡，我們會依據上一節所得到的結論，實作一 VR-CAVE 的控制器原型，讓使用者穿上之後可以藉由身體的傾斜來瀏覽虛擬實境。其步驟如下：首先，我們依據上一節所得到的結果，實作身體傾斜的控制器原型；第二，設計一個此控制器的測試場景(此場景僅是一個測試的例子)，之後實際到 VR-CAVE 上做場景的與控制器的配合並修正問題。

1.4 論文架構

在這裡簡要的說明一下本研究論述的主要章節架構與內容。

第一章：如上面所論述到的內容，包含研究背景、研究重點與目的、研究步驟等三部分。

第二章：媒材回顧。我們分別對兩個領域來做回顧：首先瞭解什麼是存在感？探討使用者在虛擬實境中關於存在感的相關議題，並瞭解存在感該如何測量及影響存在感的重要因素；第二部分則是針對以身體為輸入裝置的遊戲、模擬器、研究案及個人交通工具等來做討論，再歸納出這些案例裡，關於身體運動來增加存在感的互動機制。

第三章：研究步驟。在這部分裡，我們介紹了整個實作的過程，詳細的描述控制器的發想與製作流程。

第四章：測試與討論。詳細的說明使用者實際測試使用不同控制器(我們的控制器、鍵盤、搖桿)的經過，並依據使用者的問卷，評估不同控制器在 VR-CAVE 中所提供給使用者的存在感有何不同；之後，再針對使用者的主觀經驗來討論。

第五章：結論與後續研究。在這部分裡，我們將本研究所探討的重點與目的作一個結論，最後分別描述本研究的限制與未來相關研究的可能性。



第二章 媒材回顧

當我們處在虛擬環境時，時常會體驗『存在』(presence)；『存在感』(sense of presence)可以說是虛擬實境的一個主要元素，也可以看作是虛擬實境定義的一部份[Steuer, 1992；Schubert & Friedmann, 1998]。虛擬實境的效果好不好也常常回歸到使用者所感受到的存在感強不強烈[Witmer & Singer, 1998]。影響存在感的因素很多，其中『控制』(control)的因素最能影響使用者的存在感：使用者在虛擬實境裡有越多的控制或互動行為，則能體驗到越多的存在感[Stanney, et al, 1997; Witmer & Singer, 1998]；並且，此一互動行為若能以身體或身體的一部份來與虛擬實境互動時，則更能增進使用者的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, 2003]。另外，利用身體或身體的一部份當作輸入裝置的控制器我們稱為『身體輸入裝置』(bodily input device)；而這樣的裝置已經運用到許多層面上，如：遊戲機(game console)、模擬機(simulator) 及許多研究案。因此，在這個章節裡，我們主要回顧了虛擬實境中的存在感與身體輸入裝置(bodily input device)。而詳細的內容我們將會在底下的小節裡來做回顧與討論。



2.1 虛擬實境裡的存在感

存在感是什麼？Steuer[1992]定義：存在感可以被視為某人物理環境的經驗，但並不單單只是指個人存在於實質環境之中，也可以是一種感知環境的心智過程。如：讀一個遙遠的親友或同事所寄來的一封信，內容詳細的描述當地的環境、氣候、狀況、事件時(雖然你或妳可能去過或沒去過當地)，存在因此而被召喚出來。另外，根據 ISPR (International Society for Presence Research)[2005]的定義，認為存在感是一種心理的狀態，或是某人部分或全部的主觀感知(subjective perception)透過人造技術產生或過濾的一種經驗，並且在這經驗裡他或她的部分或全部的感知對於精確地承認人造技術所扮演的角色是沒作用的。如：某人正在使用某項技術，但某些程度上他或她的感官知覺正專注於這項技術所提供的知識、事件、權力、環境等，甚至好像這技術從未參與其中的一種經驗。人的存在感可以分為好幾種等級：在一個經驗裡，當某技術用戶的感知充分和準確地的承認這項技術所扮演的角色時，存在感是不會發生的；當某技術

用戶的感知只有部分地承認這項技術所扮演的實際角色時，存在感是較多的，但不是最大；在一個經驗裡，當某技術用戶的感知對於承認這項技術所扮演的任何角色失去作用時，存在感是最大。

當我們處在虛擬實境裡，時常會體驗『存在』：使用者感覺自己身處在虛擬環境中[Schubert & Friedmann, 1998]。存在感可以說是虛擬實境的一個主要元素，也可以看作是虛擬實境定義的一部份[Steuer, 1992；Schubert & Friedmann, 1998]。而虛擬實境的效果(efficacy)如何常常被連結到使用者所感受到的存在感強不強烈[Witmer & Singer, 1998]。虛擬實境裡關於存在感重要的研究議題包括了：1. 存在感該如何定義？2. 存在感該如何測量？3. 影響存在感的重要因素-『控制』[Stanney, et al, 1997]。

2.1.1 定義虛擬實境中的存在感

在虛擬實境裡，存在的現象為一種心理學研究，而其研究的目的是為了幫助硬體和軟體設計，瞭解什麼是存在，怎樣才能讓它顯出，並且能測量。所以，存在感是一種心理學的測量，測量什麼比較真實，什麼比較不真實[Schubert & Friedmann, 1998]。

Steuer[1992]定義『虛擬實境』是一種特殊型態的經驗，其中包含了『存在感』：某人覺得自己在某個地方，但實際上卻身在另外一個場所裡。然而，現在對於『存在感』並沒有任何清楚的結論，它或許可以被描述成需要直接的注意力與根據使用者知覺的刺激和環境的因素間的互動的一種正常察覺(awareness)的現象[Witmer & Singer, 1998]。但也可以簡單的定義為一使用者在一個地方或環境的主觀經驗，即使當時完全的身在另外一個地方[Stanney, et al, 1997]。Witmer & Singer[1998]認為，對於虛擬實境來說，『存在感』意指一個人體驗自身處在電腦所產生出來的環境遠勝過自己身體實際所處在的場地。而在虛擬環境裡，『存在感』是依靠某人的注意力從實質環境中轉移到虛擬環境裡，但並不是完全的取代實質環境裡的注意力。事實上，人類在實質的環境裡會體驗到多樣化程度的存在感，而這是一種典型的『注意力』分離，分離在實際的世界與精神世界[Witmer & Singer, 1998]。而在虛擬實境裡，存在感也許可以藉由逼真的經驗(例如-豐富的感覺)以及互動的程度或者是使用者在虛擬世界裡能操作物件與四處走動的程度來產生[Steuer, 1992; Witmer & Singer, 1998]；因為藉由逼真的場景與引人入勝的故事劇情會讓人們暫

時停止懷疑，並且相信自己真的處在另外一個場所裡[Pausch, Snoddy, Taylor, Watson, and Haseltine, 1996]。戲劇般的內容認知對於空間的存在能提供更高的衝擊，而有意義的空間認知能貢獻存在的經驗；空間的與劇本的意義決定了我們如何感覺到存在虛擬環境裡[Schubert & Friedmann, 1998]。

另外，該如何明確的讓使用者把注意力集中在虛擬實境上，絕大部份還是藉由他們能融入虛擬實境有多深，以及有多少主觀的存在感能被體驗與回報[Witmer & Singer, 1998]。然而，Stanney[1997]等人提到，注意力會集中在有意義以及特別有趣的資訊上，這是一種人類的天性，但存在感的體驗卻需要將注意力集中在有意義且連慣的刺激物上(如:虛擬環境)才能夠排除無關的刺激物(如:虛擬環境設置的實際場所)。因此，一個連續且統一性的虛擬實境就能讓使用者接收到連續的刺激，造成使用者不需要費心力就能將注意力集中在虛擬實境上而產生存在感。但是，存在感的產生是因為使用者將注意力集中在有意義以及特別有趣的資訊上的這個概念是不需要費力的去從存在感的經驗來區別出支持存在感的因素：如，專注(involvement)以及沈浸(immersion)。儘管『專注』與『沈浸』兩者對於存在的經驗都是必需的，但兩者只要其中之一便足夠勝任。『專注』是一種心理學體驗狀態，是某人的精神專注並將注意力放在一連貫的刺激上或有意義的活動與事件上的結論。當使用者把更多的注意力放在虛擬實境的刺激上，他們應該變得更加的專注在虛擬實境的體驗，導致存在感的增加；而『沈浸』則是被定義為具有人感知自己被包覆、包含在環境裡面，並與一個提供連串刺激及經驗的環境發生互動的心理狀態。因素的發現能增加沈浸感，包括從物理環境的隔離，也包含了以下的情況：某人能使用自身自然的方式進行互動行為與控制，和能察覺到自身移動的存在感。

2.1.2 測量虛擬實境裡使用者的存在感

雖然存在的概念廣泛被談論，但卻只有少數的研究試圖系統地測量與連結它其可能被建立的因素。而就目前有限的理解，存在感的現象或許只是人與機器交流時所附帶或潛在的現象，甚至只是一種是分心(distraction)而已[Ellis, 1996]。Stanney[1997]等認為存在感是可測的：人類長期在現實世界裡會對刺激物產生生理反應，同樣地，當存在感在虛擬實境增加時，對應的變動應該也會發生在生理現象；例如，虛擬實境的使用者看見飛撲的虛擬老虎時會不經意地畏縮，尖叫，這是可以被合理解釋的，因為他或她體驗了強烈的存在感；另外，當人們在虛擬環境與

虛擬環境互動時，能抓取虛擬物件或是走在懸崖邊會感到害怕時，他們便會感覺到他們自己是真的處在虛擬的環境裡[Schubert & Friedmann, 1998]。Witmer & Singer[1998]提到，關於使用者是否『沈浸』通常是在處理這三個問題：使用者是否感覺在虛擬環境裡(being there)? 是否『包含』(inclusion)在虛擬實境裡? 與是否有存在感? 而對於是否感覺在虛擬環境裡的回答通常會被連結到舒適(comfort)、呈現的質感(presentation quality)、與場所的資訊；是否包含在虛擬實境裡的回答是被連結到舒適、互動容易與移動(movement)；是否有存在感的回答被連結到愉快(enjoyment)、狀況熟悉(orientation)與呈現的質感。

然而，關於存在感如何測量的這個問題也有許多學者提出了他們的看法：Schloerb[1995]提出了利用區別真實世界場景與虛擬實境模擬場景的配對比較的方法來測量存在感。因為當使用者無法分辨出兩者的經驗有何不同時，那我們可以合理的解釋在虛擬實境裡的『存在感』與真實世界的『存在感』是一樣強的；Stanney[1997]等人的研究裡提出：或許『控制』這個因素能更加的讓人理解什麼是存在感。而存在感的測量應該要連結到虛擬實境裡能被重複測量且易於察覺的特徵，當然我們也需要瞭解存在感或許只是單一的『情況瞭解』，甚至只能告訴我們『有多少』或『從未達到』。所以，虛擬實境裡一般測量存在感的方法有兩個：『主觀』的回報和『客觀』的測量。主觀評估其方法包括以下兩個：1. 評分等級 (rating scale)：如，1-10 分，這個虛擬實境所提供給你或妳的存在感為幾分？2. 配對比較法(method of paired comparisons)：如，兩個虛擬實境中，哪一個對你或妳有較強烈的存在感；而客觀的測量則是依照使用者所回報的經驗：使用者回報有存在感或者是沒有存在感。

另外，McKinnon & North[2004]利用對比的方式做了一存在感在虛擬實境與真實世界的對比研究，目的是為了研究以及比較當使用者體驗虛擬環境時，使用者在虛擬環境裡的存在感以及使用者在真實世界的存在感兩者之間的關係。實驗一為受測者必須穿戴頭戴式顯示器以及頭戴式追蹤裝置(圖 2-1)來感受虛擬環境。受測者體驗 15 分鐘的模擬飛行之後，馬上回答有關存在感的問題。每個問題的評分標準為 0 分到 10 分，0 分是完全沒有存在的感覺，10 分是完全沈浸在虛擬世界裡；而另一對照組實驗二則是讓受測者與實驗一穿戴同樣的裝置以及感受同樣的虛擬環境，只是把部分把會震動的椅子換成不會震動且固定的椅子，以及把任一不直線的頭戴式追蹤器以及電腦拆掉。同樣的讓受測者體驗 15 分鐘的模擬飛行之後，馬上回答有關存在感的問題。實驗一與實驗二引出一個初步及有趣的結論：當人處在虛擬環境時，人的知覺感官確實會輕微的增加。



圖 2-1：受測者穿戴頭戴式顯示器以及頭戴式追蹤裝置體驗模擬飛行[摘自 McKinnon & North, 2004]

2.1.3 影響存在感的重要因素-『控制』

Stanney[1997]等人的研究裡提出，在虛擬實境中會影響使用者的存在感的因素有：A. 互動容易 (ease of interaction)；B. 使用者可控制項目 (user-initiated control)；C. 圖像的真實性 (pictorial realism)；D. 沈浸時間的長短 (length of exposure)；E. 社會的因素 (social factors)；F. 系統因素 (system factors)。

- A. 互動容易：設計一個容易互動的虛擬環境是最能預測存在感的產生；並且建議這互動如果能很流暢且精確地互動，則能增進使用者的存在感。
- B. 使用者可控制項目：使用者在虛擬實境裡擁有越多的控制則感受到的存在感會越深；而這控制因素是受到系統是否能夠立即的回應以及適當的使用者初始的行為與控制模式自不自然所影響。他們還發現在虛擬實境裡能夠自己控制行動的使用者的存在感比被動者的使用者高出很多；並且建議若使用者在虛擬實境裡一開始就被賦予高度的互動行為，則存在感將會增加許多。
- C. 圖像的真實性：虛擬實境裡最能表現明顯的『深度感』的地方是最容易產生存在感的；反之則提供很少的存在感。
- D. 沈浸時間的長短：這裡的『沈浸』是指在使用者待在虛擬環境裡面，延長待在虛擬實境裡的時間或許可以增加使用者的存在感；因為時間的延長增加了存在感與其產生的因素連結在一起。
- E. 社會的因素：在虛擬實境裡，存在感或許會藉由其他個體的存在和其他個體與使用者互動的程度來增加。

- F. 系統因素：對於無經驗的使用者來說，發現投影式(screen based projections)的虛擬實境，比頭戴式顯示器(HMDs)或螢幕式(monitors) 的虛擬實境提供更大的存在感。

雖然影響存在感的因素眾多，但 Stanney[1997]等人卻認為『控制』這個現象或許能讓人更加的理解什麼是存在感；並且『即時的互動』(interactivity real-time)最能導致存在感的產生。Witmer & Singer[1998]認為在一般的情況下，使用者在虛擬實境裡有越多的控制行為，則能體驗到越多的存在感；並且這控制行為包含了以下幾點：

- A. 立即的控制(immediacy of control)：指虛擬環境能夠立刻回應使用者所下的指令；但當回應有所延遲時，將會減少使用者所感受到的存在感。
- B. 預期中的事(anticipation)：當使用者能夠期望或預料下一刻將會發生什麼事時，則能增加使用者的存在感。
- C. 控制的模式(mode of control)：假設使用者與虛擬環境互動的方法是自然的或容易被預測的，那麼存在感將會被增加。但假設在虛擬環境互動的控制的方法是人工的或者是特別的，是需要學習的，那麼在這個控制的方法在變的容易學習前，使用者的存在感將會減低。
- D. 物理環境的可變性(Physical environmental modifiability)：假設使用者在虛擬環境裡具有改變虛擬物件的物理現象能力，那麼將會增加使用者的存在感。如：開門、移動物體、碰撞等。

另外，Schubert & Friedmann[1998]提出當互動行為在虛擬世界是有可能時，『存在』便會湧現。存在感的產生是當使用者在虛擬環境裡想要移動時，虛擬環境也能依照使用者所想的移動，則存在感便會產生；並且他們認為這控制或互動行為是以身體或身體的一部份來與虛擬環境互動時，將會大大的提升使用者的存在感。使用者若能與虛擬環境自然的互動，並且這互動能越接近真實世界或模仿真實世界的經驗，將能大大的提高使用者的存在感[Witmer & Singer, 1998]。虛擬環境中互動因素的探索以及可預測性的虛擬環境動力學對於空間的存在能提供更高的衝擊。 [Schubert, Friedmann, Regenbrecht, 1999]

2.2 以身體為輸入裝置

在電腦或遊戲的輸入裝置上，從鍵盤滑鼠的操控，到利用雙手來進行互動外，更有利用身體或身體的一部份來操控的互動裝置；而利用這樣的方式當作輸入裝置的控制器我們稱之為『身體輸入裝置』(bodily input device)，藉由這樣的方式讓實體的世界除了利用視覺來感受虛擬世界外，更多了其他的感官知覺來加強在虛擬世界中的知覺感知，進而增進使用者在虛擬環境裡的存在感。這樣的控制器已經運用在許多層面，如：遊戲機(game console)上，有 Konami[1998]所推出的熱舞革命(Dance Dance Revolution)系列遊戲，遊戲者利用自己的身體當作操控器來進行遊戲；另外，模擬器(simulator)上，許多飛行模擬器讓使用者坐在裡面利用全身的知覺感知來感受虛擬飛行；而相關研究有 Mokka[2003]所領導的『利用身體為操作介面的健身電腦遊戲』(Fitness Computer Game with a Bodily User Interface)研究案及 Strömberg[2002]所領導的『在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲』(A Group Game Played in Interactive Virtual Space)研究案，都是利用身體使用者介面(bodily user interface)當作輸入裝置。底下的小節裡我們將會針對上述所論述的內容來做更進一步的回顧與討論。



2.2.1 遊戲機

利用身體當作控制器的遊戲已經相當的普遍了。如 Konami[1998]在 PS(Playstation)與 PS2(Playstation2)等遊戲機(game console)上所設計的熱舞革命(Dance Dance Revolution)遊戲系列，就是運用遊戲者的腳步動作配合著『踏墊』(圖 2-2)來進行遊戲。遊戲畫面隨著一定的節奏會有相對的指令由下往上移動：如『↑』『←』『↓』『→』(圖 2-3)等。而遊戲畫面上方有一指令



圖 2-2：熱舞革命遊戲用的踏墊，圖為兩人遊戲用的裝置[摘自 Konami, 1998]



圖 2-3：熱舞革命遊戲畫面[摘自 Konami, 1998]

列，代表著腳該踩下踏墊的時機：如『↑』落到該指令列時，則腳必須同時踏下踏墊上的『↑』鍵，這樣才能得分，否則失分。而得分的高低也與該指令到指令列時與腳踩踏墊上該按鍵時的時機有關，若兩者配合的越準確時，得分越高，反之越低。整個遊戲的互動機制便是利用遊戲者的腳透過踏墊來與遊戲裡的虛擬世界作互動；而這樣的方式讓遊戲者宛如真的在跳舞一般。

另外，該公司在推出熱舞革命之後，又推出另一款大型遊戲機台『快活熱舞』(ParaPara Paradise)[Konami, 2000] (圖 2-4)，同樣的也是利用熱舞革命的遊戲方式來進行遊戲，只不過這一次把腳變成手。機器的頂部設置了五個紅外線感應器，用來感應遊戲者手部位置。同樣的，遊戲者的手部動作越能跟上遊戲的節奏，則能得到越高的分數。雖然遊戲公司在當初設計時只有設計手的動作，但許多遊戲者都加上腳的動作，各自發展出自己的舞步、姿勢與玩法來進行遊戲。甚至，有些沒有在機台上的遊戲者乾脆就在其他遊戲者遊玩時也在一旁跟著遊戲者一同跳了起來(圖 2-5)，彷彿整個遊戲場都融入了虛擬世界，隨著虛擬舞者一起翩翩起舞。



圖 2-4：快活熱舞專用機台[摘自 Konami, 2000]

圖 2-5：沒有在機台上的遊戲者在其他遊戲者遊玩時也在一旁跟著一同跳了起來[摘自 Konami, 2000]

同樣的也是利用身體當作遊戲控制器的『Eye Toy : play』[Sony Company Environment Japan, 2004]，遊戲者只要使用專用的攝影機，便可利用自己的肢體動作直接融入虛擬環境中進行遊戲(圖 2-6)！遊戲中不需要使用到控制器，因為遊戲者本身就是控制器。看著畫面中的自己隨機反應，利用身體動作來與虛擬物件作直接的互動；少了控制器的操作，讓遊戲者感受到更多的存在感。



圖 2-6：遊戲者透過 camera 直接與
虛擬物件做互動[摘自
Sony Company
Environment Japan, 2004]

Gametrak[In2Games, 2004]的遊戲設備(圖 2-7)是一種穿戴的遊戲控制器, 遊戲者穿上後在虛擬世界可以藉由身體的移動與雙手的動作來與遊戲裡的虛擬世界作直接的互動。搭配一起發行的第一人稱(first-person)的格鬥(fighting)遊戲 Dark wind[In2Games, 2004], 讓遊戲者藉由肢體運動, 直接的與虛擬敵人互動: 遊戲者不需要透過複雜的按鈕或搖桿, 透過 Gametrak 追蹤遊戲者手與腳的動作, 來與虛擬的敵人互動, 並直接的反映在螢幕上, 如: 遊戲者出右拳時, 也會看到螢幕上自己虛擬的右拳向前揮出(圖 2-8)。



圖 2-7：Gametrak 的遊戲設備：左右兩個黑色是手套，玩家直接帶在手上，用來追蹤手的動作；中間的方塊是踏墊，用來反應腳的動作。[摘自 In2Games, 2004]



圖 2-8：玩家穿 Gametrak 設備玩 Dark wind[摘自 In2Games, 2004]

2.2.2 模擬機

在許多的軍事或教育訓練上常用到的大型模擬機(simulator)之設計原理，也是利用全身來當作互動裝置：整個人必須坐在模擬機裡面，用全身的知覺感知來操作、感受虛擬環境。如軍事訓練上，我國飛行訓練指揮部的模訓組[民 82]裡的 AT-3 模擬機(圖 2-9)：整個 AT-3 模擬機是由視效系統(圖 2-10)、座艙部份(圖 2-11)、中控台、電子艙等四個部分所組成的。飛行員在做模擬飛行時，感覺置身在空中飛行的駕駛艙裡，而全身的感官知覺也都和模擬機完全的聯繫在一起：不論是遇到亂流時的機身抖動，還是遇到能見度降低時的飛行緊張感，透過模擬機的模擬，將一切的模擬狀況直接的反應在模擬機身上，而坐在模擬機裡的飛行員透全身的知覺感知來與虛擬環境作直接的互動。



圖 2-9：AT3 模擬機[摘自飛行訓練指揮部模訓組,民 82]



圖 2-10：模擬機的視效系統[摘自飛行訓練指揮部模訓組,民 82]



圖 2-11：模擬機的座艙部分[摘自飛行訓練指揮部模訓組,民 82]

在教育訓練上如：新加坡安全駕駛中心(Singapore Safety Driving Centre)所使用的 Honda Riding Simulator[Singapore Safety Driving Centre, 2002](圖 2-12)，則是讓使用者可以直接乘騎在模擬機上。所有實際發生在騎乘摩托車時可以想像的危險情況，都會利用電腦加以模擬；而使用者透過螢幕、模擬機與全身的知覺感知來體驗這些危險狀況：騎乘過顛簸的石頭路面時，模擬機會開始震動，車手會感覺到好像真的騎在顛頗的石頭路上。爲了要創造更真實的『騎乘經驗』，模擬機也模擬了騎乘時『風吹的感覺』以及摩托車『運轉的聲音』，結果騎車在上面的車手似乎都忘記了他們是在虛擬的世界裡。

另外，美國巴爾的摩(Baltimore)Maryland Science Center 的 Morphis ESP Motion Simulator[Maryland Science Center](圖 2-13)是一種多人沈浸式的模擬機。運所有乘客是被安置在機體裡面並且隔絕外界所有的刺激，因此乘客用全身感官來感受虛擬空間，宛如置身在虛擬的世界裡做虛擬旅行。



圖 2-12：Honda Riding Simulator[摘自 Singapore Safety Driving Centre, 2002]



圖 2-13：Morphis ESP Motion Simulator[摘自 Maryland Science Center]

2.2.3 利用身體為操作介面的健身電腦遊戲

『利用身體為操作介面的健身電腦遊戲』(Fitness Computer Game with a Bodily User Interface)[Mokka, et al, 2003]研究案的主要目的是將運動及電腦遊戲結合在一起以創造出更沈浸及更刺激的訓練環境，為了是要改善以往單調的健身運動所帶給使用者的無聊及無趣感。而在這樣的前提下，選擇了身體的使用者介面來當作他們的操控裝置。因為他們發覺身體的使用者介面能增加使用者在虛擬環境中的存在感，而且也非常適合用來作為以運動訓練為目的的操作介面。整個系統包括了：訓練用的腳踏車、電腦、喇叭以及用來投影的大型螢幕(圖 2-14)。

在這個研究裡，使用者在虛擬環境裡的存在感是非常重要的；因為他們想要讓使用者玩這個遊戲的同時能感到愉快且能融入顯示螢幕所顯示的風景，並且感覺到是在參觀當地的風景。但『存在感』在虛擬環境裡通常是需要直覺的操控裝置才能被突顯；而利用身體的自然移動來控制遊戲這樣似乎能增加遊戲者在虛擬環境的存在感。於是他們利用運動用的腳踏車以及一個虛擬環境發展了一個身體使用者介面。遊戲裡的虛擬環境是利用位於 Finnish Lapland 的 Ruka Hill 的風景來製作的，有風吹搖曳的樹、特殊的當地地景：如餐廳及旅館，還有鳥叫聲、嗡嗡的車輪聲等，這些都是用來增加自然的印象。遊戲的操控是利用運動用的腳踏車來控制的，腳踏車的手把有兩個按鈕用來控制遊戲裡的方向，腳踏板則是用來控制前進。遊戲的環境會直接影響到踩腳踏板所需要用力的程度；當上坡時必須踩的比較用力，而下坡時則會比較輕鬆。腳踏墊的速度也會直接影響到遊戲裡前進的速度。在遊戲中，使用者可以選擇第一人稱或第三人稱的視角來進行遊戲。



圖 2-14：Fitness Computer Game with a Bodily User Interface 概念圖 [摘自 Mokka, 2003]

整個研究選擇了九位人員來進行測試，其中包含了七位學生以及二位健身訓練員。而選擇的標準則是以是常運動與不常運動以及不常玩遊戲為基準。當測試完之後，使用者覺得利用身體的運動來與虛擬環境作互動讓他們覺得這是一個訓練的感覺勝過於玩遊戲的感覺。與傳統的相比，這樣的方式讓訓練不再只是單調無聊而已。而對於健身遊戲來說，利用運動腳踏車來當作使用者操作介面是非常適合的。因為在虛擬世界裡，直覺且容易的操控方式與移動讓使用者能更融入虛擬環境，甚至有些人害怕自己騎進陡峭的水坑當中。而測試的成果也說明了對於創造更沈浸的運動健身遊戲而言，利用身體的使用者介面來操控確實能增加使用者在虛擬場景內的存在感。

2.2.4 在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲

『在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲』(A Group Game Played in Interactive Virtual Space)[Strömberg, Väättänen, Rätty, 2002]研究案主要是利用一種新的使用者界面來操控電腦遊戲。因為在他們研究裡發覺以往的電腦遊戲通常都是一個人獨自遊玩或者是上網加入其他人的遊戲，且遊戲介面通常都只包含電腦、鍵盤、滑鼠及搖桿等，更進一步的有力回饋方向盤或搖桿，但人類的知覺感官與身體自然移動都只被少量的運用在這些使用者介面。更進一步的虛擬實境遊戲嘗試著要將使用者介面透明化或消失，但通常還是必須帶著特別的裝置：如數據手套

(data glove)或頭帶式顯示器。而使用身體或是空間的使用者介面(bodily or spatial user interfaces)主要的目的是希望能比以往更多樣化的利用人類的知覺感知與移動。因此，此研究的目的是減少真實環境與互動虛擬環境之間的界限，爲了是要增加使用者存在的感覺。他們創造了一種新的體驗與玩電腦遊戲的方式，利用玩家自然的身體移動(natural body movement)來操控遊戲，並與其他玩家產生互動。而研究最後測試的結果說明了利用這樣的方式讓玩家們更能沈浸在虛擬環境當中，並且在遊戲中與其他玩家一起互動的過程讓他們更沈浸在遊戲裡。

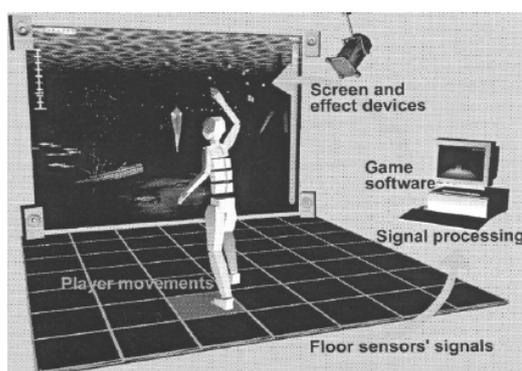


圖 2-15：系統概念圖[摘自 Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002]



圖 2-16：使用者實際遊玩的一景[摘自 Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002]

整個系統是架設在一個 25 平方公尺的房間內(5m×5m)，系統包括了有大型的投影螢幕及投影機、6 個特效燈光(某些故事情節下使用)、8 個喇叭、1 個感應地板(floor sensor)(由 49 個感壓式地磚(pressure-sensitive floor tiles)60cm×60cm 爲一單位所組成的)及一台遊戲軟體用的電腦(圖 2-15)。整個遊戲以 3-6 個人爲一組的方式來進行(圖 2-16)，使用者不需要穿戴任何設備只需要藉由身體的移動就可以控制遊戲，而遊戲的進行是以小組的中心來控制方向：當小組的中心向左邊移動，則控制的虛擬潛艇會向左轉；小組的中心向前移動，則控制的虛擬潛艇會向前加速。遊戲按照固定的劇情來進行，目的是爲了要解救被困的海豚。遊戲測試的結果讓玩家們感覺不但與電腦做互動，而且也與小組內其他遊戲者互動。雖然遊戲者是在同一房間內，但不僅是分享實質上的空間，也分享了彼此玩遊戲的經驗。

2.2.5 結論

在以上的小節裡我們回顧了許多以身體爲輸入裝置的案例，而每一個案例裡所使用的方式皆不

相同，其目的也不一樣，如：遊戲機裡大多的互動機至都是利用遊戲者的手、腳或身體等來當作輸入裝置，藉由這樣的方式讓遊戲者更能沈浸在遊戲裡；模擬機則是利用全身或部分的身體，讓使用者被包覆在模擬機裡或乘騎在模擬機上，而這樣的方式讓使用者更能感受到虛擬世界裡的事件或狀態，讓使用者更有存在感；利用身體為操作介面的健身電腦遊戲[Mokka, et al, 2003] 研究案則是讓使用者藉由訓練用的腳踏車與投影螢幕，製造出一種情境，讓使用者的視覺情境與騎腳踏車時所感受到的腳踏板用力程度連結在一起，進而增進使用者的存在感；在互動虛擬空間裡遊玩的群體遊戲[Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002]研究案則是以多人互動遊戲為基礎，讓使用者可以彼此分享遊戲的心得，而其所使用的方式則是利用使用者自然的身體移動來與虛擬環境作互動，藉由這樣的方式來增進使用者的存在感。

因此我們可以歸納出以下幾點：

- A. 利用使用者的手、腳或身體的一部份來與虛擬環境作直接、自然或簡單的互動時，則能增進存在感。
- B. 讓使用者騎乘某種機具，並搭配適合的情境，且機具會依照虛擬環境的事件產生反應時，則能增加使用者的存在感。
- C. 若使用者在虛擬環境裡能藉由身體自然的移動來與虛擬環境互動時，則能增進使用者的存在感。

第三章 研究步驟

我們可以在第二章的媒材回顧裡知道，若要增加使用者在虛擬實境裡的存在感，最簡單且直覺的方法則是增加使用者與虛擬實境的互動行為[Stanney, et al, 1997; Witmer & Singer, 1998]；並且以身體使用者介面來與虛擬實境互動時，則更能增進使用者的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, et al, 2003]。因此，爲了讓使用者在 VR-CAVE 獲得更好的存在感，我們實作了一個 VR-CAVE 的身體使用者介面，讓使用者藉由此身體使用者介面來瀏覽虛擬環境。整個研究包含了三個步驟：首先，我們定義一身體運動(身體傾斜)是適合使用者來瀏覽虛擬環境，並且找尋這樣的動作概念是否有類似的案例可供參考或學習；第二，以身體傾斜的動作概念實作一控制器，並檢驗之；第三，以步驟二的檢驗結果爲基礎，實作 VR-CAVE 的控制器。而詳細的內容我們將會在底下的小節裡來說明。

3.1 身體的互動機制：身體傾斜



在我們的研究裡，存在感是重要的；因爲我們想要強化使用者在虛擬實境裡所感受到的愉悅感以及有參觀真實空間的感覺並且融入其中。但該如何增進存在感？存在感可以藉由與虛擬環境互動來產生，並且此互動是以身體或身體的一部份來與虛擬環境互動時，則能讓使用者感受到更明顯的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, et al, 2003]；另外，此互動行為需要直覺、簡單的操控裝置才能夠突顯[Mokka, et al, 2003]。因此使用者藉由直覺的身體使用者介面來瀏覽虛擬環境時，則能增加使用者在虛擬實境裡的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, et al, 2003]。

然而，人類有許多不同的肢體語言，在眾多的肢體語言當中我們選擇了利用使用者的身體傾斜來瀏覽虛擬環境，企圖藉此來增加使用者的存在感。而這樣的動作概念是由遊戲用的搖桿所觸發的：將整個人身體視爲搖桿本身，要前進時，搖桿必須推向前，相對於人來說也就是人的身體必須向前傾；向右時，搖桿必須向右推，相對於人來說也就是人的身體必須向右傾斜...以此類推(圖 3-1)。這樣的動作概念與人類的許多運動有著相似點，如：騎車、滑雪等。另外，許多時候人類身體傾斜的方向並不僅僅只有表示身體的運動而已，還包含著想要前往的方向或潛意

識心裡的想法：當人類行走時，會因為重心的改變而使得身體自然的向所往的方向傾斜；摩托車車手在極高的速度下轉彎時，其身體會自然的傾向所轉的方向(圖 3-2)；我們在雪地滑雪向前滑行時，身體必須稍微向前傾斜，再以雪杖撐地為助力，讓雪板同時往前進滑動；轉彎時，身體向著欲轉彎之方向傾斜[滑雪天下, 2003] (圖 3-3)；身旁坐著讓我們非常厭惡的人、事、物時，自然我們的身體便會向相反的方向傾斜，若可以選擇時便會轉身離去。綜合上述所言，我們可以知道人類身體的傾斜不僅僅只表示身體的運動而已，還包含著心理或潛意識的想法；然而，這些動作在平時我們都會去利用到它，只是我們並不會特別地去意識到自己身體的肢體語言而已[Kjölberg, J, 2004]，若沒有特別的去觀察與提出，相信多半的人都會忽略掉這些我們認為理所當然的行為。



圖 3-1：操作概念發想圖



圖 3-2：摩托車車手在極高的速度下轉彎時，其身體便會自然的傾向所轉的方向。



圖 3-3：左圖-向前滑行時，身體必須先向前傾斜；右圖-轉彎時，身體向著欲轉彎之方向傾斜[滑雪天下, 2003]。

另外，這樣的操縱概念也與賽格威(Segway)[Kamen, 2001] (圖 3-4)相當類似：它是一個讓使用者可以藉由身體重心偏移方式控制的交通工具。與其他交通工具較不一樣的是它的操控方式是依照使用者身體的位置來反應：當使用者身體向前傾斜時，則會向前移動；身體向後傾斜時，則會向後移動；當身體挺直時，則會停止不動。所有一切的行動將會依照使用者的行為來反應，這種的操控方式跟人類行走運動時是相當類似的，並且使用者藉由身體的傾斜很直接的表現出心裡所想前往的方向 (圖 3-5)。



圖 3-4：兩個人騎乘他們的賽格威[摘自 Kamen, 2001]



圖 3-5：賽格威的操控方式與人走路身體移動之間的相似性[摘自 Kamen, 2001]

在它尚未發表前，曾經請使用者試乘過，但第一次接觸的使用者並不知道該如何控制；以下是他們的對談(A.為使用者；B.為技術人員) [Heilemann, 2001]。A：『請向正前方傾斜。』當使用者按照技術人員的指導操作時，賽格威也緩緩的向前移動；A：『現在請停止不動。』B：『煞車在哪裡？沒有煞車怎樣讓它停止不動？』A：『請想像一下停止的樣子。』使用者按照技術人員的指示，想到了紅燈上人站立不動的圖案，並且也學著圖案的動作將身體挺直起來，於是賽格威也停止了下來。

所以賽格威很直接的讓使用者藉由肢體語言將其心裡的想法展現出來，讓使用者幾乎忘了是乘騎某種機具，直接的融入現實生活中，並與實際走路的經驗連結在一起[Kamen, 2001]。

因此，使用者在虛擬實境裡，身體傾斜的全部動作包括了：向前傾、向後傾、向左傾與向右傾等；而其對應在虛擬環境裡的行為分別為：向前走、向後走、向左轉及向右轉。這些動作除了類似人類行走時重心的轉移，也反應了人類所想要前往的方向(如騎車、滑雪等)，同時也讓使用者很容易的意識到現在正向什麼方向前進(圖 3-6)。所以，藉由身體傾斜的動作來瀏覽虛擬環

境時，不僅是一個很簡單、自然且直覺的行為，讓使用者不須經過思考就能輕易的駕馭，而且還可以勾起使用者與某些實際的身體運動經驗連結在一起，進而增加使用者的存在感。

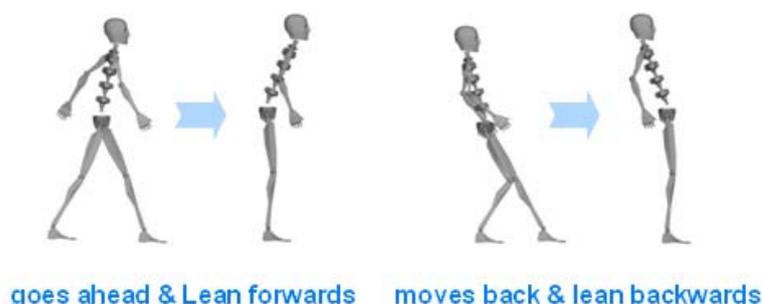


圖 3-6：走路與身體傾斜之連結示意圖。

3.2 第一階段：身體傾斜的控制器原型-Bodily Joystick

爲了要測試身體傾斜是否能增進使用者的存在感，所以我們以這樣的控制概念爲出發點，實作身體傾斜的控制器原型。其步驟如下：首先，我們以一個遊戲爲例子，將遊戲進行所之需行爲分析，再與使用者互動行爲對應；第二，以分析的結果實作一身體傾斜的控制器原型-Bodily Joystick；第三，測試與討論。之所以會以遊戲來進行測試的主要原因是爲了減少我們軟體開發的負擔，讓我們可以專心的製作身體傾斜的控制器原型，而不必開發出一套相關配合的軟體後，才能進行控制概念的測試。詳細的內容我們將會在底下的小節裡來做說明。

3.2.1 遊戲進行所需行爲的分析與使用者互動行爲的對應

我們以一電腦遊戲(Lord of the Rings：Return of the King)[EA SQUARE, 2003]爲例，做遊戲進行所需行爲的分析與使用者互動行爲的對應。這是一款第三人稱動作/冒險遊戲；在遊玩時，遊戲者在螢幕上可以看到自己的代理人(agent)，而遊戲者可以操縱代理人在遊戲裡面進行走動(前、後、左、右)、打擊(分重擊與輕擊)、跳躍、蹲下、潛行、翻滾、格檔與行動(場景內一些可以與之互動的機關)等動作。遊戲的原本設計是要遊戲者利用搖桿來進行遊戲的。因此，我們將這些遊戲進行的動作分爲主要的行爲(如：走動與打擊)與非主要的行爲(剩下的其他動作)，再分別對

應到使用者的互動行為上：身體傾斜控制方向；兩手的揮動為打擊；其他的動作則是利用雙腳的踩踏來控制(圖 3-7)。

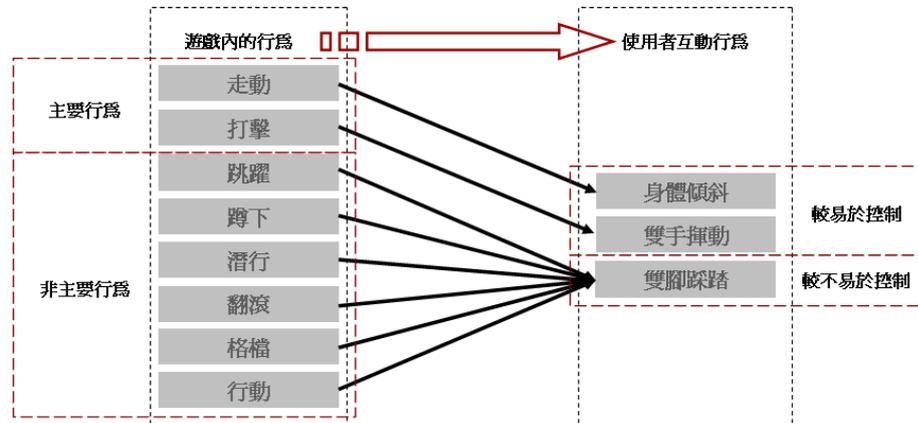


圖 3-7：遊戲進行所需之行為與使用者互動行為之對應圖。

3.2.2 設計控制器原型-Bodily Joystick

遊戲原本的設計是利用搖桿來進行的，所以為了方便起見，我們很直接的利用搖桿來進行改裝。然而，遊戲用的搖桿又如何對應到使用者的互動行為呢？由於搖桿的控制主要是分做兩種：一種是方向鍵的操控；另一種則是按按鈕。因此，我們基於搖桿這兩種形式的控制再對應到上一節所得到的使用者的互動行為，將方向鍵的控制行為對應到身體傾斜，並且利用水銀開關來改造；而按按鈕則是分別對應到雙手揮舞(利用震動開關來改造)及雙腳踩踏(利用壓力墊來改造)(圖 3-8)；而這樣的觀念是將身體的運動視為一種輸入裝置來取代按按鈕[Kjölberg, J, 2004]。

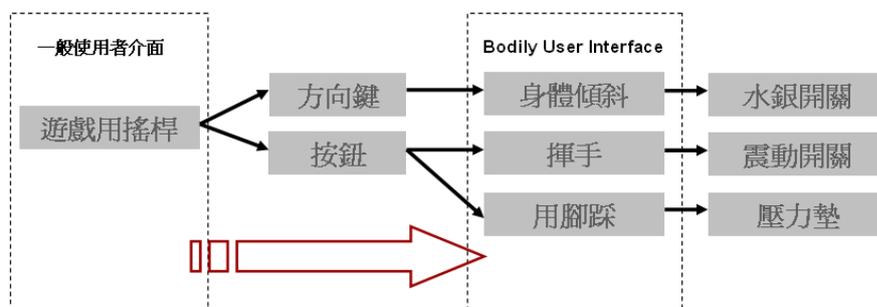


圖 3-8：遊戲用搖桿為與使用者互動行為之對應圖。

改造之後則變成爲一系列的控制器，包括：一條腰帶、兩個控制盒、兩個打擊桿及一個壓力墊(圖 3-9)。使用者在遊玩時，必須將腰帶繫於腰間，用來控制『前』、『後』兩個方向；而兩個控制盒分『左』與『右』，左控制盒貼於左胸前，用來控制『向左走』；右控制盒貼於右胸前，用來控制『向右走』；兩個打擊桿也分左右：左打擊桿握於左手，用來控制『button 1：輕擊』；右打擊桿握於右手，用來控制『button 2：重擊』；壓力墊則是控制其他動作：如格檔(button 3)、跳躍(button 4)、蹲下(button 8)、潛行(button 7)、翻滾(button 6)與行動(button 5)(圖 3-10)。

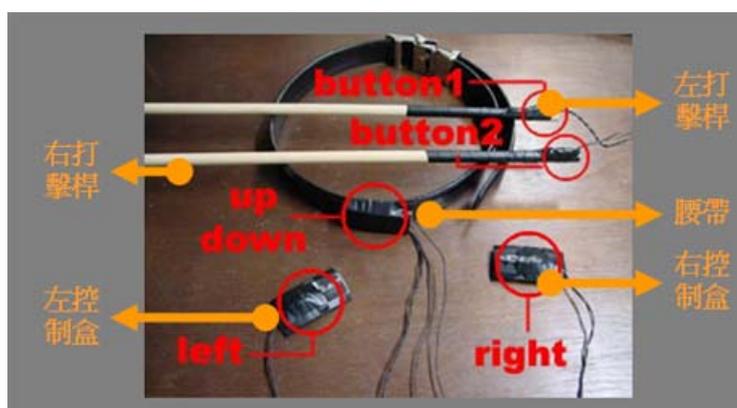


圖 3-9：Bodily Joystick 的各部零件。

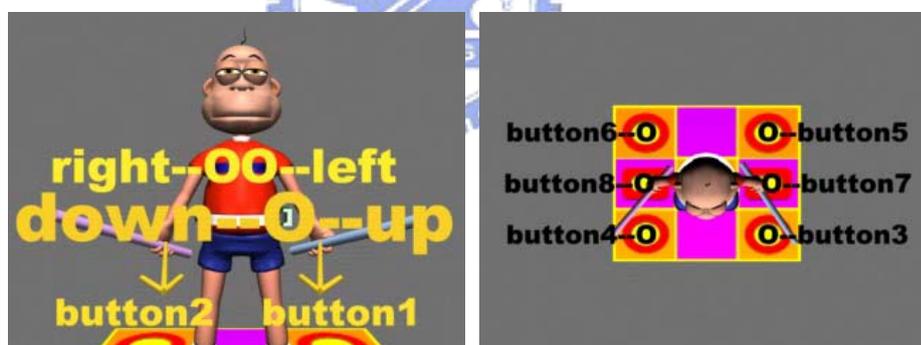


圖 3-10：Bodily Joystick 穿戴之示意圖。

整個系統包括了：Bodily Joystick、電腦、遊戲軟體、投影機及投影螢幕；使用者透過 Bodily Joystick 便可以與遊戲裡的虛擬世界產生互動(圖 3-11)。遊戲的進行是利用投影機投在螢幕上來讓使用者站在螢幕前進行遊戲；使用者進行遊戲時，需要穿上 Bodily Joystick，再利用他或她的身體動作，便可以與遊戲裡的世界產生互動；使用者身體向前傾斜時，遊戲裡的 agent 便會前進；向後傾斜時，agent 便會轉身向後走；向左傾斜時，agent 便會轉身向左走；向右傾斜時，agent 便會轉身向右走；若玩家站立不動沒有任何傾斜時，則 agent 便會停止不動(圖 3-12)。

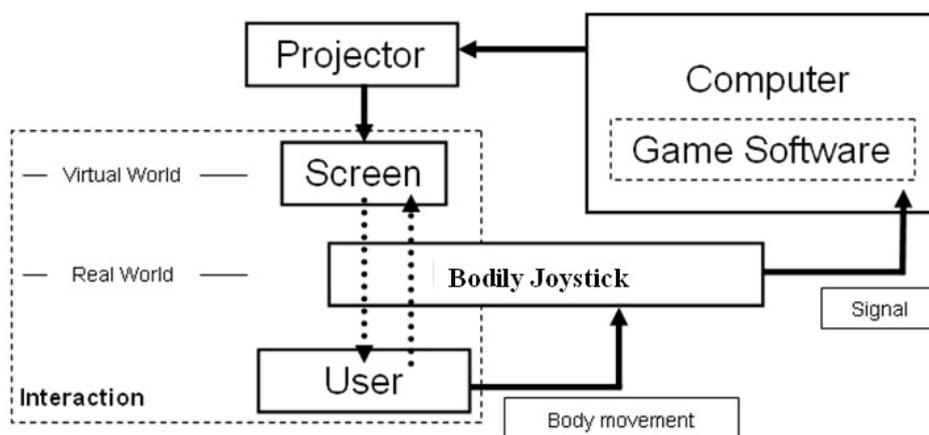


圖 3-11：Bodily Joystick 系統架構運作圖。

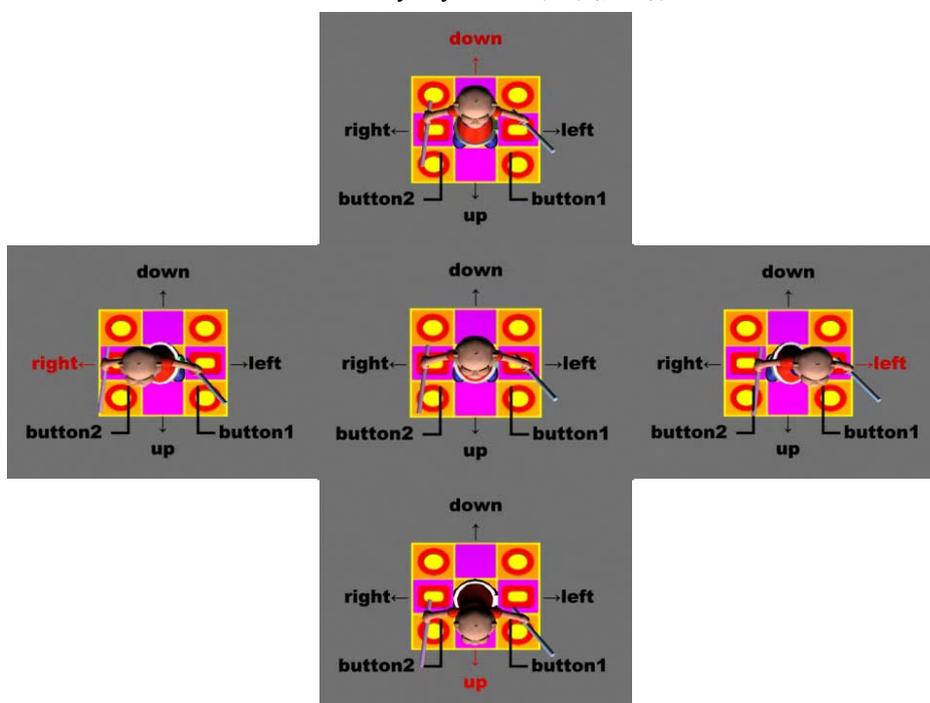


圖 3-12：玩家穿戴 Bodily Joystick 遊玩遊戲時之運動示意圖。

3.2.3 測試與討論

最後我們選擇了一些常玩遊戲的人員來進行測試(圖 3-13, 3-14)。根據使用者表示，利用 Bodily Joystick 來進行遊戲是一種非常獨特的經驗(與一般利用鍵盤或搖桿相比)：當只有自己所控制的人物單獨在場景內行走時，由於身體只要稍微的傾斜便能控制人物的行為，因此覺得這樣的控制方式比起一般的控制器來的有趣；但當敵人蜂擁而至時，會因為想要擊敗敵人，而不自覺的

加大動作，有時還會因為身體傾斜角度過大而忍不住跨出腳步來穩定身體，而這樣的一個動作讓人感覺到好像真的在虛擬世界裡走路，並且與自己真實走路的經驗連結在一起(當身體向前傾斜角度過大時，腳會不自覺的向前跨出一步；身體向後傾斜角度過大時，腳會不自覺的向後踏一步)；特別是與敵人『纏鬥』時，那種想要擊敗或躲避敵人所產生的緊張與刺激感造成身體與雙手不自覺的搖擺與揮舞，甚至忘了自己是在現實的世界，完全的融入虛擬的遊戲情節裡。但也有使用者回報，由於『壓力墊』互動的機制太多，且需要經過一段時間的熟悉與練習才能夠學會，並且不如身體與打擊桿來的簡單且直覺(感覺上像是用腳在按按鈕)，導致在遊玩時根本不會去利用到『壓力墊』上的功能；而整個裝置有太多的連結電線，導致在遊玩時常常會因為電線互相糾纏而產生困擾，並且因為這些原因而導致存在感減弱。若能使操控的裝置直覺化且只需要少數的連結電線或者甚至是沒有電線則能提供使用者更多的存在感。

另外，許多的使用者認為，若能將第三人稱遊戲改成第一人稱，將能大大的提升使用者的存在感。

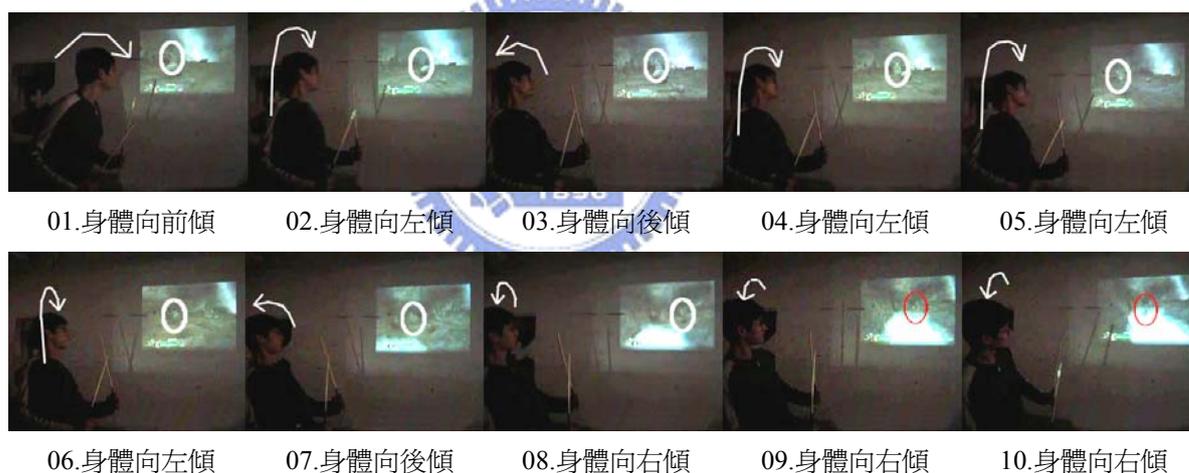


圖 3-13：使用者利用 Body Joystick 控制遊戲裡的人物(圈圈)在遊戲內奔跑（此為一連續動作，約為 2 秒一張圖，可以看到旁邊的景物再變換）。



圖 3-14：使用者進行遊戲時利用打擊桿(白色桿狀)來與虛擬敵人對戰（此為一連續動作，約為 2 秒一張圖，可以看到使用者的打擊桿位置不太一樣）。

因此，關於如何利用身體傾斜或身體的使用者介面來增加使用者的存在感，在此一實驗裡我們歸納出幾個重點：

- A. 『簡單』且『直覺』的操控裝置能增加使用者的存在感。
- B. 利用身體傾斜作為操控裝置，並且此一身體傾斜若能達到一定程度(能讓使用者的身體重心稍有偏移)，則能讓使用者的存在感更為強烈，且還能讓使用者與實際的走路經驗連結在一起。
- C. 利用『踏墊』當作操控裝置會讓使用者感覺到像是用腳在踩按鈕，且不直覺，是需要經過學習才能上手，比起身體傾斜所產生的存在感較為減少許多。
- D. 適當的劇情內容再加上配合的互動操控裝置則能加強使用者的存在感。
- E. 第一人稱的視角能讓使用者直接感受到虛擬環境的世界，並且可以提升使用者的存在感[Althoff, et al, 2001]。
- F. 裝置的連結電線會減低使用者的存在感，若能使連結電線減少或者是沒有，則能增加使用者的存在感。



因此，我們將會針對上述所歸納的重點來進行後續的研究。

3.3 第二階段：VR-CAVE 的身體使用者介面原型-Bodily Joystick II

在這部分裡，我們依據 3.2.3 所得到的結論，實作一 VR-CAVE 的身體使用者介面原型-Bodily Joystick II，讓使用者穿上之後可以藉由身體的傾斜來瀏覽虛擬實境。不過在這裡我們預先設定使用者在虛擬環境裡僅能進行『四處走動』的『瀏覽』行為；因為開發即時互動 3DVR 的門檻太高，大部分需經過程式設計的訓練或者是具有程式能力的工作團隊才能開發出一套完整的系統，所以我們先以達成讓使用者在虛擬環境內能進行瀏覽行為的目的為出發點，製作 VR-CAVE 的控制器及其相關測試環境；至於其他的互動行為則留待未來再作發展。所以在此預設的立場下，我們實作的步驟如下：首先，我們依據 3.2.3 所得到的結果，實作控制器原型-Bodily Joystick II；第二，設計一個測試 Bodily Joystick II 的場景(此場景僅是一個測試的例子)，之後實際到 VR-CAVE 上做場景的與控制器的配合並修正問題。而詳細的內容我們將會在底下的小節裡說明。

3.3.1 實作控制器原型-Bodily Joystick II

依據 3.2.3 的結果，實作一身體使用者介面原型-Bodily Joystick II，讓使用者穿上之後可以藉由身體的傾斜來瀏覽虛擬實境。但實做之前必須先瞭解 VR-CAVE 的運作方式，這樣才能決定該如何製作讓訊號能夠傳入 VR-CAVE。

我們的 VR-CAVE 主要由三面平面的投影螢幕(screen)所構成(圖 3-15)，之間的投影螢幕為 120 度，每面螢幕的影像再由負責左右眼的投影機(projector)以背投影方式投射，而這六部投影機之影像來源分別為六部客戶端(client)電腦所傳送。這六部客戶端電腦透過網路 TCP/IP 連接到另一部伺服器端(server)電腦，做為整個 VR CAVE 電腦群的中樞，負責接收輸入訊號，經過其處理後，再將資料傳送給六部客戶端電腦，將影像內容投射到三面的投影螢幕上(圖 3-16)。因此，我們只需要將訊號傳入 server 端，便能經由 server 控制其他六部 client 端電腦與 VR-CAVE 產生互動。

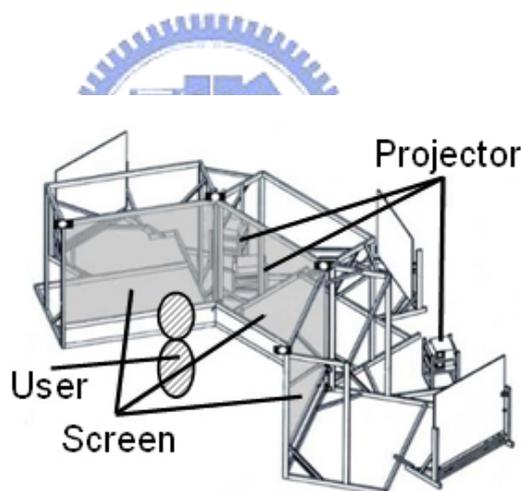


圖 3-15：VR-CAVE 的硬體架構。

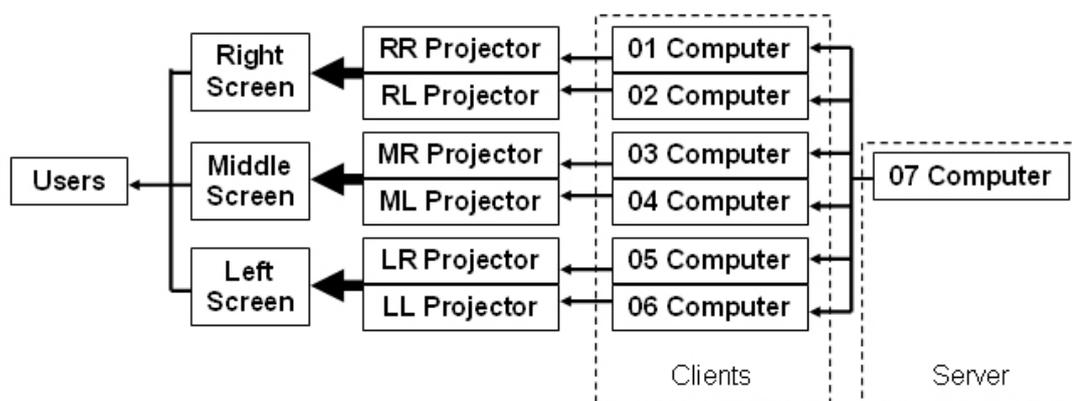


圖 3-16：VR-CAVE 的系統架構。

然而，開發即時互動 3DVR 的門檻太高，大部分需經過程式設計的訓練或者是有程式能力的工作團隊才能開發出一套完整的系統。因此我們選擇了 Director 8.5[Macromedia Inc., 2003]與其網路伺服功能 Shockwave Multiuser Server (Multiuser)來做為我們開發的工具，主要是 Director 8.5 可以接受其他 3D 軟體的檔案，開發者不需要再撰寫程式便能製造出 3D 場景，只是其內建的互動操作函數(library)並不完整，並且 VR-CAVE 的環境開發尚須撰寫 Multiuser 網路傳訊技術，所以需要有較好的程式能力者來撰寫相關程式，對一般的使用者會較難入門使用。此外，以 Director 8.5 為開發工具來看我們 VR-CAVE 的輸入裝置而言，目前僅有鍵盤、滑鼠、搖桿與 RS-232 等，因此考慮到訊號傳輸與 VR-CAVE 同步顯示效能等問題，我們選擇了較為方便實作的鍵盤作為開發的基礎，希望能製作一個操作起來『簡單』且『直覺』的控制裝置。

Bodily Joystick II 的原型是藉由數字鍵盤(numeric keypad)、水銀開關所組成的控制盒(control box)及一件無袖夾克來改裝的：將水銀開關利用電線連接到數字鍵盤上面的方向鍵，再把水銀開關及數字鍵盤設置在一件無袖的夾克上，整個裝置便為 Bodily Joystick II 的原型(圖 3-17)。為了解決 Bodily Joystick 太多連結電線造成使用者不方便的問題，我們在設計 Bodily Joystick II 時已將電線內藏在控制盒裡，僅留下一條與 server 端連結的 USB 線，目的是為了確保訊號能夠準確的傳送到 server 端。因此，當使用者穿上 Bodily Joystick II 後，藉由身體的傾斜來瀏覽虛擬環境時，訊號便從 Bodily Joystick II 傳送到 server，經過 server 計算後將資料傳送給其他六個 client 端，六個 client 端處理過後將結果直接反映在虛擬環境(圖 3-18)。

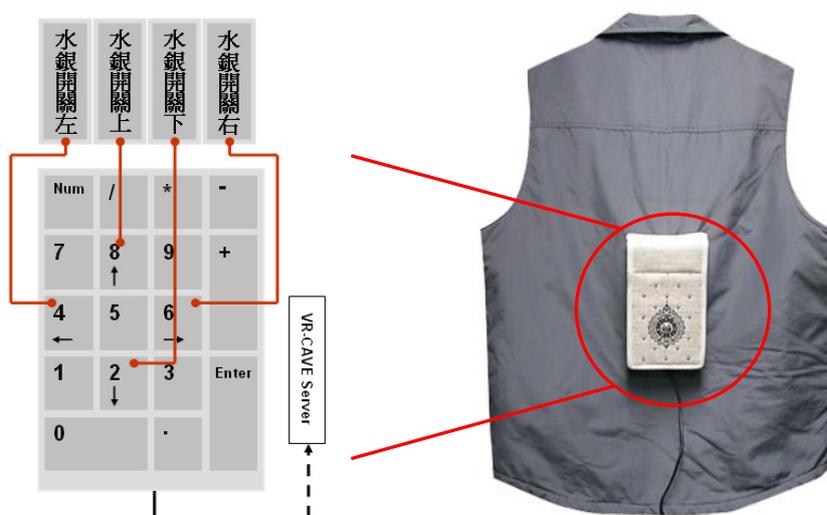


圖 3-17：Bodily Joystick II。(左為控制盒機構示意圖，右為實作圖)

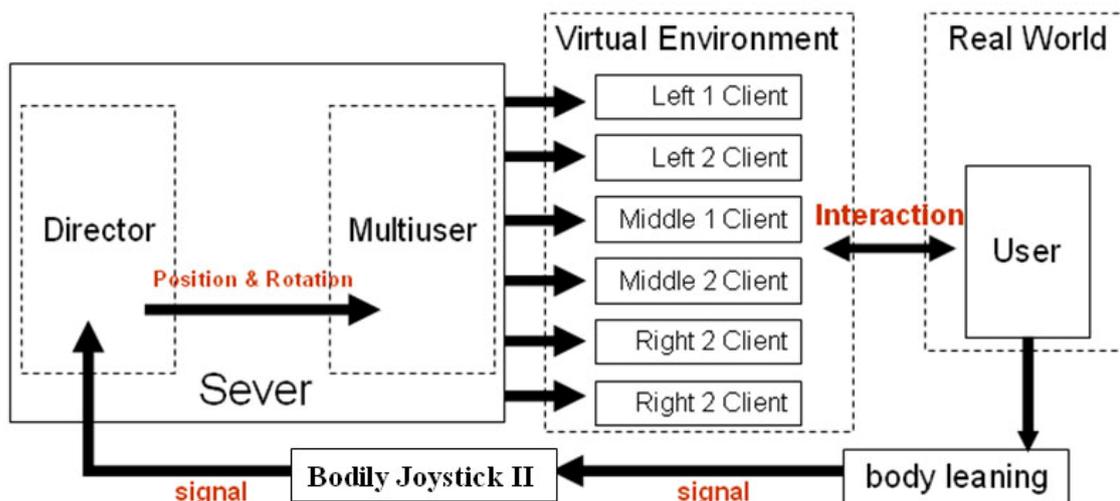


圖 3-18：VR-CAVE 軟體系統架構

3.3.2 設計測試用的場景與控制器的校正

設計一個測試用的場景來比較 Bodily Joystick II 與其他傳統的互動裝置(鍵盤、搖桿)所提供給使用者的存在感。然而，我們的 VR-CAVE 並不能將使用者完全的包覆於其中，所以使用者在 VR-CAVE 裡會體驗各種不同程度的存在感，這種現象是一種典型的『注意力』分離，分離在實際的世界與精神世界裡[Witmer & Singer, 1998]，但也許藉由逼真的經驗以及可以互動的程度能加使用者對於虛擬環境的存在感[Steuer, 1992; Witmer & Singer, 1998]；並且如果這互動能被效率化，則存在感會提高許多[Steuer, 1992]。另外，在 3.2.3 的實驗裡使用者指出：第一人稱視角能提供給使用者的存在感比第三人稱視角來的多[Althoff, et al, 2001]。

因此，在視覺上必須逼真到能夠提供給使用者一定程度的存在感，並且其視角為第一人稱，之後才能比較不同的操控裝置所提供給使用者的存在感。另外，VR CAVE 裡最能讓人感受到立體感的空間大部分為狹隘的空間或通道而不是寬廣的空間。所以我們設計了一個較為逼真的 3D 走廊，為的是要讓使用者在視覺上得到較好的虛擬實境效果，並且使用者在操作時，螢幕上並沒有代理人，是以第一人稱視角來瀏覽虛擬環境。但我們僅是以這個場景為例子而已，並不對場景的內容作任何的延伸。

爲了要製作一個能互動且同步的 VR 場景，我們先在 3D 軟體內將場景製作完後，把 3D 模型輸

出到 Director 8.5 裡編寫互動程式，再從 Director 8.5 裡輸出執行檔，利用 VR-CAVE 來測試(圖 3-19)。然而，當 3D 模型轉至 Director 8.5 時，我們碰到了兩個問題：1. 原先在 3D 軟體內所製造出來的光影效果在 Director 8.5 裡並不支援；2. 模型的面數(Faces)太多，導致互動行為在 Director 8.5 裡的執行效率太低，畫面會延遲(lag)。而這些問題都將直接影響到 VR-CAVE 所呈現出來的效果，因此我們採取了以下的策略：1.利用 3D 即時(real-time)遊戲製作的原理將光影效果重新彩繪變成貼圖(Rendering to Texture)，這樣不僅在 Director 8.5 裡能製造出光影，並且能減少電腦計算的時間，增加畫面的更新率；2.減少不必要的面數，將原本 25240 的面數簡化到 4190。雖然經過這樣的步驟會讓 3D 模型看起來較不那麼細膩(圖 3-20)，但卻可以大大的提升運算的速度。



圖 3-19：VR-CAVE 互動場景製作流程

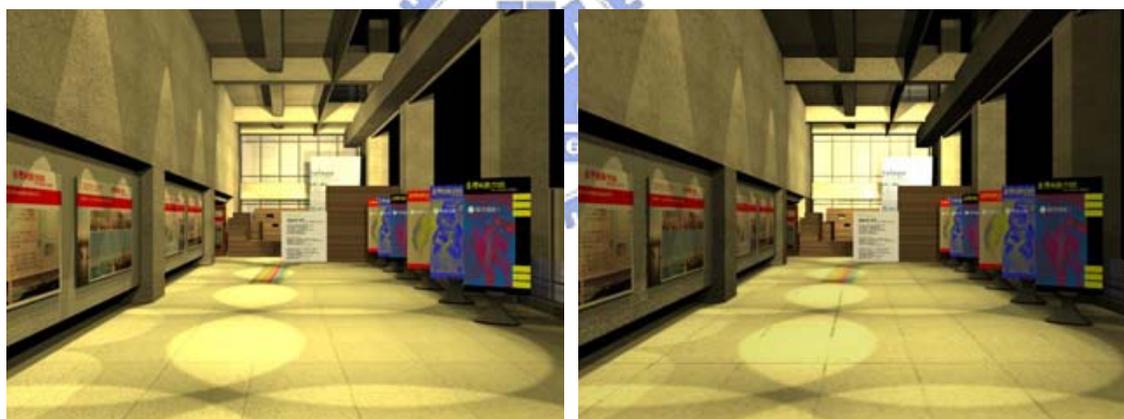


圖 3-20：左圖-真實燈光與模型尚未簡化；燈光較均勻，模型、貼圖材質較細膩；右圖-Rendering to Texture 與模型簡化後；燈光明部與暗部能明顯區分，且較假，模型與貼圖較不細膩。

將 3D 模型轉檔至 Director 8.5 後，接下來便是利用 Director 8.5 裡的 lingo 程式語言與 Multiuser 來撰寫 VR 互動與同步顯示程式。但因 Multiuser 本身設計的出發點是以文字模式的資料傳輸為出發點，並沒有特別針對 3D 內容的傳輸提出解決方案，因此運用在 3D 場景上會造成畫面的 lag 而影響 VR 的效果[Macromedia Inc., 2003；Fan, 2002]，而這樣的原因會減低使用者的存在感[Steuer, 1992]。所以，在這樣的先決條件下，VR 互動程式的最佳化將變的很重要！透過程式的最佳化將減少不必要的訊息傳輸，以達到畫面的流暢性。以下是我們程式的運作過程。

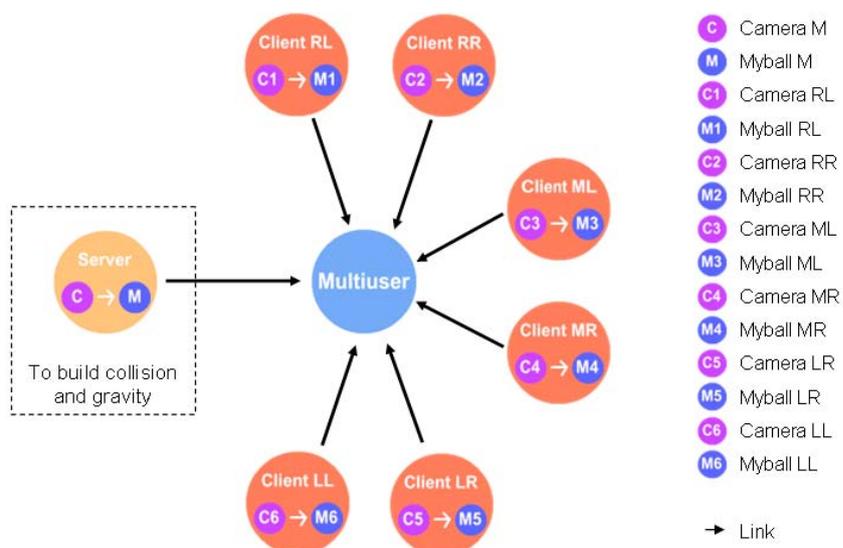


圖 3-21：程式運作流程 A-C

- A. 在 server 端電腦執行 Multiuser，並且將六台 client 端電腦以及 server 端電腦連上 Multiuser。
- B. server 端電腦將場景相機 C 連結到虛擬控制物件 M 並建立場景內的重力及碰撞運算。
- C. 六台 client 端電腦各自將場景相機(c1-c6)連結到各自的虛擬控制物件(M1-M6)。

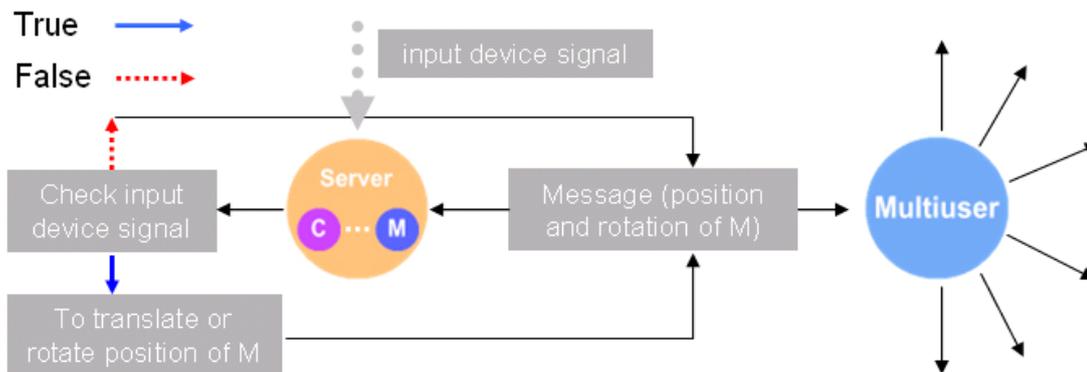


圖 3-22：server 端電腦程式運作流程 D-F

- D. server 端電腦等待 user 指令。若無指令則到步驟 E；若有指令則到步驟 F。
- E. 將 M 的位置與旋轉值打包，透過 Multiuser 向六台 client 端廣播。
- F. M 根據使用者的指令作移動或轉動，再將移動或旋轉後的值，透過 Multiuser 向六台 client 端廣播。

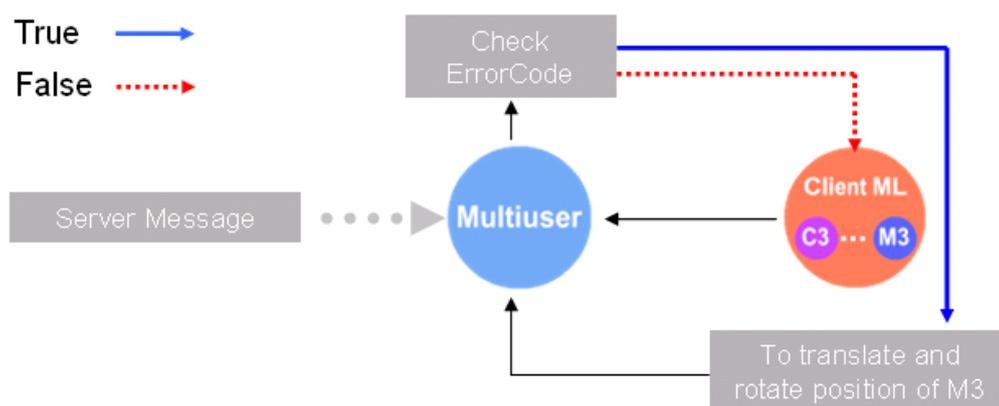


圖 3-23：client 端電腦程式運作流程 G-H

- G. 六台 client 端電腦各自播放畫面並檢查 ErrorCode。若無錯誤則到步驟 H；有錯誤則回到步驟 G，形成一個迴圈。
- H. 六台 client 端電腦根據 server 端傳來的數值改變 M1-M6 的位置及旋轉角度，回到步驟 G，形成一個迴圈。

雖然利用 Director 8.5 與 Multiuser 來開發 VR-CAVE 有其先天上的限制在，但透過 3D 模型精簡化與程式的最佳化後，大大的減少其電腦運算所需要的時間；這樣不僅讓畫面的延遲減至最低，且使互動行為效率化，有助於提高使用者在 VR 環境裡的存在感。

將整個系統製作完之後，我們把 Bodily Joystick II 實際的運用在 VR-CAVE，再依據 Bodily Joystick 所得到的結果與 VR-CAVE 運作的狀況來做調整，讓使用者使用 Bodily Joystick II 時，其身體的傾斜必須稍具某些程度才會有所反應，這樣是為讓使用者有『動』到身體的感覺以增加使用者使用時的存在感。

第四章 檢驗與討論

在這個章節裡主要分為兩個部分：首先，爲了要測試 Bodily Joystick II 是否能增進使用者的存在感，我們找了 12 位不具名的使用者來進行測試，測試完後有一份問卷讓受測者來填寫。之後，我們在根據使用者的問卷來做評估；而第二部分則是依據使用者當時測試的情況或感想來做討論。

4.1 檢驗

在這一部分裡我們爲了要測試 Bodily Joystick II 是否比其他傳統的控制器能增加使用者在 VR CAVE 裡的存在感，因此我們用同一數位模型來測試不同的控制器所帶給使用者的存在感有何差異。然而，或許存在感的現象只是一種『情況的瞭解』或者是『情感』而已，甚至只能告訴我們『有多少』或者是『從未達到』；因此，測量存在感較爲常見的方法便是『主觀』的報告與『客觀』的測量 [Stanney, et al, 1997]。所以，測量控制器所提供給使用者的存在感這部分，我們設計了一份問卷來讓使用者填寫，而測量的方法主要採用的是評分等級法 (rating scale)[Stanney, et al, 1997]：將存在感的等級分爲 0-10 分(0 分是完全沒有存在感，代表這控制器給使用者的感覺只是在操縱一個工具瀏覽虛擬環境而已；10 分則是此控制器提供給使用者強大的存在感，讓使用者在瀏覽虛擬環境時有置身其中的感覺)，分數的決定則是依照使用者主觀的感受來給分；另外，再加上使用者主觀經驗的回報以及我們在旁觀察使用者的使用狀況等兩種方法來輔助我們測量存在感(附錄 A)。

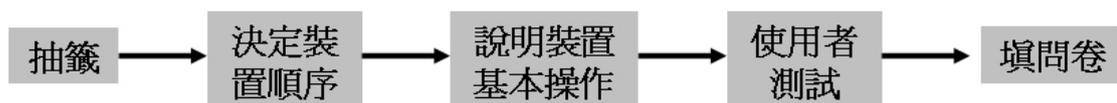


圖 4-1：使用者測試流程圖

因此，我們找了 12 位不具名的受測者參加測試，其測試的流程如下(圖 4-1)；首先，受測者會

先抽籤決定使用控制器的順序，而控制器分別為 Bodily Joystick II(圖 4-2)、鍵盤(圖 4-3)及遊戲用搖桿(圖 4-4)等三種。決定完順序之後，我們會先向受測者說明各控制器的『基本操作』，如：Bodily Joystick II 的控制方法為身體傾斜；遊戲用的搖桿則是轉動搖桿；鍵盤則是按方向鍵。之後，受測者依照抽籤的順序在 VR-CAVE 裡使用控制器來瀏覽虛擬環境，而每一個控制器瀏覽的時間為三分鐘。最後在每一個控制器體驗完後，將會請使用者填一份問卷。



圖 4-2：使用者在 VR-CAVE 裡使用 Bodily Joystick II 瀏覽虛擬環境。



圖 4-3：使用者在 VR-CAVE 裡使用鍵盤瀏覽虛擬環境。



圖 4-4：使用者在 VR-CAVE 裡使用遊戲用搖桿瀏覽虛擬環境。

所有人員測試完並填好問卷後，我們依照使用者所提供的問卷來做評估；而評估的方式則是依照下列的幾個問題來歸類分析：

- A. 受測者的背景是否為建築相關領域？
- B. 受測者是否常玩電腦或電視遊戲？(以一週內是否超過十小時為基準)
- C. 受測者是否觀看過虛擬實境或其他類似系統？
- D. 所有的受測者全部歸納成一類。

分析歸類的結果如下(圖 4-5)：

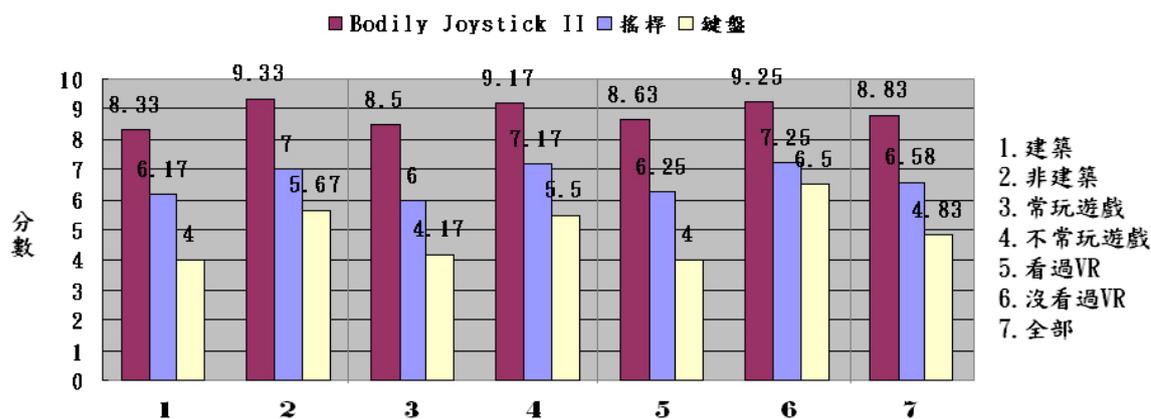


圖 4-5：使用者各項分類之存在感平均分數分佈圖

A. 受測者的背景是否為建築相關領域

我們可以大膽的假設建築相關領域的人員對於『空間』的感受性高於一般人，因此對於 VR-CAVE 所提供的虛擬空間也較容易感受的到。所以當較容易感受虛擬環境的人在視覺上擁有一定的存在感之後，接下來就是比較控制器是否能增強這類使用者的存在感。這部分裡，受測者為建築相關領域的人為 6 人，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 8.33 分；搖桿為 6.17 分；鍵盤為 4 分。因此，在視覺上已經擁有較高存在感的人，使用 Bodily Joystick II 瀏覽虛擬環境時，能比使用搖桿或鍵盤感受到較多的存在感。

而非建築相關領域的人為 6 人，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 9.33 分；搖桿為 7 分；鍵盤為 5.67 分。所以對於虛擬環境空間敏感度較為不高的人在使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時，同樣的也能比搖桿或鍵盤得到較多的存在感。

B. 受測者是否常玩電腦或電視遊戲？(以一週內是否超過十小時為基準)

我們可以說常常玩電腦或電視遊戲的人員對於控制器有較靈活的操作性，因此對於在 VR-CAVE 裡使用互動裝置來瀏覽環境時，較不容易因為操作的問題而影響到存在感。在這部分裡，常玩電腦或電視遊戲的人員共有 6 位，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 8.5 分；搖桿為 6 分；鍵盤為 4.17 分。因此，對於控制器擁有較高操作性的人而言，使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時，亦能得到較高的存在感。而不

常玩電視或電腦遊戲的人員共有 6 人，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 9.17 分；搖桿為 7.17 分；鍵盤為 5.5 分。所以對於控制器較不易上手而容易因操作問題影響存在感的人而言，在使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時，同樣的也能得到較多的存在感。

C. 受測者是否觀看過虛擬實境或其他類似系統？

觀看過虛擬實境或其他類似系統的人相較於沒看過的人會比較容易進入虛擬實際所模擬出來的環境，因此也比較容易在虛擬環境裡感受到存在感。在這部分裡，觀看過虛擬實境的人有 8 位，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 8.63 分；搖桿為 6.25 分；鍵盤為 4 分。所以對於有經驗的人來說，Bodily Joystick II 比其他兩個裝置所提供給使用者的存在感較為強烈。

而沒有虛擬實境或其他類似系統經驗的人員共有 3 人，其中使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 9.25 分；搖桿為 7.25 分；鍵盤為 6.5 分。所以對於無經驗的人而言，在使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時，同樣的也能得到較多的存在感。

D. 所有的受測者全部歸納成一類

最後我們把所有受測者全部歸納成一類來看，使用 Bodily Joystick II 的存在感平均分數為 8.83 分；搖桿為 6.17 分；鍵盤為 4 分。因此我們可以得到一個的結論：在沒有特殊的情況下，使用者在 VR-CAVE 裡使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境能讓感受到較多的存在感，並且高於遊戲用的搖桿與鍵盤。

所以經過以上的分析之後，我們可以瞭解，不論是將受測者分類成為建築類與非建築類、常玩電腦或電視遊戲類與不常玩電腦或電視遊戲類、看過虛擬實境或其他類似系統類與沒看過虛擬實境或其他類似系統類以及把所有受測者全部歸納成一類等，受測者使用 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時都能比其他兩個裝置得到較強烈的存在感。因此我們可以將上述的檢驗結果歸納出一個結論：當使用者在 VR-CAVE 藉由 Bodily Joystick II 來瀏覽虛擬環境時，確實能增加使用者的存在感。

4.2 討論

在這次的使用者測試裡我們得到了許多回應，而根據受測者的回報，大部分的人都認為 Bodily Joystick II 是一種直覺的操控介面，使用時也不會覺得有『操作裝置』的感覺(因為是用『穿衣服』的方式來戴在身上)，很自然、也很容易上手，只需要『動』妳或你的身體就好；並且藉由這樣的方式在 VR-CAVE 裡瀏覽環境時，不但讓使用者很容易意識到自己正在前往什麼方向，而且也讓使用者較容易沈浸在虛擬環境裡。還有些受測者在剛開始使用 Bodily Joystick II 時，是站在原地傾斜身體，使用一陣子之後卻隨著身體的傾斜而不自覺的向前或向兩側走去，等到實驗結束後卻也沒發覺已經離開原地已有幾步的距離；而這樣的動作卻讓他們有『真的』走在虛擬場景內的感覺(根據使用者的回報)。另外，也有許多受測者表示覺得自己像一個超級大搖桿。

也有一些受測者說明了 Bodily Joystick II 因為身體不斷的在『動』，所以感受到的存在感也是最大的：當身體向前傾斜時，畫面也會一直跟著前進，但偶而會因為快要撞到牆壁而嚇得身體往後傾斜或往後小跳一下，這時牆壁也跟著後退了。這種感覺好像是真的因為走在路上眼前突然出現障礙物而不自覺的往後跳或往後跌倒的感覺；偶而受測者身體傾斜的角度會因為連續不斷的操作而不自覺的加大，但這一加大的動作卻會造成使用者的重心不穩而踏出腳步來穩定自己的身體，不過也因為這樣的動作讓使用者的存在感加深。此外，尚有一些受測者表示，藉由身體傾斜來瀏覽環境時會讓他們與某些經驗聯想在一起，如：走路、滑雪、騎車等。但這一經驗會受到虛擬場景內容的不同而有所改變，如：某一受測者認為如果把虛擬場景的內容換成是台北市的中華路，那麼在瀏覽的同時他會感覺到自己是在騎摩托車；但由於虛擬場景為一個展場，所以瀏覽時感覺比較像是一般走在展覽場內的感覺。

另外也有受測者使用 Bodily Joystick II 時會情不自禁的想要一直遊玩(瀏覽)下去，因為真的很有『感覺』！只是場景不夠大，希望能有更多的場景可供遊玩。然而這樣的感覺也是因為完全的沈浸在其中，所以才會有場景不夠的感覺。還有受測者認為，若場景裡頭能有更多的互動行為搭配更多的互動裝置來一起運作的話(如：手碰到虛擬的投影機時，投影機能關閉或打開等)，那將能大大的提高存在感。此外，也有一些受測者指出 Bodily Joystick II 的衣服尺寸是固定的，並不合身，導致使用時會有一些不靈敏的狀況產生。

最後我們根據 Witmer & Singer[1998]所提出影響存在感的重要因素(控制行為)來檢討我們所設

計的 VR-CAVE 系統及 Bodily Joystick II。

- A. 立即的控制：雖然使用者在測試時偶而會有畫面稍微延遲及 VR-CAVE 三個畫面不同步的狀況發生；但根據使用者的回報，他們認為整個呈現的質感算是很不錯的，因為在控制時虛擬場景也幾乎都會立刻反應，所以已經足夠讓使用者產生一定的存在感了。
- B. 預期中的事：使用者身體向前傾斜時，他們心裡預期虛擬場景應該也會向前進，而虛擬場景也確實能立即向前進；當使用者在虛擬環境裡走向牆壁時，他們心裡覺得應該會撞到牆壁而無法前進，但實際上也是會撞到牆壁而無法前進。因此，由這一因素來看我們的系統時也是能提供使用者一部份的存在感。
- C. 控制的模式：由於 Bodily Joystick II 是利用身體傾斜來控制瀏覽虛擬環境，使用者不需要經過長時間的學習便能很輕易的上手，並且很自然也容易讓使用者瞭解該如何使用；因此就此因素而言也是能很容易的提供使用者存在感。
- D. 物理環境的可變性：就這一因素而言，我們只做到讓使用者跟虛擬環境有物理性的碰撞(collision)而已，並沒有其他太多真實的物理現象能力，如：碰到桌子會撞開、燈光能開關等。因此僅能提高使用者一部份的存在感而已。

因此，就上述等控制行為的因素來看，我們所設計的 VR-CAVE 系統及 Bodily Joystick II 都能滿足各因素的基本需求；雖然『物理環境的可變性』因素我們僅做到一部份，但就整體的呈現而言卻不影響我們所提供給使用者的存在感。

第五章 結論與後續研究

在這部分裡，我們將本研究所探討的重點與目的作一個結論，最後分別描述本研究的限制與未來相關研究的可能性。

5.1 結論

在本研究裡，我們藉由探討存在感與虛擬實境的關係，瞭解到在虛擬實境中有許多可以增加使用者存在感的方法；然而，最直接的方法則是讓使用者與虛擬環境發生容易、自然、且直接的互動行為時，將會提高使用者的存在感[Stanney, et al, 1997; Witmer & Singer, 1998]。所以，本研究主要的目的是希望開發 VR-CAVE 的互動環境，並且此互動主要是以身體使用者介面來做互動，藉以增加使用者在 VR-CAVE 裡的存在感[Schubert & Friedmann, 1998; Strömberg, Vääänen, Rätty, 2002; Mokka, 2003]，好讓空間內容不再只是侷限於固定路徑的 VR 動畫，而是進一步的讓使用者能在虛擬環境裡自由瀏覽，讓空間內容能被完整的表達出來。因此，在本研究裡我們展示了：1.一個身體使用者介面的原型-Bodily Joystick II，讓使用者可以藉由身體的傾斜來瀏覽虛擬環境；2.並且，使用者在 VR-CAVE 裡藉由此控制器來瀏覽虛擬環境時，確實能比其他傳統裝置如鍵盤、搖桿等增加使用者的存在感。

本研究的貢獻不僅提供一個使用者能很容易甚至是不需要努力學習控制就可以輕易的在 VR-CAVE 裡進行瀏覽，而且在進行瀏覽的同時能與實際走路的經驗直接地連結在一起，並且提供更多的存在感給使用者；而存在感的增加能讓使用者更融入虛擬環境內，讓空間內容更被闡釋出來，特別是對於非建築專業領域的使用者。另外，本研究也展示了一種與以往較為不同的互動方式，藉由這種方式讓人類與虛擬環境間，多了一種互動的可能性；並且以這樣的方式讓使用者除了視覺之外，更多了身體的知覺感知來感受虛擬環境，進而產生更真實的感覺。而 Bodily Joystick II 的互動操控概念還可以應用到與多方面，如：遊戲的控制、虛擬博物館、展覽館的導覽等，雖然目前功能尚不齊全，但卻可以為這些領域帶來不同的操控方式與瀏覽經驗；還有健身、醫療復健等方面，藉由身體的運動與虛擬環境的結合，讓健身運動與醫療復健不再只是單純且無聊的『運動』與『復健』而已；若結合適當的內容，更可以讓使用者來一趟

虛擬旅行，如：虛擬費城等，讓使用者有真的『走』在該城市『旅行』的感覺。

附帶一題的是，藉由本研究所開發的 VR-CAVE 虛擬互動環境的程式，讓之後想要開發類似系統且非程式背景的設計者也能輕易的在 VR-CAVE 上製作即時互動的環境。

5.2 研究限制

在 VR-CAVE 上開發即時互動的環境是不容易的，大部分需經過程式設計的訓練或者是有程式能力的工作團隊才能開發出一套完整的系統；因此本研究在這樣的先決條件下，選擇了較為容易且不需要花費太多金錢與努力的方式下來進行。然而，在這樣的前提下，我們還是遇到了許多問題：

- A. Director Shockwave 3D 本身軟體上的限制，導致我們在設計 3D 場景模型的面數並不能太多，場景不能太大，且貼圖的圖案(pixel)也不能太大，否則將會嚴重的影響到 VR-CAVE 的呈現，致使畫面會有 lag 的現象產生而影響到使用者的存在感；因此並不能設計太大的虛擬場景供使用者瀏覽。
- B. 在 VR-CAVE 上用來製作同步顯示功能的伺服器 Multiuser 本身設計的出發點是以文字模式的資料傳輸為出發點，並沒有特別針對 3D 內容的傳輸提出解決方案，因此運用在 3D 場景上會造成畫面的 lag 而影響 VR 的效果；雖然我們透過程式的最佳化後得到了算是不錯的效果，但在某些時刻畫面還是會出現約 1 秒的 lag。
- C. Bodily Joystick II 的衣服是固定尺寸，有些使用者穿在身上時會因為衣服太大的原因，導致背後的控制盒無法固定到『正確』的位置，因此使用上會遇到些問題。因為所有的控制是依靠衣服背後的控制盒來運作的，而控制盒的『正確』位置是依照設計者的體型來設計的，因此當使用者的體型與設計者差太多時將會導致控制盒會有不靈敏的狀況發生而減低使用者的存在感。
- D. Bodily Joystick II 目前只能讓使用者在固定速度下進行瀏覽，並沒有辦法依照使用者身體傾斜的角度來改變瀏覽的速度。雖然曾經想要利用『壓力墊』來偵測使用者重心的不同而讓瀏覽的速度有所改變，但在 3.2 時我們發現，藉由『壓力墊』的互動行為會讓使用者有『使用裝置』的感覺，且不直覺，並且使用者到最後只會有踩、踏等動作，

而此一動作並不是我們所期望使用者擁有的，因此最後還是選擇先捨棄這一部份的功能來完成此研究。

- E. Bodily Joystick II 背後與 server 端連結的傳輸線是爲了確保訊號能準確的傳輸，雖然大部分的使用者都認爲不會影響到實際上的操作，但還是建議若能改爲無線傳輸的模式將更能增進使用者的存在感。
- F. Bodily Joystick II 的設計是針對一般使用者，並沒有針對特殊的使用者來做設計。如：殘障人士可能會因爲行動不便而無法操控此裝置；或許『舒服的控制方法』對他們來說才是最重要的。
- G. 目前我們所開發的控制器僅能讓單一使用者使用，這樣一來反而讓 VR-CAVE 失去了原本可以多人使用的特點。
- H. 根據使用者的問卷，有些使用者認爲左傾與右傾的兩個動作與左轉與右轉較難連結在一起，應該將互動行爲改爲『轉頭』的形式；然而轉頭的互動行爲較難開發，因此我們才會決定以左傾與右傾來取代，但也因此較不直覺。



5.3 後續研究

由於本研究一開始就有許多限制在，然而，這些限制或許在未來的幾年都能輕易的被解決。因此本研究的未來發展建議有以下的幾個方向可繼續發展下去：

A. 增加更多的虛擬場景

許多的受測者都表示場景不夠大，期望能有更大或更多的場景可供瀏覽；而就建築領域的應用而言，若單單只有一個小場景的瀏覽是不足以讓設計師來做展示的。所以建議在 VR-CAVE 的內容上能加入更多的場景。雖然 Director Shockwave 3D 本身軟體上有其限制，而內建 3D 模型與貼圖的自動精細程度(Level of Detail)是不夠足以應付太多的面數與圖素，因此，可以利用遊戲製作的方式，將一個大場景細分爲數塊，等到使用者走到該區塊時再將該區塊的模型載入，而原來區塊的模型就關閉；藉由這種方式或許可以讓原本只能製作一小塊的場景變成一個大的場景或多個虛擬場景。

B. 增加更多的互動裝置與互動行爲

目前 Bodily Joystick II 在 VR-CAVE 裡的互動行爲僅能讓使用者前進、後退、左轉、右

轉，然而，僅只有這樣的動作是不足以完成一個瀏覽空間的行為。因此建議能加入更多且直覺的互動裝置與互動行為來增強使用者在 VR-CAVE 裡的存在感。如：抬頭時，可以看到虛擬場景的天花板；低頭時能注視著地面；甚至是一些簡單的觸碰開關等，讓使用者宛如真的置身在實際的場景裡。

C. 讓瀏覽的速度可依照使用者的傾斜程度來加速或減速

Bodily Joystick II 目前只能讓使用者在固定速度下進行瀏覽，乃是受到現有裝置的侷限而產生的結果；因此，建議能再尋覓其他替代裝置，製作出能依照使用者身體傾斜的角度來改變瀏覽速度的控制器。

D. Bodily Joystick II 的功能改善

目前 Bodily Joystick II 仍有許多先天上的限制，雖不至於影響使用者使用上的問題，但建議，若能改善這些缺點，將能讓使用者感受到更多的存在感。如：將有線的裝置改成無線的裝置；讓 Bodily Joystick II 的控制盒能隨著使用者的體型改變到適合該使用者重心的位置。

E. 與其他 VR 系統結合並比較

由於目前我們僅有一種類型的 VR 系統，因此沒辦法讓我們所設計的控制器與其他類似系統如:HMD 等結合來比較；所以建議未來可以結合其他系統來比較 Bodily Joystick II 所帶給不同系統的存在感有何不同。

References

- Althoff, F., McGlaun, G., Schuller, B., Morguet, P., Lang, M.: 2001, Using Multimodal Interaction to Navigate in Arbitrary, Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces.
- Asai, K., Osawa, N., Sugimoto, Y., Tanaka, Y.: 2002, Viewpoint motion control by body position in immersive projection display, Proceedings of the 2002 ACM symposium on Applied computing, Madrid, Spain, SESSION: Virtual reality, digital media, and computer games, 1074 – 1079.
- Deisingera, J., Cruz-Neirab, C., Riedela, O., Symanzick, J.: 1997, The Effect of Different Viewing Devices for the Sense of Presence and Immersion in Virtual Environments: A Comparison of Stereoprojections Based on Monitors, HMDs, and Screen, http://www.math.usu.edu/~symanzik/papers/1997_HCI_Int.html
- EA SQUARE: 2003, Lord of the Rings: Return of the King, <http://pc.ign.com/objects/546/546201.html>
- Ellis, S. R. (1996). Presence of mind: A reaction to Sheridan's musings on telepresence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(2), 247-259.
- Fan, Y. C.: 2002, A modular development of virtual reality CAVE software. National Chiao Tung University in partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master In Architecture
- Ghost in the Cave: an interactive collaborative game using non-verbal communication. <http://www.nada.kth.se/~rinman/ghost.pdf>
- Headon, R., Curwen, R.: 2002, Movement Awareness for Ubiquitous Game Control, Personal and Ubiquitous Computing, Volume 6, Issue 5-6, 407 – 415.
- Heilemann J.: 2001, Reinventing the Wheel. TIME Online Edition. <http://www.time.com/time/business/article/0,8599,186660-1,00.html>
- Hodges, L.F., Kooper, R.: 1994, Presence as the Defining Factor in a VR Application, Georgia Institute of Technology. <http://smartech.gatech.edu:8282/dspace/handle/1853/3584>
- In2Games: 2004, Gametrak: Dark wind. <http://www.in2games.uk.com/testsite/index.php>
- Insko, B. E. 2003, Measuring Presence: Subjective, Behavioral and Physiological Methods, in G. Riva, F. Davide, W.A IJsselsteijn(eds), Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments, Ios Press, Amsterdam, pp. 109-119.
- ISPR (International Society for Presence Research): 2005, The Concept of Presence: Explication

- Statement, <http://www.temple.edu/ispr/conference/>
- Kamen, D.: 2001, Segway. <http://www.segway.com>
- Konami: 1998, Dance Dance Revolution Gateway. <http://www.konami.co.jp/am/ddr/>
- Konami: 2000, ParaPara Paradise. <http://www.konami.co.jp/am/para/>
- Kjölberg, J.: Designing full body movement interaction using modern dance as a starting point, Proceedings of the 2004 conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, Cambridge, MA, USA, POSTER SESSION: Interactive posters, Pages: 353 - 356.
- Leikas, J., Väättänen, A., & Rätty, V-P.: 2000, Virtual space computer games with a floor sensor control: human centred approach in the design process. Workshop on Haptic Human-Computer Interaction 31 August-1 September 2000. (Glasgow, September 2000), University of Glasgow, 119-122.
- Lombard, M. & Ditton, T. B.: 1997, At the Heart of It All: The Concept of Presence. Journal of Computer-Mediated Communication, 3 (2). <http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue2/lombard.html>
- Lsdaily.com Inc: 2005. <http://www.lsnews.com.cn/2005-01-05/ca98047.htm>
- Macromedia, Inc.: 2003, <http://www.macromedia.com/software/director/>
- Maryland Science Center: Morphis ESP Motion Simulator. <http://www.mdsci.org/shows/morphis/index.cfm>
- McKinnon L., D. and North M., M.: 2004, A Comparative Study of Presence in Virtual Reality vs. Presence in the Real World. Proceedings of the 42nd annual Southeast regional conference.
- Mokka, S., Väättänen, A., Heinilä, J., Välikkynen, P.: 2003, Fitness computer game with a bodily user interface, Proceedings of the second international conference on Entertainment computing.
- Pausch, R., Snoddy, J., Taylor, R., Watson, S., and Haseltine E.: 1996, Disney's Aladdin: First Steps Toward Storytelling in Virtual Reality, in Proceedings of SIGGRAPH 96 (New Orleans, LA, August 1996). In Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1996, ACM SIGGRAPH, 193 – 203.
- Regenbrecht H., Schubert, T.: 1997, Measuring presence in virtual environments, conference paper for hci international '97, August 1997, San Francisco/CA, USA <http://www.uni-weimar.de/architektur/InfAR/forschung/acrophobia/hci97.doc>

- Regenbrecht H., Schubert T., Friedmann F.: 1998, Measuring the Sense of Presence and its Relations to Fear of Heights in Virtual Environments. *International Journal of Human-Computer Interaction*; 10:233-249
- Schloerb, D. W. (1995). A quantitative measure of telepresence. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 4(1), 64-80.
- Schubert, T., Friedmann, F.: 1998, Embodied Presence in Virtual Environments. <http://www.personal.uni-jena.de/~sth/papers/vri98.pdf>
- Schubert, T., Friedmann, F., Regenbrecht, H.:1999, Decomposing the Sense of Presence: Factor Analytic Insights. <http://www.personal.uni-jena.de/~sth/vr/insights.html>
- Schuemie, M. J.: 1999, Presence: Interacting in VR? *Proceedings Twente Workshop on Language Technology 15, TWLT 15, ISSN 0929-0672*, pp. 213-217.
- Schuemie, M. J.: 2003, *Human-Computer Interaction and Presence in Virtual Reality Exposure Therapy*, Ph.D dissertation, Delft University of Technology.
- Shneiderman, B., Plaisant, C.: 2005, *Designing the User Interface: strategies for effective human-computer interaction*, ISBN 986-154-059-8.
- Singapore Safety Driving Centre: 2002, *Honda Riding Simulator*. http://www.ssdcl.com.sg/simulator/honda_motorcycle.asp
- Slater, M., Usoh, M., and Steed, A.: 1995. Taking steps: The influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Trans. Comput. Hum. Interact.* 2, 3 (Sept.), 201-219.
- Sony Company Environment Japan: 2004, *Eye Toy: play*. <http://www.playstation.jp/scej/title/eyetoy/>
- Stanney, K., Salvendy G, Deisinger, J., Mon-Williams, M., DiZio, P., Newman, D., Ellis, S., Piantanida, T., Ellison, J., Reeves, L., Fogleman, G., Riedel, O., Gallimore, J., Singer, M., Hettinger, L., Stoffregen, T., Kennedy, R., Wann, J., Lackner, J., Welch, R., Lawson, B., Wilson, J., Maida, J., Witmer, B., Mead, A.: 1997, Aftereffects and Sense of Presence in Virtual Environments: Formulation of a Research and Development Agenda1. http://peer1.nasaprs.com/peer_review/prog/afteraffects.pdf
- Steuer JS. : 1992, Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*; 42:73-93
- Strömberg, H., Väättänen, A., Rätty, V.: 2002, A group game played in interactive virtual space, *Proceedings of the conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods*,

and techniques.

The KidsRoom: <http://vismod.www.media.mit.edu/vismod/demos/kidsroom/>

Virtual Space - User Interfaces of the Future. <http://www.vtt.fi/tte/projects/lumetila/>

Witmer, B.G., & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 7, 225 - 240.

Wu Y.L., 2004: The Interaction of 3D Mark in the VR CAVE, National Chiao Tung University in partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master In Architecture.

飛行訓練指揮部模訓組: 民 82, AT-3 模擬機. <http://www.cafa.edu.tw/aircrt/sim003.html>

滑雪天下: 2003. <http://www.ski.com.tw/>



附錄 A：受測者問卷

您的性別： <input type="checkbox"/> Male <input type="checkbox"/> Female	您的年齡：_____ 歲
您的教育程度： <input type="checkbox"/> 研究所（含以上） <input type="checkbox"/> 大學 <input type="checkbox"/> 大學以下	
您是否玩（電腦/電視）遊戲： <input type="checkbox"/> 常玩（一週十小時以上） <input type="checkbox"/> 不常玩（一週十小時以下或不玩）	
您的領域是否為建築相關科系（如建築、室內、空設、景觀等）： <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	
您是否觀看過虛擬實境（VR-CAVE）或其他類似系統： <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	

關於存在感：

此處的『存在感』是指：『你』雖然身在我們的實驗場地裡，但『你』卻感覺自己好像真的在『螢幕裡我們所設計的場景裡』走動、觀賞。

而『存在感強烈』的意思是指：當你使用『某個裝置』時能讓你有很強烈的身在『螢幕裡我們所設計之場景』的感覺，那麼，這個裝置提供『你』有強烈的『存在感』。所以你可以給這個裝置的分數是 10 分；反之你可以給 0 分。

以下列表請按照您實際使用的裝置順序填入

您使用的第一個裝置是： Bodily Joystick II 鍵盤 搖桿

存在感：____ 分（0 分是指沒有存在感；10 分是指存在感非常強烈）

您使用的第二個裝置是： Bodily Joystick II 鍵盤 搖桿

存在感：____ 分（0 分是指沒有存在感；10 分是指存在感非常強烈）

您使用的第三個裝置是： Bodily Joystick II 鍵盤 搖桿

存在感：____ 分（0 分是指沒有存在感；10 分是指存在感非常強烈）

Note：

以上感謝您參與本實驗

附錄 B：受測者問卷整理

受測者 A

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	10	8	7
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 使用 Bodily Joystick II 感覺是一種很直覺的控制方式，只需要身體傾斜就可控制了：身體屈膝前傾時便可以前進，轉動肩和背時能轉彎。 ● 不同於一般在 VR 中的瀏覽經驗，藉由一個直覺式的互動界面提供參與者直覺式的刺激與回饋。 ● 當我身體傾斜時，畫面會一直前進，但偶而會因為快要撞到牆壁而嚇得身體往後傾斜或往後小跳一下，這時牆壁也跟著後退了。這種感覺好像是真的因為走在路上眼前突然出現障礙物而不自覺的往後跳或往後跌倒的感覺。使用這個裝置讓我有很真實的感覺！ ● 偶而真的會情不自禁往前走（當我身體向前傾斜時），會讓人真的想要『走』在裡頭。 ● 不太需要花大腦去控制，因為很容易知道我正在往那個方向前進。 ● 另外，使用這個裝置雖然在一開始就會讓人覺得有沈浸感，但玩的稍微比較久一點時讓我更有感覺整個人完全沈浸在裡面，而且想要一直遊玩下去。 ● 還有，使用這個裝置時整個人站在更靠螢幕時會更有感覺。 ● 受測者在使用時會移動雙腳向四方稍微走動。 			

受測者 B

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	否		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	10	7	5
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 並沒有穿戴裝置的感覺，好像只是多穿了一件衣服。 ● 在存在感上比起其他兩項裝置能提供更多，有走在裡頭的感覺。 ● 控制起來直接，要前進就身體向前，要又轉就身體向右，感覺很像騎摩托車。 ● 裝置本身的創意很棒，但希望能有更多的場景及互動裝置。 ● 受測者很規矩的站在原地操作。 			

受測者 C

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	6	5
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 當身體不斷的傾斜移動時，所感受到的存在感是最大的。 ● 因為自己有在『動』，所以好像是真的在場景裡面：要前進也必須要動身體，要轉彎也必須要動身體，跟真的參觀的經驗很相似。 ● 不必費心該如何操控裝置(應該是說根本不會分神去操控裝置)，因為根本就不會感覺有裝置拿在手上或者是需要去操控，而所要做的是就是『動』身體。 ● 有時感覺好像會撞牆，所以身體會不自覺的閃一下，而閃的同時牆面也會自己移走，所以就不會撞倒牆壁了；很有趣的感覺。 ● 感覺很像滑雪。 ● 受測者做完實驗後已經離開原地好幾步了，並且在一邊做實驗時一邊在 VR-CAVE 裡走動。 			

受測者 D

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	8	6	5
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 非常有趣的瀏覽經驗，用『穿』的方式讓人感覺不到有裝置的感覺，但是後面的線還是會讓人有不安心的感覺。 ● 操作起來很簡單也很容易。 ● 會情不自禁的想要遊玩(瀏覽)下去，因為真的很有『感覺』！只是場景太小了！，應該要做多一點場景。 ● 使用時會聯想到走路的經驗，與感覺像是在滑雪，但因為場景的關係所以比較像是在走路。 ● 期望多點互動設計在場景裡面，如：開門等。還有，若能控制前進或轉彎的速度則會更好一些。 ● 受測者在實驗時偶而會因為重心不穩而踏出腳步來穩定自己的身體。 			

受測者 E

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	8	8	5
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 身體傾斜時偶而會影響觀看 VR-CAVE 的視角。 ● 側傾轉彎的動作跟平常轉頭的肢體動作較無法關連。 ● 受測者在實驗時只是站在原地操作。 			

受測者 F

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	8	6	4
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 感覺很有趣，覺得自己像是一支大搖桿，操作起來很直接。 ● 雖然背後的線並不會影響到整體裝置操作，但是若能是無線的裝置，則更能隨心所欲的在 VR-CAVE 裡移動，這樣更能增加存在感(至少不用擔心裝置背後的那條線而可以隨便亂扭一通的來瀏覽環境)。 ● 真的很好玩，很像是在玩電玩，身體無論怎樣動都會有反應，只是偶而傾斜的角度會不自覺的加大，但這卻讓我有更深的存在感產生。 ● 場景再多些會更好。 ● 感覺有真的『走』在場景裡頭，因為身體不斷的在『動』。 ● 使用時動作會讓人聯想到走路的感覺，但如果場景換成是台北市的中華路，感覺就像是在其摩托車，所以會聯想到很多動作，但會因為什麼樣的場景而聯想到什麼樣的動作。 ● 受測者在實驗時身體不斷的亂扭，而不是規規矩矩的站在原地，並且在 VR-CAVE 裡忽往前走、忽往後走，等到實驗結束時已經離開原地好幾步了。 			

受測者 G

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	否		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	7	7
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 一開始使用時並不知道怎樣操作，但經過稍微的講解之後便很容易意會操作方式，是一種很簡單且直覺的操作方法。 ● 在使用，腳還會不自覺的往前踏或往左右踏，有點東倒西歪的感覺，但這樣子的操作卻讓我覺得很有趣，甚至還一度差點撞到投影螢幕，原來我已經離開原地走了好幾步了。 ● 用這個裝置讓我覺得比用其他的兩個裝置還好玩，感覺也比較像有真的在場景裡頭。 ● 但是衣服太大了，所以操作起來好像有點怪怪的，要一直抓著衣服。 ● 眼睛看久了還挺不舒服的，頭暈。 ● 會有走路的感覺。 ● 受測者一開始時是站在原地操作，但操作一下子之後開始向所傾斜的方向跨步走去。 			

受測者 H

是否常玩（電腦/電視）遊戲	常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	8	3	1
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 使用 Bodily Joystick II 覺得很有趣！是一種很特殊的控制方式，覺得自己很像一支超級大搖桿！並且不需長時間的學習，只需要稍微講解一下就知道該如何操作了，並且操作起來很容易。 ● 剛開始玩的時候還呆呆站在原地，玩一下子之後才發覺隨著身體的傾斜我也會自然的往那個方向踏出腳步，等到我發覺時我已經離開原位了，走了兩三步之遠，並且移動起來不受任何限制，而這樣的感覺讓我好像真的走在虛擬環境裡。 ● 操作起來的感覺很像在走路。 ● 整體使用起來感覺只是像多穿了一件衣服，並沒有特別感覺到裝置的存在。 ● 受測者剛開始時還不太會控制，但稍微熟悉一下之後就變的非常熟練；也從一開始站在原地變成在 VR-CAVE 內會小範圍的移動。 			

受測者 I

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	7	3
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 一種直覺式的操作介面讓我完全不覺得有在操作任何裝置的感覺，很自然的就可以用身體的傾斜來瀏覽環境，並且藉由這樣子的方式讓我整個人能完全沈浸在裡頭；重點是利用這樣的方式操作讓我覺得很好玩，並且玩不膩。 ● 場景太少，希望能有更多一點的場景可供遊玩，並且加入更多的互動則會引人入勝。 ● 感覺很像在場景內走路，並且會與實際的走路經驗連結在一起。 ● 受測者會在 VR-CAVE 裡會跨步小範圍移動。 			

受測者 J

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	否		
否觀看過虛擬實境	否		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	7	7
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 場景做的很棒！使用身體操作真實感很強烈。 ● 衣服不太合適，若能改成其他方式則會更好。 ● 操作的時候感覺很有趣。 ● 受測者測驗時只是站在原地操作而已。 			

受測者 K

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	是		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	6	2
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 期待裝置能出現更多互動的機制，也期待場景裡有更多互動的事件。 ● 好想真的在裡面走路喔，腳會不自覺的就動了起來。 ● 會聯想起真實走路的經驗。 ● 受測者在實驗時會隨著身體傾斜時在 VR-CAVE 裡移動。 			

受測者 L

是否常玩（電腦/電視）遊戲	不常玩		
領域是否為建築相關科系	是		
否觀看過虛擬實境	否		
裝置名稱	Bodily Joystick II	搖桿	鍵盤
存在感分數	9	6	2
<p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 裝置的靈敏度可以在更加的提高一些。 ● 期待場景裡面出現一些互動事件。 ● 受測者在實驗時會在 VR-CAVE 裡移動，偶而一邊身體傾斜一邊跨步前進，偶而只是移動腳步而已。 			

