

具有空間感的網路介面
Spatial Interface in Internet

研究生：劉育錄

Student：Yu-Lu Liu

指導教授：劉育東

Advisor：Yu-Tung Liu

國立交通大學
建築研究所
碩士論文



Submitted to Graduate Institute of Architecture
College of Humanities and Social Sciences
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Architecture

July 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年七月

摘要

網路透過網頁作為與瀏覽者間的介面，當網路的發展提供了空間的認知，成為了網路空間，且有許多真實空間的活動也在其中發生，網頁提供的空間感受仍然是透過平面媒材呈現。當更多的媒材發展，而有了更佳的空间感受傳遞的能力，網路也隨之轉變而可以使用更有能力的空間媒材。

實驗透過建置或模擬三種網路傳遞空間感受的介面：現有網頁介面、網路 3D 互動介面、虛擬實境介面，自澳底 NEXT-GENE 建築計畫選擇三個設計案，作為網路空間內容。邀請受測者實際操作體驗三種具有空間感受的網路介面，透過問卷瞭解不同介面提供的空間表達能力，以及在傳遞空間時不同媒材的比較。

本研究基於問卷結果，瞭解新的空間介面透過網路傳遞空間感受的可能性，並且對於不同媒材的能力也有更多的瞭解。網路空間與瀏覽者的介面隨著媒材的不同，透過網路傳遞的空間感受可以不只僅是認知空間，而是可以成為具有接近真實空間感受的瀏覽經驗。當網路媒材成為具有空間感受的介面，網路所傳遞的內容以及在其中發生的活動將更接近真實空間，也將發展出新的互動內容與模式。

關鍵字：網路空間、虛擬實境

Abstract

Web pages are interface between internet and users. By introducing the new development of spatial cognition, internet becomes cyberspace. Activities happen in both physical space and cyberspace, but the demonstrations still stay in traditional way. With the rapid growing of multimedia techniques, the spatial sense of newly multimedia becomes better. Internet gradually comes into a spatial media.

In this paper, we build three interfaces to simulate the spatial sensitivity of internet: traditional web pages, 3D interaction interface and virtual reality interface. We choose three building design from Aodi NEXT-GENE project as the experiment material. The comparison of these interfaces are done by asking six different users with different background to fill the questionnaire.

Based on the results of questionnaire we can find out the possibility to demonstrate the spatial sensitivity on internet, and to understand the spatial ability of these new interfaces. With the new interfaces between cyberspace and users, the space in internet could be not only a cognitive space in mind but also be a real spatial experiment like the experiment in physical space. While the interface of internet become more and more spatial, the experience of surfing on internet will more and more close to physical space, the content and activities on internet would be no difference between internet and physical space, and there will be more and more new models and contents of new interactivities in the future.

Keywords : cyberspace 、 virtual-reality

謝誌

本篇論文的完成有最多的感謝要給指導論文的劉育東老師，在我就讀建築研究所的期間，不只是學業上的指導，也在思想上給予了許多的引導。感謝侯君昊老師在課程上面的指導以及許多新知識的啟發。感謝林楚卿老師對於論文的建議，以及在研究所期間以學姐身分給予的許多寶貴意見。也感謝受測者的參與實驗。

在新竹的研究生生活，感謝有了許多好朋友、同學及學長姐在我需要的時候給予支持及鼓勵。我的父母及家人的支持，也是我一直以來最大的動力，在這過長的論文撰寫時間，仍舊不斷的作最堅強的後援，要向你們致上最深的謝意。



目錄

第一章 緒論	
1.1 研究背景	1
1.2 研究問題與目的	2
1.3 研究方法與步驟	3
第二章 媒材回顧	
2.1 網路空間的特性	5
2.2 存在網路空間中的活動	6
2.3 網路空間與使用者的介面	8
2.4 人對於空間的認知感	10
2.5 虛擬實境設備提供的空間感受	12
第三章 實驗與分析	
3.1 透過網路的空間表現方式	15
3.2 實驗介面建置	19
3.3 實驗	32
3.4 實驗結果分析討論	44
第四章 結論	
4.1 結論	47
4.2 研究限制	47
4.3 研究貢獻	48
4.4 未來研究	48
參考文獻	
附錄：實驗用問卷	

圖目錄

圖 2-1, 兩種溝通媒介的模式(Krueger, 1991)	8
圖 2-2, 影響存在感的變因系統(Steuer, 1995)	12
圖 2-3, 雙眼的立體視覺(Lipton, 1982)	13
圖3-1, 羅浮宮博物館虛擬導覽網頁	16
圖 3-2, 永慶房仲網影音宅速配網頁	16
圖 3-3, COUNTER STRIKE 場景	17
圖 3-4, SECOND LIFE 場景	18
圖 3-5, 透過 VR CAVE 呈現街景	19
圖 3-6, 本實驗所使用之 VR 硬體設備架構	21
圖 3-7, QUICK TIME VR 環景圖示意	22
圖 3-8, 網頁介面首頁(home page)-AleppoZONE 設計案	23
圖 3-9, 網頁架構圖-AleppoZONE 設計案	24
圖 3-10, 模擬動畫畫面	26
圖 3-11, AleppoZONE 設計案動畫路徑	26
圖 3-12, MVRDV 事務所設計案動畫路徑	27
圖 3-13, 簡學義建築師設計案動畫路徑	27
圖 3-14, 動畫分鏡-AleppoZONE 設計案	28
圖 3-15, 3D 軟體中攝影機設定與視覺對應	29
圖 3-16, VR 雙眼視覺示意	30
圖 3-17, VR CAVE 環境示意	30
圖 3-18, 三面螢幕分鏡 AleppoZONE 設計案(001-270 影格)	31
圖 3-19, 3D 軟體中攝影機位置關係	32
圖 3-20, 受測者在 VR CAVE 中接受實驗	34
圖 3-21, 空間指標性問題問券結果	38
圖 3-22, 設計風格與媒材適用	41
圖 3-23, 適用性與操作性指標問卷結果性問卷結果	43

表目錄

表 3-1, 空間能力向度分析表	35
表 3-2, 空間指標結果與受測者背景差異結果	41
表 3-3, 設計風格結果與受測者背景差異結果	42
表 3-4, 適用性與操作性結果與受測者背景差異結果	43



第一章 緒論

1.1 研究背景

網際網路從 80 年代開始發展，至今發展二十多年，從早期發展以作為戰時連絡管道的目的，到今日已經成為全球資訊主要流通管道。由於全世界的使用者都可以接觸且透過網際網路連結的特性，在其上發展出許多活動，有許多是網際網路獨有的，也有許多是由已知的真實空間所轉移。在網際網路上瀏覽，透過連結所產生的漫遊，以及與其他使用者互動等等的活動，產生了類似空間的特性，存在於網際網路的內容也逐漸被稱為網路空間。網路空間被視為另一個並存於真實空間的空間，已經成為生活的重要部分(Negroponte, 1994; Mitchell, 1996)。Bertol(1997)指出網路空間是「一個無界線的人工世界，人在其中是被以資訊為基礎的空間導引」，在實體空間中的許多行為，已同時存在或轉移至網路空間之中發生。

在傳統建築理論中空間是人利用實體物件所定義有限的虛空(Zevi, 1985)，人類對空間的概念來自於認知架構的建立(Harvey, 1989)，”我們從寫作、繪製地圖、圖形、圖表、照片、製作模型、藝術繪畫、數學符號的運算等等之中，以思考與概念化的方式抓住空間的概念”。空間的概念來自一連串的經驗累積，並且透過個人的理解、累積、建構，在每個人心中形成不同的空間型態。Lynch(1960)對城市認知圖分析的四個元素：1.地標、2.節點、3.路徑、4.地區。建築空間也可以將其分析，尋找出空間在設計上或使用上的元素，當現在由於科技的發展產生了網路空間這種新的空間型態。Bertol(1997)說網路空間是「一個無界線的人工世界，人在其中是被以資訊為基礎的空間導引」，Novak(1991)描述「網路空間是建築，網路空間有建築，網路空間包含建築」。本研究將探討針對網路空間用於表現實體空間的方式，以及新的網路空間形式對於空間的表達能力。

1.2 研究問題與目的

現有的網際空間有三大特性：以文字為基礎(Cicognani, 1996, 1997, 1998)具有重要的社會意義(Wertheim, 1999)網際空間中獨特的身體存在感(Heeter, 1992)。網路架構是建立於資訊架構之上，網路上的空間表現是基於文本，建立空間認知(Wertheim, 1999)，即便網路上已經出現許多新的表現方式，如影像或 3D 呈現，文字依舊是網路空間最有效的傳播媒介(Anders, 1998)。所以設計網路的語言，必須讓參與者從中認知到對空間的感受，而不是以實體的物件或圖形為媒介認知空間的存在(Cicognani, Maher, 1997)。由於網路空間的概念與真實空間之間的類似，網際空間組織的原則就如同現實空間所使用的一樣(Donath, 1997; Dyson, 1998)。將空間經驗重現給使用者，仿效真實環境經驗並將這種經驗帶入網路空間(DiPaola & Collins, 2002; Thoma, 1999)。未來可能連網路空間的型態及呈現方式及其內容也會產生空間性，設計網路空間可能基於已存在的現實空間(Mitchell, 1999)。

我們所處在的真實空間，人造空間是因為活動而產生，空間進而也會影響活動。網路空間亦是如此，當網路空間在發展的過程之中，隨著電腦科技的發展，運算能力與網路連結的頻寬，影響了網路空間的面貌，也影響或限制了在網路空間所出現的活動。由於許多在網路空間發生的活動是由實體空間轉移，有許多的概念及形態與機能是向實體空間所借用。不過由於網路空間受限於其型態，被賦予頁面(pages)的限制，每個網頁也可以被類比成爲一個獨立的空間，而空間之間的關係備超連結所取代(Huang, 2001)。由於網路空間的概念與真實空間之間的類似，網路空間組織的原則也如同現實空間所使用的相似(Donath, 1997; Dyson, 1998)。

而當數位媒材包括網路已經影響設計與建造過程以及對空間的概念(Mitchell, 1995, 1999; Liu, 2001)，面對網際空間的發展，建築師與設計師應該試著重新訂定空間中的身體理論(Mitchell, 1998)。對於空間設計者而言，試圖想像與創作出各種數位環境是項重要的工作，才得以配合人們未來的生活與社會(Mather, 1997; Mitchell, 1998)。受到數位科技發展所產生的數位建築，已經逐漸的成爲一個明顯的趨勢，實體空間與虛擬空間的互相影響也越來越明顯，無論是在設計過程中的工具，或者完成之後建築空間的形式與呈現，甚至是之後在其中的機能及使用型態，都深刻的反應。

網際空間的構成缺乏一些共同的設計知識，這些設計知識應該是一些空間中的元素，可以使參與者從中察覺空間的線索，並對空間做出正確的回應(Rapoport, 1982)。現有的網路空間都是基於平面設計型態(pages)，所使用的空間描述工具是文字、圖像、動畫、聲音，其中以文字為主要的媒體。瀏覽者在網際空間中個人是基於身份的辨識存在的，參與者是超越物理空間存在於其間的，參與者雖然沒有實體，卻真實的存在於無形的活動空間中(Donath, 1997; McRae, 1997; Mitchell, 1998; Wertheim, 1999)。空間通常指的是在人體邊界之外，視覺可見的實體空間，有方向性如前後、上下的空間暗示及涵意，在實體空間中，構造及細部還有具有歷史意義的符號是辨識的重點(Bloomer & Moore, 1977)。在網路空間之中，除了視覺、聽覺外，以現在的媒介還不容易達到，雖然有人致力於滿足其他感官的媒介，但是仍無法產生類似真實空間的感受，尤其是存在感與運動感。因此在現有的網路媒材之下，空間無法有效的讓瀏覽者知覺，而網路空間對實體空間的影響也曖昧不明。

學者指出網際空間的組織原則與實質空間是相同的(Donath, 1997; Dyson, 1998)。人們逐漸的有了虛擬網際空間的認知。某些研究者仿造實際環境並將類似的經驗帶入虛擬的網際空間(DiPaola, Collins, 2002; Thoma et al., 1999)，從使用者介面逐漸模仿真實空間的現象來看，人們理解虛擬環境，並且透過類似真實經驗的過程建立虛擬空間感。再者，真實與虛擬空間兩者逐漸直接疊合於虛擬空間本身(Kalay, 2004)。所以理解網際空間的理想方式是模擬實質空間(Mitchell, 1995, 1999a)。網際科技能使的人與電腦的能力結合，不過需要修改科技以適合於人類，而且是針對個人去調適，當有了個人化的互動與個人化格式的資訊，就可以使的個別的理解力增強而且增強我們的經歷(Bricken, 2003)。本研究將嚐試透過網路空間將實體的建築空間在其上呈現，並且比較新舊網路空間表達方式，對於實體空間的呈現，以及對於空間認知上的差異。

1.3 研究方法與步驟

1. 自澳底 NEXT GENE 建築計畫中挑選三建設案，分別挑選：A.空間特性較接近現有建築空間，且建築設計較易理解者，以簡學義建築師的案子做為範例。B.空間特性較接近現有建築空間，建築設計上較為複雜且非設計專業不易理解者，以 MVRDV 事務所的案子為範例。C.空間特性與現有建築空間差異較大，且建築設計上亦特殊且複雜者，以 AleppoZONE 工作室的案子做為範例。

2. 三個建築案皆以三個階段的網路空間表達型態呈現，三個網路空間表達型態為：A.現有網站空間，透過平面設計概念呈現，使用的方法有：文字、繪圖、照片、動畫、簡易 VR(ex: quicktime VR)。B.透過平面螢幕可漫遊的 3D 網路空間，使用的方法有：FLASH 3D、3D 物件語言(VRML, Virtual Reality Modeling Language)、即時互動 3D 空間(ex: 網路遊戲、second life、playstation home)。C.透過 VR 設備瀏覽的 3D 網路空間，使用的方法有：非即時被動瀏覽(ex: IMAX theater)、即時互動瀏覽(ex: VR cave、頭戴式 VR 顯示器、VR 立體螢幕)。將選擇的建築案例分別製作 A.現有型式的網頁，其中包含的空間表達方式有：文字、繪圖、照片、quicktime VR。B.進階網路空間，將建築設計案的模型放置於 second life 空間(若是有版權問題，則以動畫模擬取代，由於互動能力非本研究探討範圍，故採用動畫模擬互動瀏覽過程)。C.將建築設計案的模型，製作成可於交通大學 VR CAVE 所播放的空間內容(由於互動能力非本研究探討範圍，故先採用動畫模擬互動瀏覽過程)。
3. 請 6 位受測者，分別為 3 位具空間設計背景者與 3 位非設計背景者，進行三個建築設計案的三階段網路空間表達方式的瀏覽，在瀏覽結束後填寫問券，呈現對於瀏覽不同網路空間傳遞介面後的空間理解程度。
4. 分析歸納問券結果，可分析出不同的網路空間表達型式，對於空間的表現能力上的差異，以及其間的優缺點，作為提出結論的依據。



第二章 媒材回顧

2.1 網路空間的空間特性

近代社會學上對於空間的非物質詮釋，區分為三種形式：“心智空間”、“實體空間”、“社會空間”，而三者間有密不可分的關係(Lefebvre, 1991)“心智空間”來自人類思考的抽象形式，存在於心智之中，人類會經由一些認知過程將具有同一性質的事物分門別類，形成能理解的邏輯關係(Chung, 1990)。“實體空間”起源於身體感官的知覺，以身體做為空間中的定義與座標符號，可以判斷四周的邊界以及上下左右的方位感，在人體、想像力與環境的互動之中產生了空間(Bloomer, Moore, 1977)。“社會空間”來自於人類個體與個體間的互動過程，社會學上認為導源於既定的社會結構與動態結果的空間形式過程，構成了整體社會架構的運作(Castell, 1996)。



現在由於科技的發展產生了網路空間這種新的空間型態。Bertol(1997)說網路空間是“一個無界線的人工世界，人在其中是被以資訊為基礎的空間導引”，Novak(1991)描述“網路空間是建築，網路空間有建築，網路空間包含建築”。網際空間有三大特性：以文字為基礎(Cicognani, 1996, 1997, 1998)具有重要的社會意義(Wertheim, 1999)網際空間中獨特的身體存在感(Heeter, 1992)。網路空間由於它並非存在於實體空間中，僅存在於網路架構上。且由於科技的發展，其能力也不斷的增進，大量的人的參與以及活動的發生，使它具有了以上所提心智空間、實體空間、社會空間三種的複合。

2.1.1 文字為網路空間描述的元素

從網路興起之後，人類的溝通方式又回到以寫作做為溝通的方式，整個溝通過程透過且以文字記錄下來，雖然已經有了多媒體但今日網路仍以文字書寫做為言論形式(Tapscott, 1998)，文字式網路世界最有效的傳播媒介(Anders, 1998)，設計網路的語言，必須讓參與者從中認知到對空

間的感受，而不是以實體的物件或圖形為媒介認知空間的存在(Cicognani, Maher, 1997)。如網路發展初期，曾經出現的網路 MUD 遊戲，便是透過文字介面，描述出參與者在其中的世界，以及其所進行的行動，並且與其他參與者交談。即便發展至今，網路已經能以多媒體提供訊息，從文字、圖片、聲音、影像甚至 3D 畫面的網路遊戲，但是網路最主要的資訊傳遞媒介仍是文字，這是由於現今瀏覽網路的介面，仍透過類似平面媒材的螢幕來呈現。

2.1.2 網路中的空間元素

網路空間外在結構與實體空間完全不同，並不是如實體空間般以幾何結構的形式存在的，因為無法確實說出網際空間的實質地理位置，也無法描繪出網際空間的形式與樣式，但是的確可以在這個空間中找到需要的事物 (Mitchell, 1998)。網際空間是基於電子地址以及參觀者而存在的空間，而且其中具有一些關於實體空間的隱喻(Anders 1998, Cicognani 1998, Maher, 1997)。網路空間不像實體空間般，有個具體能描述的位置，僅有一串 IP 描述，其所存在的地點已經不再重要，因為從全世界的任何地點只要輸入這個 IP 位址便能到達。所以成爲一個無地域無疆界的世界，也沒有移動距離以及時間的限制。

網路空間受限於其型態，被賦予頁面(pages)的限制，網際空間以類似平面媒體的形式呈現。每個網頁都可以被類比成爲一個獨立的空間，而空間間的關係則是被超連結所取代(Huang, 2001)。描述空間的不再是實體的材料，可能是一句話，也可能是網管人員眼中的網路結構。連接空間的也不是通道或道路，而是超連結或是一個點擊(click)。

空間通常指的是在人體邊界之外，視覺可見的實體空間，有方向性如前後、上下的空間暗示及涵意，在實體空間中，構造及細部還有具有歷史意義的符號是辨識的重點(Bloomer & Moore 1977)。再網路空間之中，除了視覺、聽覺外，以現在的媒介還不容易達到，雖然有人致力於滿足其他感官的媒介，但是仍無法產生類似真實空間的感受，尤其是存在感與運動感。

2.2 存在於網路空間中的活動

實體空間之所以對人們有意義，除了因爲物理性的因素外，當有適當的物件與活動發生在空間

之中，則空間形成了場所。場所與空間的不同來自於場所除了空間的特性外還具有社會與文化的內涵，是由其中的物件與空間共同構成，要形成一個場所，空間必須是被定義的而且以有意義的方式安排(Ching, 1979)。網路空間也如此，無論是因為空間而產生的活動，或是因應活動而產生的空間，網路空間都不斷的以比實體空間更快的速度，生產出新的活動加上空間的場所。

2.2.1 網際空間為社會空間

透過網際網路，網際空間提供參與者一個交流的場所(Anders, 1998)，人們在網路上從事的行為不只是單獨的資訊處理程序，也有如同社會一般的尋找同伴、支持與主張，並可超越時空的約束(Sproull, Faraj, 1993)，隱藏於網際空間中的資訊就來自於社會空間的機制，參與者在此可以傳達並取得社會資訊，進行個人情緒以及社會的交互作用(Donath, 1997; McRae, 1997)。網際空間以文字發展出一套完全不屬於實體空間世界的社會指標，在這個空間中形成的意義與文化脈絡系統，就是來自於使用者在該獨特的空間情境中進行互動而發展成型的(Reid, 1994)。其中最明顯的一個範例便是網路聊天室，通常僅是一個簡單的畫面，但是使用者透過代稱，在其中互動交談，交換資訊或結交朋友。



社會學提供一個關於空間狀態的基本架構(Cicognani, 1998)

- a. 網際空間中具有行為的可能性：包括在實體空間中可能發生的各種行為，都能超越物質的任意轉換為網際空間中的行為。
- b. 網際空間應該是一個適於生活的環境或是可停留的地點，與空間的組織狀態息息相關。
- c. 網際空間具有社群的構造，良好的社群構造使更多參與者願意加入這個空間之中。
- d. 網際空間應有時間的組織，時間對空間來說，是一個應加以思考的議題，在網際空間中，應該能認知到時間的變化。
- e. 網際空間的組織應該是一個完整的構造物，包括了細部的空間關係與宏觀的邏輯定義，元素之間具有協調的關係才可以構成一個完整的空間組織。

人們在網際網路中開始超越了實體空間的限制，成為四處變動的延伸體，可以自由伸展至地球上的任何地點，傳統中原先顛被認知的空間觀念被打破，甚至人與人間的互動行為與談話方式等社會性的活動，都應該被重新加以定義(Mitchell, 1998; Tapscott, 1998)。

2.2.2 現存於網路中的活動

網路空間被視為另一個並存的空間，已經成為生活的重要部分(Negroponce 1994; Mitchell 1996)，在實體空間中的許多行為，已同時或轉移至網路空間之中發生。尤其透過網路連結全世界，且無時差即時特性，除了從真實世界轉移而來的活動，也發展出許多其獨有的活動。如不同國家間的人們可以透過網路相識，互相交換資訊。也改變購物習慣，可以直接瀏覽全球的商品，並且透過網路金融進行交易。

2.3 網路空間與使用者的介面

傳統上，溝通的過程被描述成資訊的傳遞，做為連結發訊者與受訊者的連結。介面的重要性僅是作為一個導體，等同於傳訊者與受訊者(DeFleur, Ball-Rokeach, 1989)。另外他也只專注於傳遞訊息而沒有其他延伸功能。相對的以存在感的觀點，關注於一種同時是發訊者也是受訊者的關係，在媒介的環境之中，是一個互動的發生。資訊不是直接由發訊者傳給受訊者，一個媒介的環境被創造出來且被感知(Sheridan, 1992)。

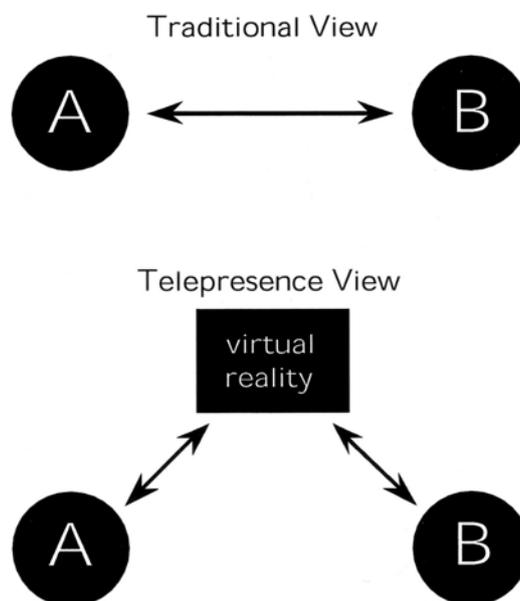


圖 2-1, 兩種溝通媒介的模式(Krueger, 1991)

2.3.1 現有的網路空間介面

網際空間逐漸的成爲現在生活不可或缺的部份(Negroponete, 1994; Mitchell, 1996)，雖然他不像我們所生存的真实世界般。網際空間無法脫離視覺，但是沒有視覺能完整的表達他的全貌，爲了探索網際空間，需要建立一個視覺介面，作爲在其中遊歷的入口。現在的使用者瀏覽網路，所使用的介面，由於多數使用者是透過電腦接觸網路，所以是透過平面的螢幕瀏覽，操作鍵盤滑鼠與之互動，少數使用者可以透過隨身器材如行動電話或 PDA(personal data assistant)等，但皆是無法提供空間感受的介面，且現有的網頁內容，也因爲如此的介面，大多是依循平面視覺原則設計。雖然已經能提供 3D 影像，但其所提供的是類似透視法般，在平面上讓人產生有空間的錯覺，而並不是如真實空間般提供所有感官的感受與互動。

2.3.2 已存在的網路空間新介面

將網路架構空間經驗重現給使用者，仿效真實環境經驗並將這種經驗帶入網路空間(DiPaola & Collins, 2002, Thoma, 1999)，透過這樣的方式，對於網路的認知是自然且接近真實空間經驗，且透過此轉變，網路空間的型態及呈現方式及其內容也會產生空間性，設計網路空間可能基於已存在的現實空間(Mitchell, 1999)。網際空間的構成缺乏一些共同的設計知識，這些設計知識應該是一些空間中的元素，可以使參與者從中察覺空間的線索，並對空間做出正確的回應(Rapoport, 1982)

平台、互動的裝置、軟體工具與環境設置的目的，這些是設計虛擬世界的元素，但最重要的部份是能使人感到舒適的設計。網際空間科技能使的人與電腦的能力結合，這需要修改科技以適合於人類，而且是針對個人去調適，當有了個人化的互動與個人化格式的資訊，就可以使的個別的理解力增強而且增強我們的經歷(Bricken, 2003)。當網路空間所扮演的角色越來越重要且多樣，其介面也開始轉變，許多人嚐試更爲接近於真實空間的網路經驗。如林登實驗室(Linden Lab)所設計出的第二人生(Second life)，便是一個純粹以 3D 建構的網路世界，幾乎相當於將真實世界搬進網路空間，並且提供了完全不同於傳統網路的流覽經驗，也創造出許多獨特的行爲及活動，也改變了許多人的互動溝通模式。甚至如 SONY 所推出的新穎遊戲機 PS3(Play station 3)也推出類似的功能，透過虛擬世界連結全世界的使用者，共同探索網路空間。

面對網際空間的發展，建築師與設計師應該試著重新訂定空間中的身體理論(Mitchell, 1998)。對於空間設計者而言，試圖想像與創作出各種數位環境是項重要的工作，才得以配合人們未來的生活與社會(Mather, 1997; Mitchell, 1998)。當網路空間的介面開始轉變，提供空間感受的元素轉變為不僅僅仰賴文字或圖片，開始需要具有類似於真實空間的設計，空間設計者應該投入其中，利用其原有在真實空間處理空間的能力，使的網路空間的特性能更接近真實空間。

2.4 人對於空間的認知感

網際空間的一個特點是參與者對身體的認知與實體空間不同，在網際空間中個人是基於身份的辨識存在的，參與者是超越物理空間存在於其間的，參與者雖然沒有實體，卻真實的存在於無形的活動空間中(Donath, 1997; McRae, 1997; Mitchell, 1998; Wertheim, 1999)。網際空間中，個人對本身存在於環境的認知是經由媒介而感受到個體、環境與社會的存在感(Su, 1996)。

2.4.1 網際空間提供的空間認知



網路空間存在於網路之中而且逐漸的影響傳統實質空間使用，網際空間的設計可能植基於現存的實際空間(Mitchell, 1999)，其他學者指出網際空間的組織原則與實質空間是相同的(Donath, 1997; Dyson, 1998)。藉由建立網際通訊的概念(Ishida, 2002)，人們逐漸的有了虛擬網際空間的認知。某些研究者仿造實際環境並將類似的經驗帶入虛擬的網際空間(DiPaola, Collins, 2002; Thoma et al., 1999)，從使用者介面逐漸模仿真實空間的現象來看，人們理解虛擬環境，並且透過類似真實經驗的過程建立虛擬空間感。再者，真實與虛擬空間兩者逐漸直接疊合於虛擬空間本身(Kalay, 2004)。所以理解網際空間的理想方式是模擬實質空間(Mitchell, 1995, 1999)，

空間認知的疊合是人類心智對於理解環境的主要理由(Strong, 1998)。虛擬世界中，人是存在於一個純粹由可看見可聽見可觸及的資訊構成的環境，這項科技它本身是無法被查覺的，而且小心的配合人的行為，所以我們在這個人工世界裡可以自然的行動。我們可以創造任何想像的到的環境，而且在其中可以經歷全新的觀點與潛力。一個虛擬世界可以是有教育性、有用的而且有趣的，也可能是無趣的或不舒適的，其中的差異在於設計。

2.4.2 空間的存在感

網際空間中，個人對本身存在於環境的認知是經由媒介而感受到個體、環境與社會的存在感(Su, 1996)

- A.個體的存在感：個人在網際空間中明確認知到身歷其境，可能的因素來自於
 - a.網際空間中人體要是可見的，也就是參與者可以看到自己的身體而認知到自身的存在。
 - b.參與者在網際空間中的感受要來自實體空間的經驗，網際空間中具有一些特質，讓人覺得這個空間似曾相識。
 - c.網際空間要和實體空間有一些相似性，雖然網際空間與實體空間的規則不盡相同，但是其中存在著一些可以辨識的相通模式(Heeter, 1992)。
- B.環境的存在感：網際空間的環境本身會感受到參與者的存在，並與參與者之間發生一些互動的關係，這是一種程式系統對參與者回應的過程(Su, 1996)。
- C.社會的存在感：人類參與網際空間時，經由參與者彼此之間一連串的互動，會感受到其他成員也在同時依附於媒介存在於同一空間中，達成一種近似面對面的感受(Curitis, 1996; Short, Williams, Christie, 1967)。



網際空間的存在感，以參與者在網際空間中活動時產生的真實性與互動性感受作為認知程度的評估指標(圖 2-2) (Steuer, 1995)

- A.真實性：環境如何對人類的感官呈現資訊，基本上是因媒介的特性而定，是否逼真來自媒介的廣度與深度
 - a.廣度：指的是媒介透過感官呈現資訊的能力。
 - b.深度：指的是在人類感官系統中，認知到資訊程度的難易程度，也就是媒介給予人類的訊號可辨識的程度的高低。
- B.互動性：來自參與者與系統之間的互動，而互動則應就三個層面討論(Steuer, 1995)
 - a.速度：也就是網際空間中的即時性(real-time)的速度，事實上網際空間的一大特點就存在於此，依個參與者加入空間中對話、做動作所認知到的空間存在感，遠大於留下訊息後離開，對接下來的網際空間參與者而言，因為再空間中所加入的各種變數，使他在網際空間中從事活動與說話，將得到不同的即時回應，促使他繼續加入該空間，並且使他的角色從網際網路觀察者變為參與者(Donath, 1997)。

- b.範圍：指的是參與者在網際空間可以編輯改變空間的程度。
- c.對應：指的是人類在實體空間中的經驗，如何經過媒介與網際空間連結，也就是在網際空間中的行為應盡量與實體空間的模式接近，參與者才易於應用一般的方式在網際空間中活動。

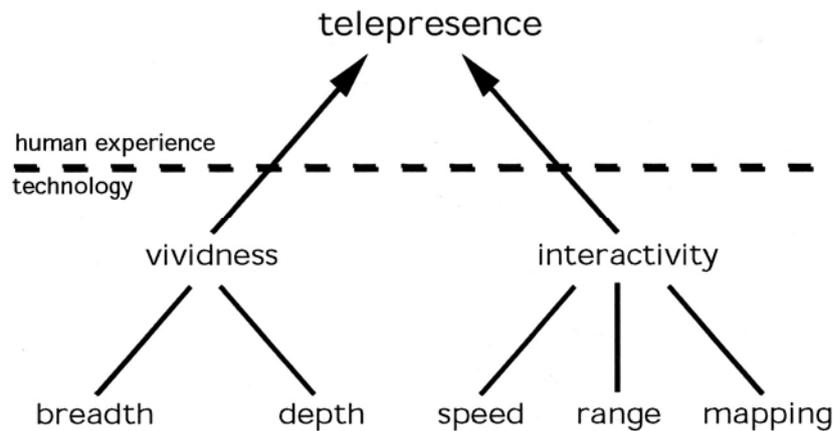


圖 2-2, 影響存在感的變因系統(Steuer, 1995)

2.5 虛擬實境設備提供的空間感受

虛擬實境的定義，Howard Rheingold(1991)將虛擬實境定義為一種人被三度空間電腦繪圖包圍的體驗，而且使用者可以在其中任意遊走，改變視角、抓取物品或是改變其型態。通常還藉由配有光纖資訊手套的昂貴資訊服裝(Greenbaum, 1992)。是一個可以提供將虛擬空間轉化為具有真實空間感受的媒介，且有能力與其中的內容互動。

2.5.1 虛擬實境環境

虛擬實境(Virtual Reality, VR)是一種能讓人置身於虛擬世界的技術總稱(Lainer, 1989)，包括立體視覺模擬(圖 2-3)、立體空間聽覺模擬、互動追蹤裝置，甚至嗅覺及觸覺模擬的技術。虛擬實境系統也因功能及成本的差異，而也幾種不同的類型，從單人操作的頭戴式顯示器，到多人沉浸式的虛擬實境 CAVE 系統，都可以讓使用者達到沉浸於虛擬環境的效果(Cruz-Neira, 1993)。而在其中的使用者能透過 Cave 環境提供的空間經驗，互動介面、心理因素決定眼前的感受

(Davies, 2003; Heeter, 2003; Hogue 2003; Slater 1994, 1999; Witmer & Singer, 1998)，進而達到類似於體驗真實空間的空間體驗。

Burdea 在Virtual Reality Technology 提出虛擬實境的三項定義：

1. 沉浸度 (immersion)：

使用者對於虛擬實境創造的空間有精神上的投入，像是給予自己深入其境的感覺，猶如沉迷於小說或是戲劇之中。

2. 互動性 (interaction)：

畫面與使用者的即時互動，越多的互動越能相似現實的環境，所以不只是場景的互動，包含物件與場景中的人物互動都讓虛擬實境更真實。

3. 想像力 (imagination)：

不是一個全方位的虛擬實境的時候，我們都需要靠點想像力來補足畫面的不足，事實上有時候想像力還超越了原本畫面所提供的資訊。

CAVE 系統是伊利諾州立大學(The University of Illinois at Chicago)的電子視像實驗室所開發的一套投影式虛擬實境系統(Cruz-Neira, 1993)。CAVE 當初是爲了科學研究視覺化目的而設計，所以影像品質及解析度極高，也能提供良好的即時互動，再加上可以讓多人同時觀賞的特性，適合作爲建築空間的表現工具。當使用者身處在設定良好的 VR-CAVE 環境與內容時，其感官所接受到的資訊，足以使觀賞者直接的產生強烈的看到實體空間般感受，且會有類似於真實空間中的反應。

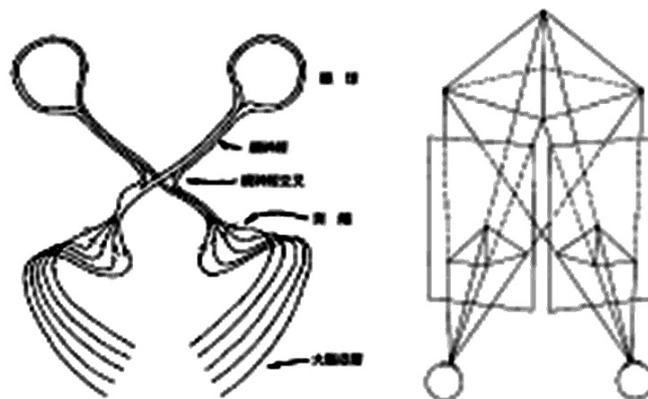


圖 2-3, 雙眼的立體視覺(Lipton, 1982)

2.5.2 虛擬空間透過 VR 的表達

虛擬環境的設計重點為：環境的視覺化，與使用者間的互動(Lin, Chien, 2003)。網路空間是一個虛擬空間，將其轉換為空間性之後與真實世界或與使用者之間的介面，透過 VR-Cave 的技術，可以有效傳達空間性。虛擬實境在現今的主要應用是在建築、視覺化、娛樂、製造、教育訓練、醫藥，這些應用嘗試創造出高度的存在感，因為存在感的經驗使的產品或模擬更自然、即時、直接且真實的呈現更多效果及樂趣(Slater & Usoh, 1994; Lobard & Ditton, 1997; Nunez & Blake, 2001)。在將虛擬空間視覺化成為三度空間的環境之中，參與者可以不需要學習的直接將在真實環境的經驗使用在虛擬環境中。並且指出”傳統”的或”工程導向”的虛擬環境設計討論，使的虛擬環境(Virtual Environment)可比擬成虛擬實境環境(Virtual Reality Environment)(Darken, Sibert, 1996; Dieberger, 1998; Ingram et al., 1996)。透過這種將虛擬空間轉換為具有真實空間感受的能力，本實驗將透過 VR-CAVE 將網路空間轉換為具有真實空間經驗的環境，在進行與現有媒材之間的比較。



第三章 實驗與分析

3.1 透過網路的空間表現方式

倘若對於某地區的環境完全一無所知，一般而言均是先透過探索的方式，建立起對於該環境初步的瞭解(Darken & Sibert, 1996)。除了實際透過身體感官經驗的實體空間，透過網路使得許多遠方的空間或者非實體的虛擬空間都可以被探索，而網路傳遞空間資訊的能力則來自於其所使用的媒介，主要媒介有以下幾種：

A. 現有網路介面



現有的網路提供使用者所接觸的介面，是以html格式所構成的網頁為主，網頁由於透過平面的螢幕環境呈現，故主要以平面圖像設計為主要呈現的風格。Omanson(1998)在探討使用者如何辨識瀏覽的網站中是否為同一網站的研究中從八個設計要素：背景、排版、標誌、導覽、標題、圖像、主題與文字風格中進行實驗，結果顯示標誌與圖像為最重要因素。網頁透過平面的電腦螢幕，在空間感受的傳達上，仰賴使用者抽象的想像以及其自身的空間經驗為多，目前網頁使用最多的資訊傳遞工具仍為文字。網頁可以使用的媒材經過多年的發展，從早期的純文字方式，逐漸增加且多元，且有更多技術增加，如：照片、影片、FLASH動畫、VRML物件、VR互動等。

有許多網頁本身便是以呈現空間做為目的來設計，無論是呈現真實的實體空間或不存在的虛擬空間，內容上也使用了多重的技術來呈現。如法國巴黎羅浮宮博物館的導覽網頁(圖3-1)，透過了文字、地圖、照片以及QUICK TIME VR的環景影像方式，使的瀏覽者可以透過網路得到空間資訊。商業網站由於商品需要提供空間資訊，其網站也使用多種不同技術呈現空間資訊，如國內房仲業者在網站上提供文字、圖片、被動動畫等，使的消費者透過網頁有虛擬看屋的瀏覽方式(圖3-2)。

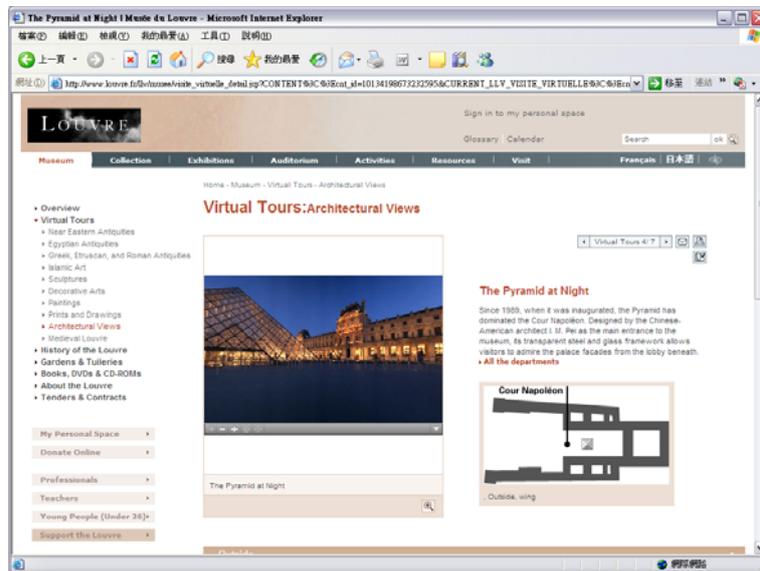


圖3-1, 羅浮宮博物館虛擬導覽網頁



圖 3-2, 永慶房仲網影音宅速配網頁

B. 網路互動空間介面

隨著電腦運算能力增加，電玩遊戲由早期的平面圖像構成(2D)轉變成立體物件構成(3D)，因為遊戲內容的場景需求而產生空間。隨著 3D 繪圖技術的進步，虛擬實境與電玩的差異性也因此逐漸的模糊與減少，Badcoe(2000)在比較虛擬實境與電腦遊戲的差異時，發現兩者具有許多的

共同特性，例如視覺與音效的呈現會引起使用者的興趣、科技會影響其發展以及資訊內容豐富程度等，也因此，使用者在虛擬實境中可能會遭遇的問題，也成為 3D 電玩遊戲玩家可能會遭遇的問題，例如在 3D 環境當中操控者較易產生迷失經驗、較容易頭暈以及硬體、視角差異對操控者在遊戲中的影響等。現有進行遊戲時所使用的螢幕和滑鼠都是 2D 的裝置，大部分作互動的動作如拖拉(dragging)、捲動(scrolling)等都是設計給 2D 的操縱控制，因此當使用者處理在 3D 的空間中飛行(flying)、縮放(Zooming)時將會感到困擾(Stuart Dredge, 2002)。

在網際網路發達之後遊戲也利用這個新平台，產生了網路對戰遊戲如著名的 Counter Strike(圖 3-3)，許多使用者透過網路，得以在同一個虛擬場景中互動。Linden Lab 所設計的 Second Life(圖 3-4)則不只是網路遊戲，它提供了使用者接近真實空間中的互動及活動，使用者透過代理人(Avatar)在其中生活，如同在真實世界中可以與其他使用者互動，甚至產生商業行為及在真實空間中的活動。

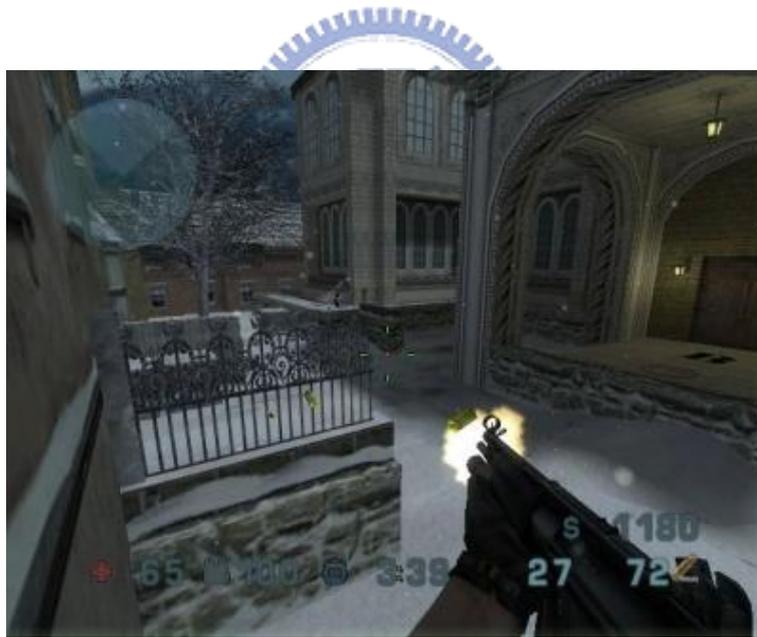


圖 3-3, COUNTER STRIKE 場景



圖 3-4, SECOND LIFE 場景

C. 網路虛擬實境介面

虛擬實境由於可以呈現立體視覺以及空間感受的特性，在原有的許多應用如工程模擬、環境模擬、娛樂用途、模擬訓練等。在結合網路環境之後，虛擬實境所提供的立體視覺以及空間能力，使的網際網路除了文字圖像等平面的資訊傳遞能力，提供了立體物件以及空間的資訊傳遞能力。Richmond(1996)曾探討各種不同網路行銷技術對於消費者購買行為之影響，其研究結果發現虛擬實境的網頁設計與其他行銷技術相比，較能夠刺激受測者，增加受測者的購物次數，並且能提高日後進行線上購物的意願。利用虛擬實境的方式在網路上呈現 3D 商品等為行銷所帶來的優勢已有相當多的研究證明。透過網際網路虛擬實境的應用，已有許多學者針對協同設計方面進行研究，在這樣的環境下，分散在不同地點的設計團隊可以一同瀏覽同一個基地環境(圖 3-5)，檢視立體的設計物件，快速的將設計結果的空間呈現。



圖 3-5, 透過 VR CAVE 呈現街景

3.2 實驗介面建置

3.2.1 本實驗所使用的研究材料



本研究以澳底「NEXT GENE澳底大地建築計畫」作為實驗材料，NEXT GENE計畫為主要探討新世代的居住環境與生活風格，在面對人造與自然環境急速改變的今日，建築師是如何思考土地、建築和人這三者間的課題。基地位置在東北角海岸國家風景區內，距離台北約五十分鐘車程，佔地 70 公頃，是塊依山面海的坡地，預計完成戶數 176 戶。由亞洲大學副校長暨交通大學建築研究所教授劉育東擔任總主持人，二十位參與建築師將分別設計住宅，二十位建築師為：來自日本的隈研吾(Kengo Kuma)、平田晃久(Akihisa Hirata)、韓國的徐惠林(Hailim Suh)、來自日本的哈佛大學建築系主任森俊子(Toshiko Mori)、來自大陸的麻省理工學院建築系主任張永和，以及荷蘭建築團隊MVRDV、義大利建築團隊IaN+、西班牙Fenando Menis、德國建築團隊GRAFT和北歐丹麥的Julien De Smedt，台灣的十位建築師為龔書章、曾成德、姚仁喜、邱文傑、楊家凱、簡學義、黃宏輝、陳瑞憲、黃聲遠和AleppoZONE工作室。

倘若對於某地區的環境完全一無所知，一般而言均是先透過探索的方式，建立起對於該環境初步的瞭解(Darken & Sibert, 1996)。選擇NEXT GENE計劃作為本實驗的虛擬空間，是由於本計劃

為尚未興建的建築設計案，且二十位建築設計者皆為國內外的頂尖建築設計團隊，其設計之建築有許多與現有空間相較更為前進且特殊的思考，有許多是難以在平面圖像之中呈現。且本案帶有提升國內建築設計水準的涵義，無論是針對建築設計者或一般民眾，所以需要有效傳遞建築設計內涵的介面。由於以上兩個特點：前所未見的空間、期望使更多人看見，故本實驗選擇NEXT GENE計畫作為探討透過網路傳遞空間感受時所採用的空間材料。由二十個設計案中挑選三案，分別為AleppoZONE工作室設計案、MVRDV事務所設計案、簡學義建築師設計案，挑選此三案為針對設計結果風格上的不同，實驗進行除媒材對於空間表現的比較外，亦可比較設計風格在媒材上表現的差異。AleppoZONE設計案在空間呈現、空間組成與設計風格上皆較前衛，與現有建築空間有較大的差異。MVRDV事務所設計案則在空間表現上與現有建築空間較為接近，其外觀及空間組成則有較大差異。簡學義建築師設計案在空間表現與外觀則與現有建築空間較為接近。

3.2.2 本實驗所使用的研究環境

進行現有網路介面與網路互動空間介面時，所採用的研究硬體環境為一般桌上型電腦，透過單機平面式螢幕呈現，與受測者原有瀏覽網路所使用設備相似。網路虛擬實境介面本研究使用沉浸式虛擬實境環境的 VR CAVE 系統，由工研院(ITRI, Industrial Technology Research Institute in Taiwan)所開發，以三面背投式投影螢幕，以 120 度夾角兩兩相交，涵蓋 180 度視覺(如圖 3-6)。電腦架構為以一台伺服主機(control server)控制六台客戶端電腦(client)，每台電腦各自連接一台投影機，每面投影螢幕的影像由兩台投影機構成。

以伺服電腦為中心，六台客戶端電腦透過 TCP/IP 架構網路架構連接伺服電腦，由伺服器協調六台客戶端電腦的同步動作。當伺服電腦接收輸入訊號，且經過伺服/客戶端同步軟體處理後，以固定間隔送出同步訊號給客戶端電腦，以此同步客戶端電腦各自的影像運算。客戶端電腦以兩台為單位，分別負責一個畫面的左右眼訊號各自送至投影機，投影機送出的影像透過鏡頭前之偏光濾鏡(polarized filter)，左右眼影像分別透過偏光角度垂直的偏光鏡，投影至同一螢幕。觀賞者在觀賞時戴上偏光濾鏡所製成之眼鏡，兩眼的偏光濾鏡亦是角度垂直且互相對應投影機前之偏光鏡，由於偏光鏡的特性，需與頭影機前偏光鏡角度相同的濾鏡才得以讓影像通過，因此兩眼得以各自接收兩台投影機個別的影像，得以產生立體視覺效果。

本系統所播放的內容，可分為被動式(passive)與互動式(interactive)。目前內容多以被動式為主，被動式為預先運算或拍攝完成之影片，觀賞者僅為被動的觀賞，無法與內容或環境發生互動。而互動式則可以為一個場景、物件或透過設定的多段可選擇動畫，且觀賞者可透過互動介面，如鍵盤、滑鼠、紅外線偵測器、互動手套等，與其中的內容進行互動。

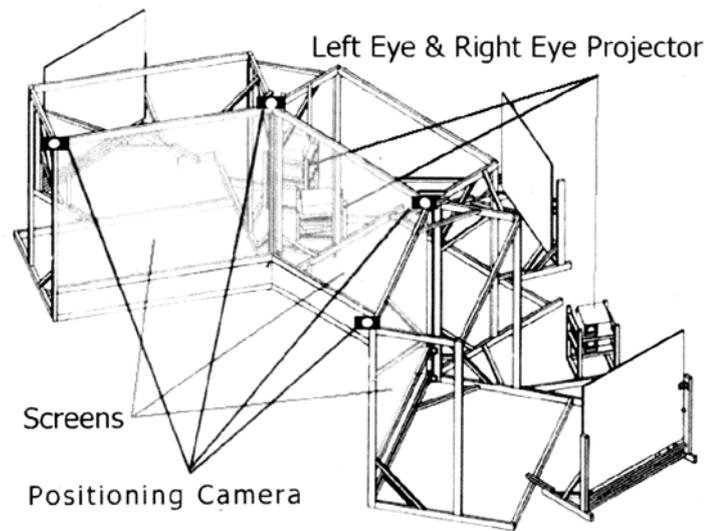


圖 3-6, 本實驗所使用之 VR 硬體設備架構

3.2.3 實驗介面製作

實驗所討論的三種網路空間傳遞介面，使用澳底 NEXT GENE 計畫的報告書以及 3D 建築模型作為基本資料來源，自二十個建築設計案中挑選三案：AleppoZONE 工作室設計案、MVRDV 事務所設計案、簡學義建築師設計案，分別製作網頁、3D 模擬動畫以及 VR CAVE 虛擬環境模擬動畫，以作為現有網路介面、網路互動空間介面及網路虛擬實境介面的實驗材料。

A. 現有網路介面

現有透過網路瀏覽器(IE, Safari, FireFox...等)在電腦螢幕上觀看的網頁，其中主要的內容(content)

有文字、圖片、照片、簡易的互動式 VR。本研究取用澳底 NEXT GENE 計畫的資料，其中文字資料來自於該計畫報告書，由報告書中擷取設計概念、基地描述、建築規格(面積、建材等)，作為網頁中文字頁面的基本內容。圖面以設計圖面為主，資料來自澳底 NEXT GENE 計畫報告書，有基地配置圖、各樓層平面圖、立面圖、剖面圖，以 JPG 格式圖片在網頁中呈現。照片內容，由於澳底 NEXT GENE 計畫中的建築尚未實際建造完成，故以 3D 模型的運算模擬圖來呈現，分別對於室外空間以及室內空間，以能呈現該空間全貌的角度，作為 3D 模擬圖的取景，在 3D 軟體(3D studio max)之中設定與原設計符合的材質，並且加入燈光及戶外點景，如植栽、天幕等，之後透過 3D 軟體內建算圖引擎，運算為解析度 800 x 450 像素之 JPG 圖檔。

VR 內容部份，採用 QUICK TIME VR 格式環場動畫，以 VR WORX 軟體製作成可由觀賞者主動操作瀏覽的 VR 動畫。選擇與照片格式同樣的建築重要室內外空間，於 3D 軟體之中設置攝影機，旋轉複製使攝影機數量為六架，視線以放射狀排列，兩台攝影機間的夾角為 60 度，總計共涵蓋 360 度的視角。於 VR WORX 軟體中設定為以六張照片合併為環景圖(圖 3-7)，由於 VR WORX 軟體結合環景圖需要鄰接的照片有 5%的重疊，故 3D 軟體中攝影機焦距設定為 28mm 等效視角為水平 65.47 度。透過 VR WORX 軟體的拼接功能將 6 張照片結合為環景圖，並且輸出為 QUICK TIME VR 格式的動畫。

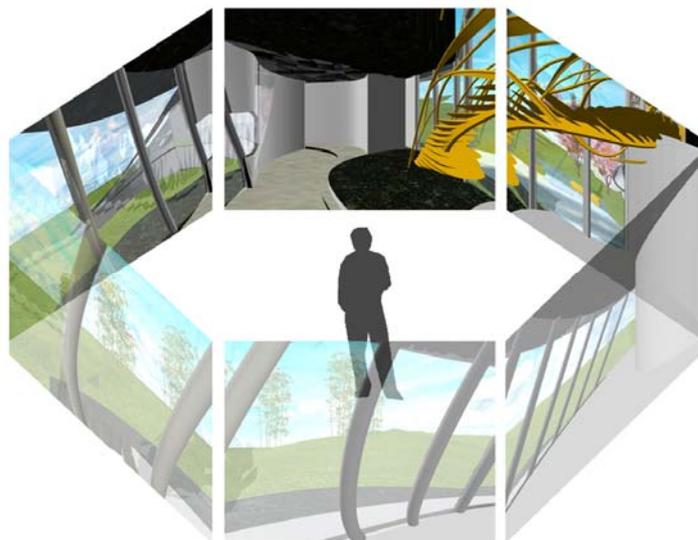


圖 3-7, QUICK TIME VR 環景圖示意

將文字資料、圖面資料、照片、QUICK TIME VR 動畫，以 MICROSOFT FRONTPAGE 網頁編輯軟體製作為現有網路的 HTML 格式網頁。網頁架構為由首頁以超連結連結到四種內容(圖 3-9)，版面編輯上方欄為內容種類選擇共有首頁、文字、設計圖、照片、QUICKTIME VR 四個連結，左方欄位為進入各項內容後的項目選擇，點選後所選擇的內容則顯示在右方的主要欄位(圖 3-8)。



圖 3-8, 網頁介面首頁(home page)-AleppoZONE 設計案

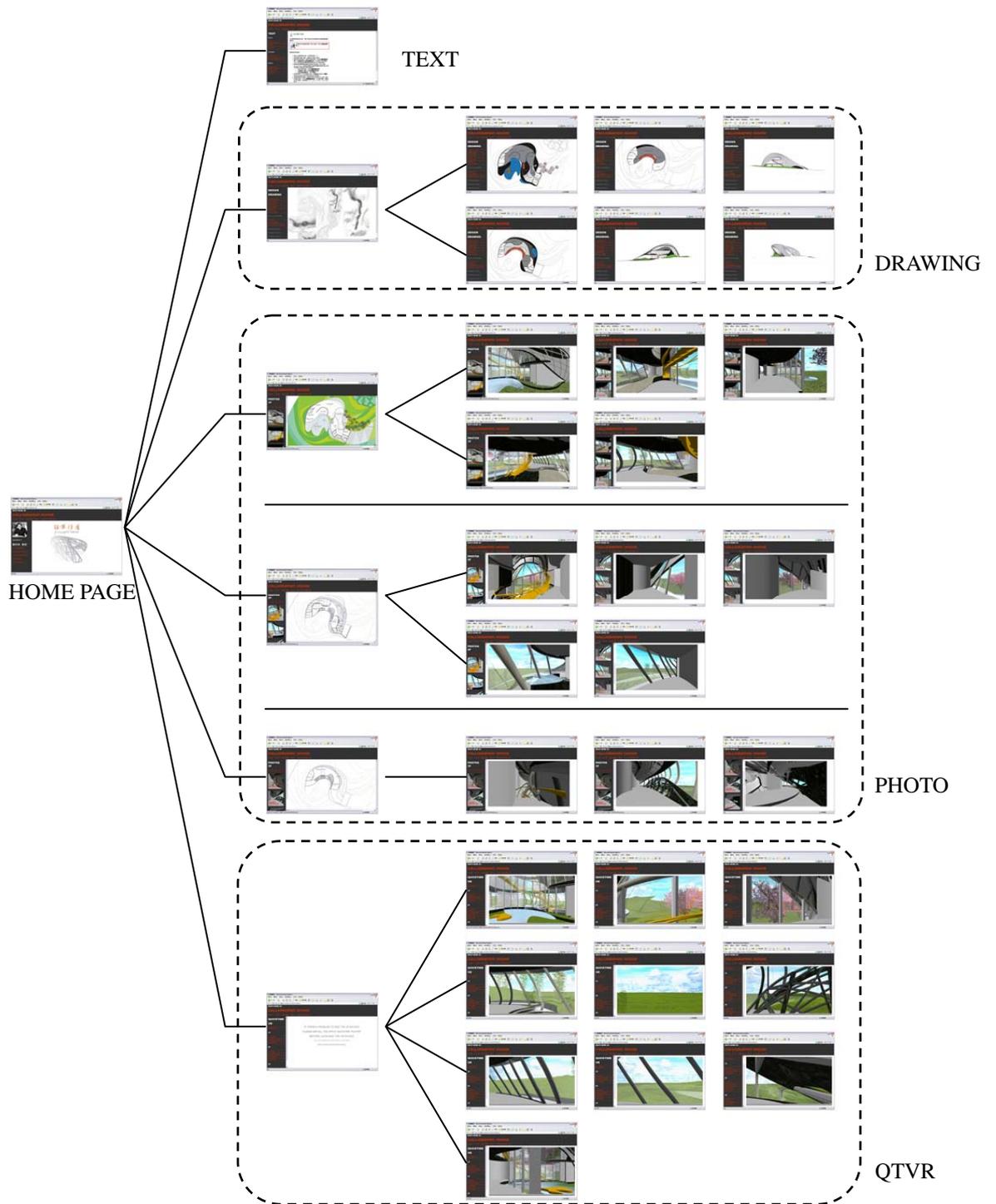


圖 3-9, 網頁架構圖-AleppoZONE 設計案

B. 網路互動空間介面

瀏覽網路互動空間如網路遊戲或SECOND LIFE等，使用者所使用的操作介面多為電腦鍵盤，透過電腦鍵盤操作在其中的替身(AVATAR)。在3D虛擬環境之下，鏡頭本身所代表的便是操作者的視覺。不同的鏡頭視覺呈現，給操作者本身的視覺範圍也不同(陳佳欣, 2004)。目前在虛擬實境技術當中，最常所採用的鏡頭角度包括第一人稱視角(First-Person View)、第三人稱視角(Third-Person View)以及鳥瞰視角(Bird's Eye View)三種角度(林鼎傑, 2002)。第一人稱以及第三人稱的攝影角度，是讓操控者得以沈浸於虛擬環境之中，並得以從中進行探索、尋找以及學習的鏡頭視覺呈現技術(Chittaro & Scagnetto, 2001; Rollings & Adams, 2003)。目前最常出現在3D電玩遊戲中的第一人稱視角以及第三人稱視角而言，第一人稱視角有著視覺範圍狹窄的缺點，而第三人稱視角則是無法對遊戲環境進行精確的瞄準與觀察(Rollings & Adams, 2003)，這兩種視角先天的限制，對於玩家在3D電玩遊戲環境中瞭解自己在哪裡、尋找正確的路徑以及執行任務所造成的影響，成為遊戲設計者以及虛擬空間行為研究者所必須審慎考量的問題。第三人稱視角通常為模擬策略遊戲所使用，而第一人稱視角則多為角色扮演所使用。

第一人稱的視覺呈現角度，其原理在於以攝影機的鏡頭代表操控者的眼睛，如同操控者親臨虛擬環境現場觀察周遭環境一般，讓操控者得以成為主角觀察虛擬環境中的場景(Fabricator, Nussbaum, Rosas, 2002)。在此種視覺角度的呈現當中，操控者看不到於虛擬環境之中代替自我的代理人全貌，就好比在現實環境之中，個體在移動時僅看的到自己身體的一部份，而看不到自己的頭與背影。此種鏡頭的控制方式，操控者得以隨時操控自我本身所想看的部分，對於虛擬環境之中的物件也較能進行詳細的觀察，所以能夠讓操控者快速的瞭解場景彼此之間的時空關係(Fabricator, Nussbaum, Rosas, 2002)。由於第一人稱視角所觀察到的空間經驗，與實際空間中所經歷的空間經驗較為接近，故本實驗採用第一人稱視角的呈現方式，作為使用者經歷網路互動介面時所觀察的角度。

本研究著重於不同媒材空間感受的傳遞，媒材的互動能力在本研究中暫未探討，故採用被動方式使受測者觀看模擬網路遊戲界面的動畫。透過被動式動畫模擬使用者瀏覽網路互動空間，當製作實驗用動畫設定使用者在其中的行動時，其路徑以及操作模式，模仿網路遊戲使用者的瀏覽行為方式，假設為受測者親自操作瀏覽。網路遊戲使用者在網路遊戲空間中行動時，若是以

第一人稱視角且在短時間內不斷改變方向，容易發生無法辨識方向性以及自身位置的情形，且無法清楚的辨識空間，所以使用者在操作時，經常是將移動以及方向選擇分開各別操作。行為可以簡化為，向前移動或平移後暫停於定點，在定點旋轉選擇方向，之後再繼續移動。動畫設定也是仿效如此的行動方式設定路徑，在定向移動一定距離後停止於建築中的重要空間，如具有重要機能的空間或具有特殊設計特色的空間，可以有幾秒的時間停止觀看辨識空間之後，選擇方向繼續前進。在 3D 軟體之中設置攝影機，路徑設定自建築外圍接近並進入建築，穿越建築的主要空間，路徑設定如下圖 3-11、圖 3-12、圖 3-13。由於為室內場景，攝影機焦距設定為較廣角的 28mm，以求能較為容易涵蓋空間。動畫設定為每秒 15 格總長為 900 格的 60 秒動畫(以 AleppoZONE 工作室設計案動畫為例，動畫分鏡如下圖 3-14)。

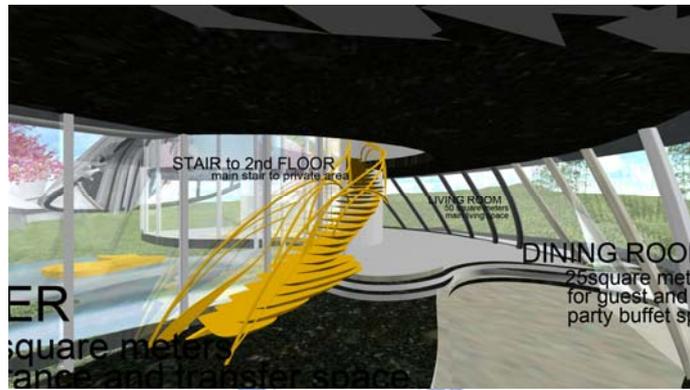


圖 3-10, 模擬動畫畫面

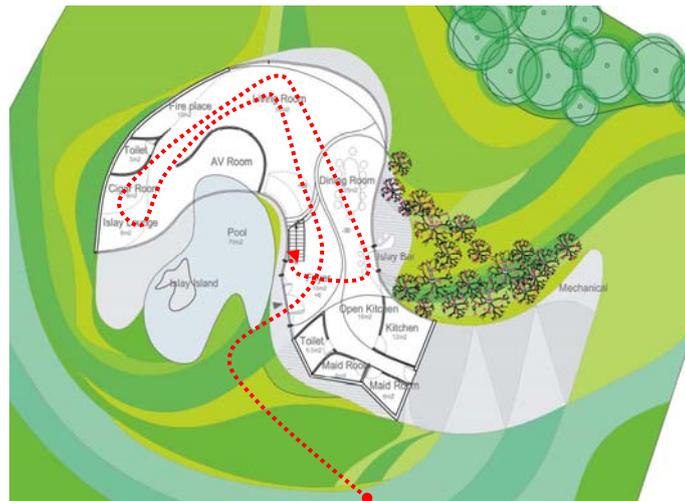


圖 3-11, AleppoZONE 設計案動畫路徑

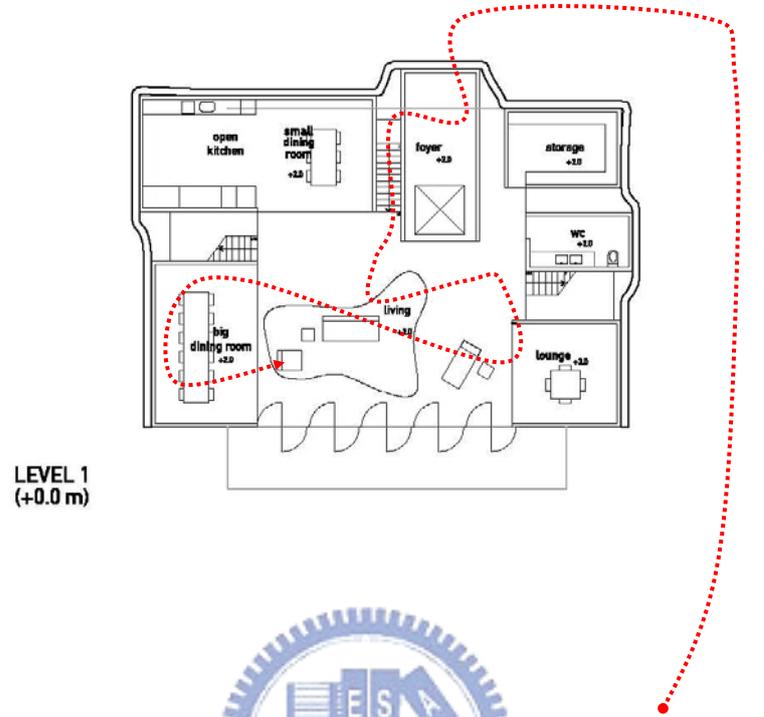


圖 3-12, MVRDV 事務所設計案動畫路徑

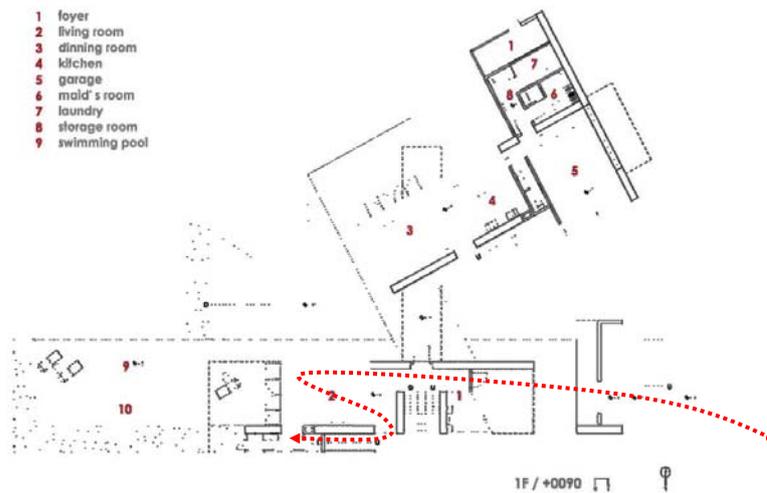


圖 3-13, 簡學義建築師設計案動畫路徑

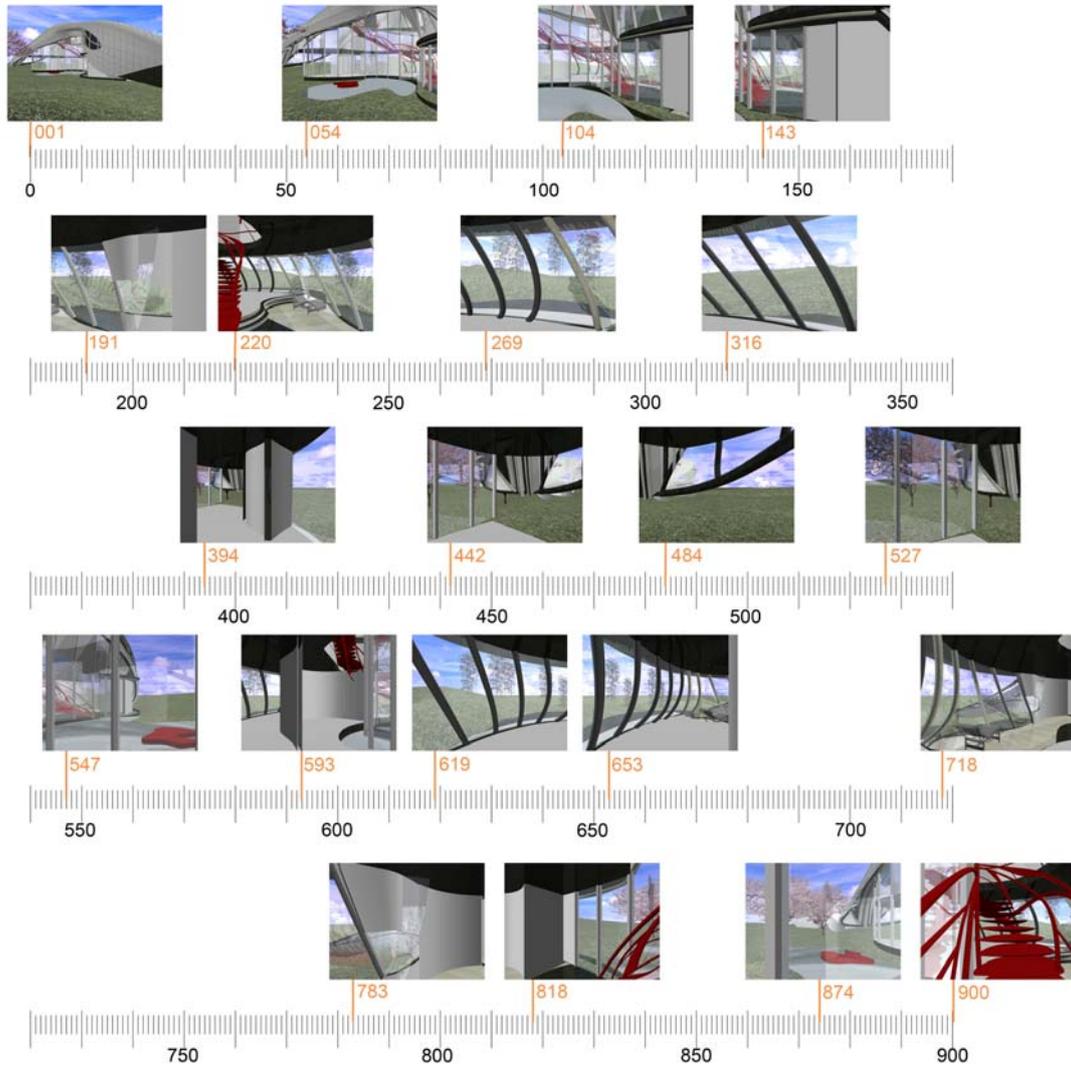


圖 3-14, 動畫分鏡-AleppoZONE 設計案

C. 網路虛擬實境介面

VR 虛擬環境的內容，需要模擬雙眼視覺以產生立體感(圖 3-16)，在本實驗中由於為透過 3D 模型做為空間實體，故是在 3D 軟體之中(Autodesk 3D studio max)透過攝影機的設定，模擬雙眼視覺。攝影機設定步驟：

1. 鏡頭焦距設定為水平視角(F.O.V) 60 度，焦距為(Lens) 31.177mm，因為三面螢幕涵蓋 180 度

- 視角，每面螢幕對應 60 度的視角，所以攝影機鏡頭設定以 60 度作為對應。
- 攝影機立體視覺對應設定：在 3D 軟體中複製攝影機並且平移至距離 6.5 公分處(對應模型製作時的單位，如模型若是建模時的單位為一單位一公尺，則平移 0.065 單位)，6.5 公分為模擬人類雙眼瞳孔間距而設定。
 - 兩個攝影機分別向兩台攝影機的中心線作約 3 度的內傾角，作為模擬雙眼凝視於前方物體時的雙眼視線焦點，3 度的數據為來自本實驗所使用之 VR CAVE，立體視覺效果最佳的設定參考值。陳佳欣(2004)針對虛擬環境中跟隨鏡頭機制與尋路績效的關連性進行研究，在其研究發現中，指出跟隨鏡頭的距離會影響尋路者在 3D 虛擬環境當中的尋路績效，越遠的鏡頭能夠帶來較好的尋路績效，但過遠過近的鏡頭則不具有任何的幫助，同時，過近的鏡頭容易讓尋路者產生較嚴重的迷失感。
 - 距離、內傾角設定完成後，將兩台攝影機為一組複製並以兩台攝影機中心點向右旋轉 60 度，作為對應右方螢幕的攝影機組，再重複同樣步驟向左複製旋轉，作為對應左方螢幕的攝影機組。

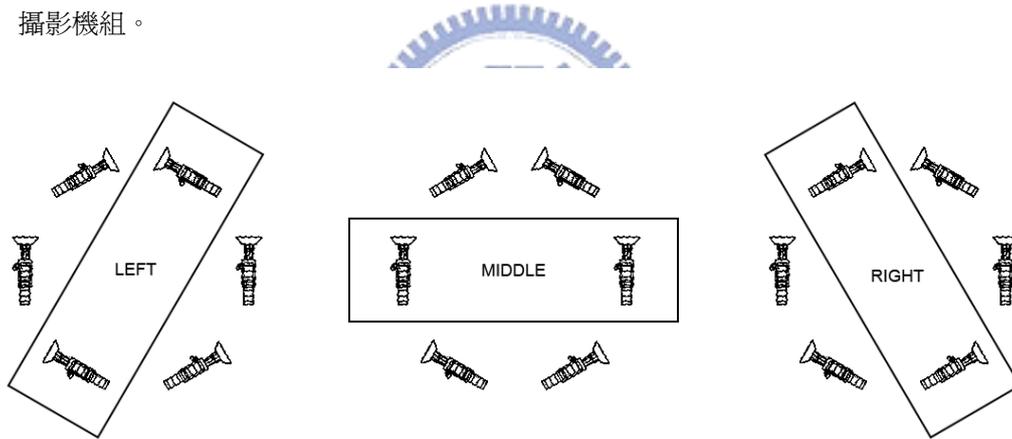


圖 3-15, 3D 軟體中攝影機設定與視覺對應

以上共產生六台攝影機，兩兩一組對應一面螢幕，共三面螢幕涵蓋 180 度的視角。分別在本實驗所使用的三個設計按模型中設定動畫路徑，路徑與網路遊戲介面模擬動畫所使用路徑相同，將攝影機組設定詢路徑移動，並且分別運算為動畫，單段動畫設定同網路遊戲介面模擬動畫設定，總長度 900 格以每秒 10 格的速度，運算成為 90 秒的動畫，每個設計案產生六段動畫。分為三組並給予代號 1.中間螢幕左眼(ML)、中間螢幕右眼(MR) 2.左方螢幕左眼(LL)、左方螢幕右眼(LR) 3.右方螢幕左眼(RL)、右方螢幕左眼(RL) (圖 3-15)。

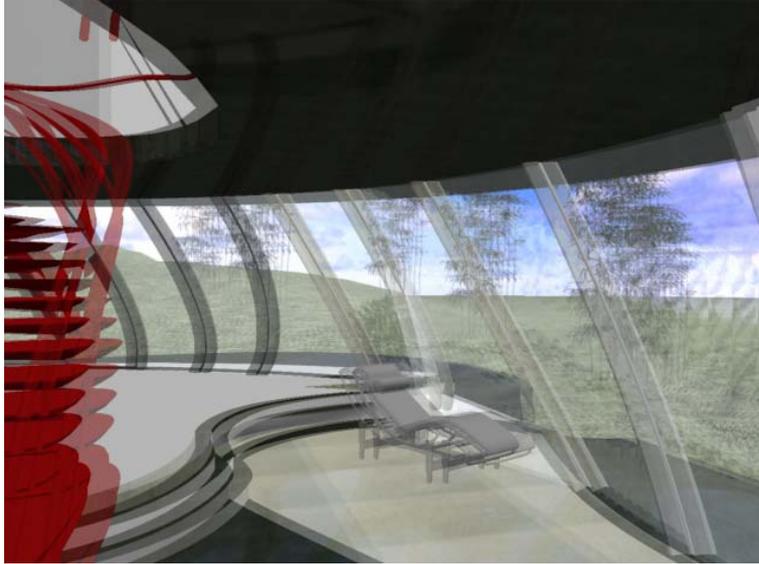


圖 3-16, VR 雙眼視覺示意

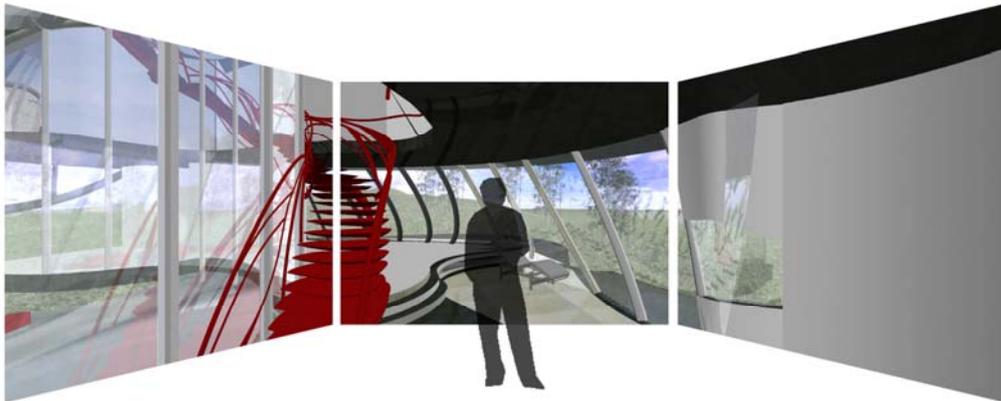


圖 3-17, VR CAVE 環境示意

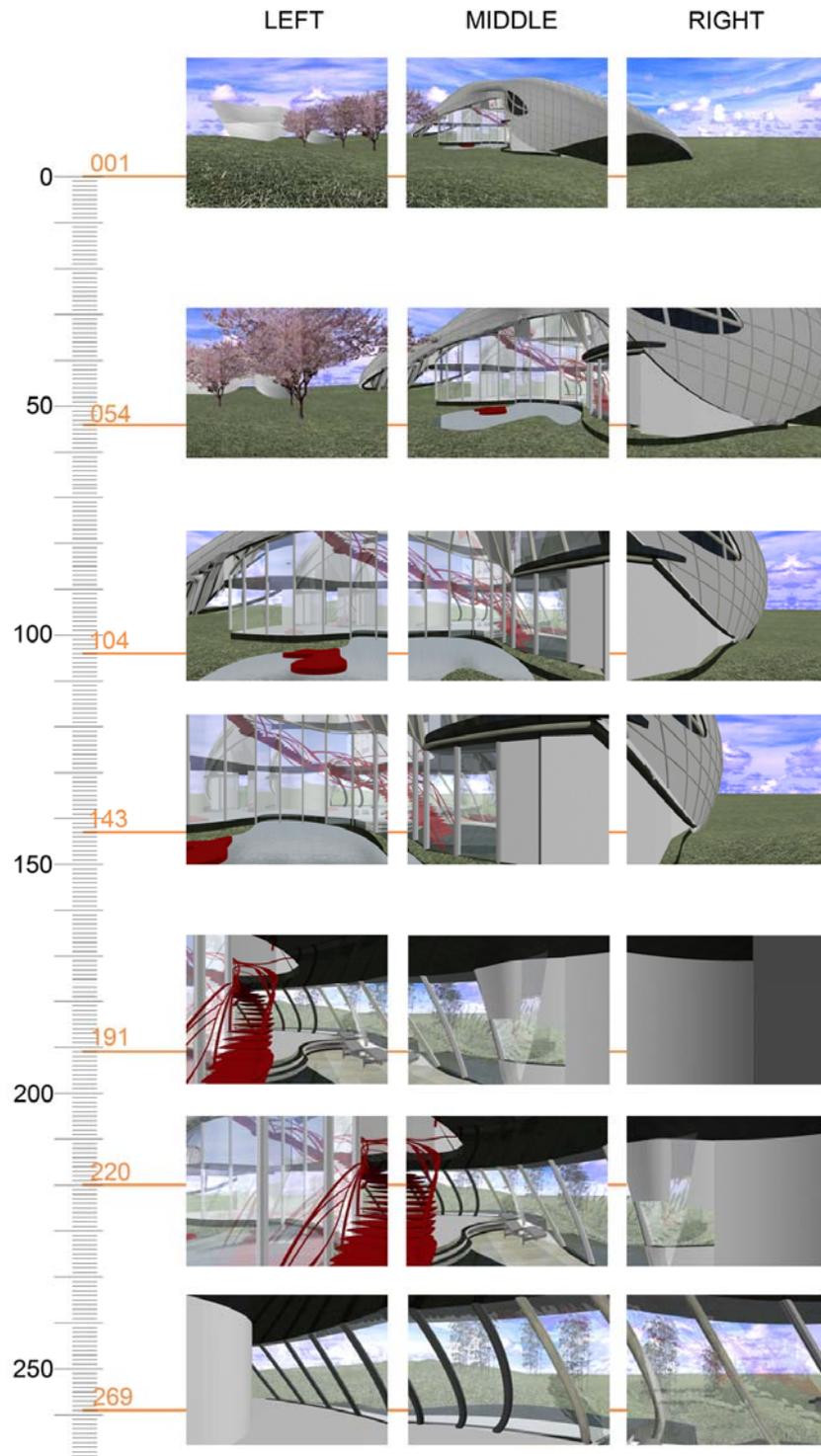


圖 3-18, 三面螢幕分鏡 AleppoZONE 設計案(001-270 影格)

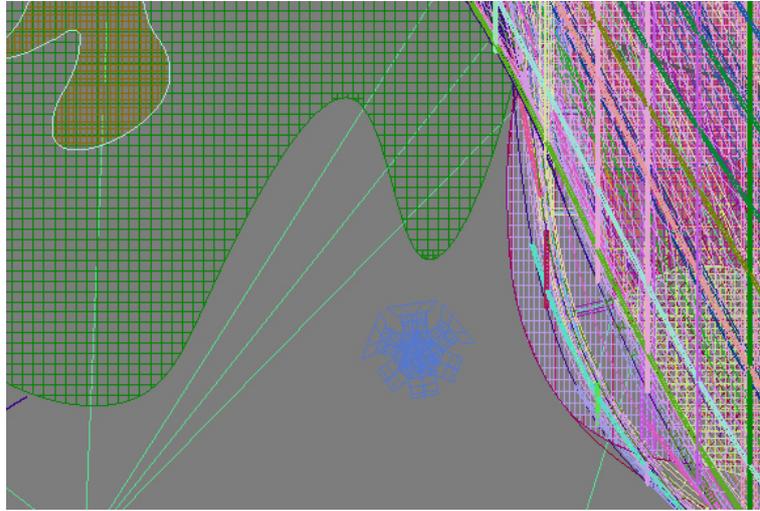


圖 3-19, 3D 軟體中攝影機位置關係

3.3 實驗

透過虛擬世界中的瀏覽行為，研究者可以在不需打擾受測者的情況之下，進行受測者的行為觀察以及記錄，同時可以藉此建構更完善的虛擬世界(Conroy, 2001)。本研究為瞭解不同的網路空間呈現媒材，在呈現空間感受上，能提供的效果以及經驗，以受測者實際體驗不同的網路空間介面後填寫問卷。

3.3.1 實驗計畫

實驗目的：

本實驗是為了能測試不同的網路空間呈現媒材，在呈現空間感受上，可以提供觀賞者，對於空間的感受及瞭解的程度，甚至與原有在真實空間中的空間經驗做比較，以提升透過網路傳遞空間感受的可能性與效果。

受測者：

本實驗將邀請 6 位受測者參與，受測者背景分為兩類：第一類為具有建築設計專業背景，第二類為其他領域不具有設計專業背景。因為本實驗以傳遞空間經驗作為實驗主要目標，且以建築

設計(澳底 NEXT GENE 建築計畫)案例作為實驗材料，選擇具建築設計專業背景者，除了本身對於空間及建築設計上能有較高的理解能力，且也可同時從受測者從事專業時的經驗瞭解，本實驗所提出之網路空間介面是否能作為其專業之用，或依其專業提出未來建議。非建築設計背景的受測者，則是為瞭解一般使用者在透過網路空間介面上，能得到多少空間感受，且透過不同的媒材對空間的瞭解及掌握，以及與自身實體空間經驗的比較。

實驗方法及流程：

受測者將嘗試操作及體驗三種不同的網路空間媒材，在操作每階段的介面之前，安排暖身操作，使受測者能理解並熟悉該介面，在操作結束後填寫問卷並回答問題，流程如下：

I. 現有網路介面

1. 請受測者透過桌上型電腦，使用 INTERNET EXPLORER 網路瀏覽器開啓入口網站網頁，並且自由操作瀏覽 5 分鐘，目的為讓受測者理解並熟悉現有網頁操作方法，也預告實驗材料是在相同環境及操作模式下使用。
2. 請受測者瀏覽以現有網路介面原則及媒材所製作的澳底 NEXT GENE 建築計畫網站，分別瀏覽所挑選的三位建築師的設計案，並且提示受測者瀏覽其中的所有呈現方式，使其能將文字、圖面、照片、QUICK TIME VR 四種不同內容皆瀏覽過，且鼓勵盡可能瞭解空間。

II. 網路遊戲互動空間

1. 請受測者透過桌上型電腦，開啓 SECOND LIFE 環境，並且提示受測者於 SECOND LIFE 中瀏覽操空間的作方式，使受測者瞭解在其中移動及瀏覽的方式之後，請受測者自由操作瀏覽 5 分鐘，目的為讓受測者熟悉網路遊戲互動空間的操作方式，且預告實驗材料也將是以類似環境呈現。
2. 由於實驗材料為預先運算完成之動畫，其中的移動及流覽方式為模仿網路遊戲互動空間操作及瀏覽的方式，但無法真實由受測者自行操作，故在受測者觀看之前，將先告知受測者，即將觀看的動畫為模擬 SECOND LIFE 中之場景，請受測者假設為自行操作並在該空間中瀏覽，接著請受測者瀏覽動畫。

III. VR 環境介面

1. 請受測者進入 VR CAVE 環境並帶上偏光眼鏡，提示受測者將實驗材料為預先運算完成之動畫，其中的移動及流覽方式為模仿網路遊戲互動空間操作及瀏覽的方式，但無法真實由受測者自行操作，請受測者假設為自行操作並在該空間中瀏覽，接著請受測者瀏覽實驗動畫(圖 3-20)。



圖 3-20, 受測者在 VR CAVE 中接受實驗

3.3.2 實驗問卷及問題

Passini(1992)指出，在描繪認知地圖階段時，最初也是最重要的步驟便是空間方位(Spatial Orientation)的確認。空間方位指的是個體是否能確定或辨別自己以及目標物的所在位置，同時判斷兩者之間的方向(direction)以及位置(location)，從而建立起一個靜態的空間關係。認知地圖的組成，包括點(地標、路徑參考點)、線(動線、路徑、軌道)、領域(地區、鄰接處)、以及表面特徵(例如某區域的人口密度)四個主要的組成因素，並利用絕對位置、相對位置、順序、距離、包含、排斥等方式所組成(Golledge, 1999)。由以上可知空間知識是個人整合空間資訊之後的產物(Chen & Stanney, 1999)。

本研究問卷題目主要採用 Likert 氏五點計分法，以同意程度的量值來評估，1 分是屬「非常不同意」、2 分是「不同意」、3 分是「普通」、4 分是「同意」、5 分是「非常同意」。

PART I 視覺指標

本研究實驗問卷的設計，採用心理及教育學者針對人類空間能力進行測驗時所使用的空間指標作為設計的依據。

表 3-1, 空間能力向度分析表

提出學者	空間因素	定義
Thurstone, Thurstone(1949)	1. 空間因素 I 2. 空間因素 II	想像固定物體整體移動的能力。 想像固定物體之組成元素在空間中移動的能力。
Thurstone, Thurstone(1949)	1. 靜態空間能力 2. 動態空間能力	以圖形之靜態與動態特質區辯空間因素 I 及空間因素 II。
French(1951)	1.空間因素 2.空間定位 3.空間想像	能夠正確辨識並比較空間圖形的能力。 某空間圖形做各種角度變位時，能夠不受定位點的影響。 能夠在三度空間中想像物體的移動，或者想像性地操弄該物體的能力。
Guilford, Lacey(1947)	1. 空間關係 2. 空間透視	決定空間中不同位置下的刺激與反應關係的能力，以及了解視覺圖形之元素安排的能力。 包含了想像物件旋轉、平面圖形與立體圖物相互拆摺、預視物體在空間中相對位置改變的能力。
Piaget, Inhelder(1969)	1. 圖畫式思考能力 2. 操作性思考能力	辨認靜止圖形的能力。 移動或者操控圖形與物件的能力。
Lohman(1979)	1. 空間關係 2. 空間定位 3. 想像透視	編碼、配對、旋轉簡單圖形的能力。 能從不同的定位點去想像物體形狀的能力。 能將平面圖想像成立體圖形的能力。
McGee(1979)	1. 空間因素	對視覺刺激形式內部安排的理解，及不受發未改變混淆的能力。

	2. 視覺化因素 (visualization)	能在心理操作、旋轉或扭轉以視覺呈現的刺激物的能力。
Pribyl, Bordner(1985)	1. 空間視覺 (spatial visualization) 2. 空間方位 (spatial orientation)	心理操作動態圖像刺激的認知、保留與記憶之能力。 個體對改變方向之圖像保持清晰的能力。
康鳳梅(2004)	1. 空間定位能力 (spatial orientation) 2. 空間關係能力 (spatial relation) 3. 空間觀感能力 (spatial perception) 4. 空間視覺能力 (spatial visualization) 5. 空間組織能力 (spatial organization)	能從不同的角度想向物體或圖形在空間的旋轉變化,能迅速和精確想像其以 2D 或 3D 旋轉的能力。 能夠想像在空間中不同的物體面互相關聯起來,並想像操弄物體摺合、展開或旋轉組合與分解的能力。 能夠正確辨識物體相接合外觀所形成的線,且對所觀看的物體能形成精確影樣的能力。 能夠經由心理旋轉、移動,而將相對位置改變的物體操作或轉換其空間模式的能力。 能夠組織經由觀察物體不同方向之空間影像,而揣想其另一方向之影像或立體的能力

人類所處的環境其空間資訊能被分成三類：位置上的資訊、屬性的資訊以及時間的資訊(Chen & Stanney, 1999; Passini, 1984)。再由上表心理學者對空間能力測試的指標大致可分為三部份：空間視覺指標、空間方向感指標、空間相關性指標。本實驗將採用這三項指標作為實驗的評量項目。

A. 空間視覺(spatial visualization)：

指由視覺轉換為心智現象的處理過程，如判別 2D 或 3D 圖形的能力，心理學上常用紙筆測驗檢視受測者對於這一方面的能力。

問卷問題：1.建築中空間的尺度 2.建築中空間的輪廓(形狀) 3.接近真實瀏覽空間的程度 4.對於建築材質的理解

B. 空間方向感(spatial orientation)：

解釋視覺因子配置、排列(arrangement)的能力，例如：方向感、圖形排列。

問卷問題：1.建築中自身的位置

C. 空間相關性(spatial relation)：

指對空間分佈關係的解釋能力，係指受試者能夠想像在空間將不同物體互相關聯起來，並想像操作物體摺合、展開、旋轉、組合與分解的能力。

問卷問題：1.建築空間之間的關係 2.空間機能的感受 3.對於建築平面的理解

PART II 設計風格

大多的虛擬環境研究者認為數位空間的虛擬環境並不一定需要像真實空間的幾何空間一樣，但卻是需要像實體空間一樣具有可讀性與清晰性，以便促進瀏覽。換句話說，虛擬空間需要利用空間資訊已存的心理模型來認知與設計(Chen et al., 1998; Dodge & Kitchin, 2001)。人類在空間中的環境知覺與認知行為會結構化空間知識，形成認知圖(Draper, 1995)。O' Neill(1992)的研究發現，當虛擬環境本身愈複雜時，受測者的尋路行為表現會下降，但當受測者對於環境愈熟悉時，則環境複雜度影響的程度愈小。

本研究自澳底NEXT GENE建築計畫中挑出三個設計案，透過三個設計手法與結果迥異的設計案，實驗所選擇的三個設計案：AleppoZONE工作室設計案、MVRDV事務所設計案、簡學義建築師設計案，三個設計案分別代表三種不同設計型態。AleppoZONE工作室設計案在個別空間上不規則且非傳統，建築外觀上亦是。MVRDV事務所設計案在個別空間基本仍為傳統建築的規則空間，空間組合及外觀則較為不規則且非傳統。簡學義建築師設計案在個別空間較為規則，且建築外觀也較為傳統。分別請受測者針對個別設計案在三種網路空間媒材的表現，其空間傳遞的感受及適用性。

問卷問題：分別針對三個設計案，請受測者回答透過不同媒材的空間瞭解程度。

PART III 適用性與操作性

虛擬環境中的應用大多企圖產生身在其中的感受，這種感受的作用可以使受測者經驗更加的自然且真實，而且可以有效的傳遞空間資訊又具有樂趣(Nunez & Blake, 2001)。產生這種感受的主要因素為涉入(involvement)及沉浸(immersion)，兩項對於產生真實感都是必要的，不過只要有其中一項變可達到某種程度的真實感。涉入是一種心理學上的體驗狀態，當受測者將注意力放在連續的刺激或者有意義的活動及事件上，所以當受測者把注意力集中在虛擬環境中的刺激時，便能更加的涉入在虛擬環境中(Stanney, 1997)。沉浸是一種心理狀態，當受測者的感官被圍繞、包含其中且與環境互動，並持續的接受刺激。影響沉浸的因素包括由實體空間的隔離、感知個人身處其中的虛擬環境、互動與控制，經由自然的方式和自身行動的感知(Witmer & Stinger, 1998)。三種網路空間傳遞媒材，對於空間的傳遞也受到這兩項因素的影響，將這兩個因素以表達空間適合程度與操作難易程度，請受測者回答問券。

問卷問題：1.媒材對於表現空間的適合程度 2. 媒材表現空間時的操作難易程度

3.3.3 實驗結果

PART I 空間指標

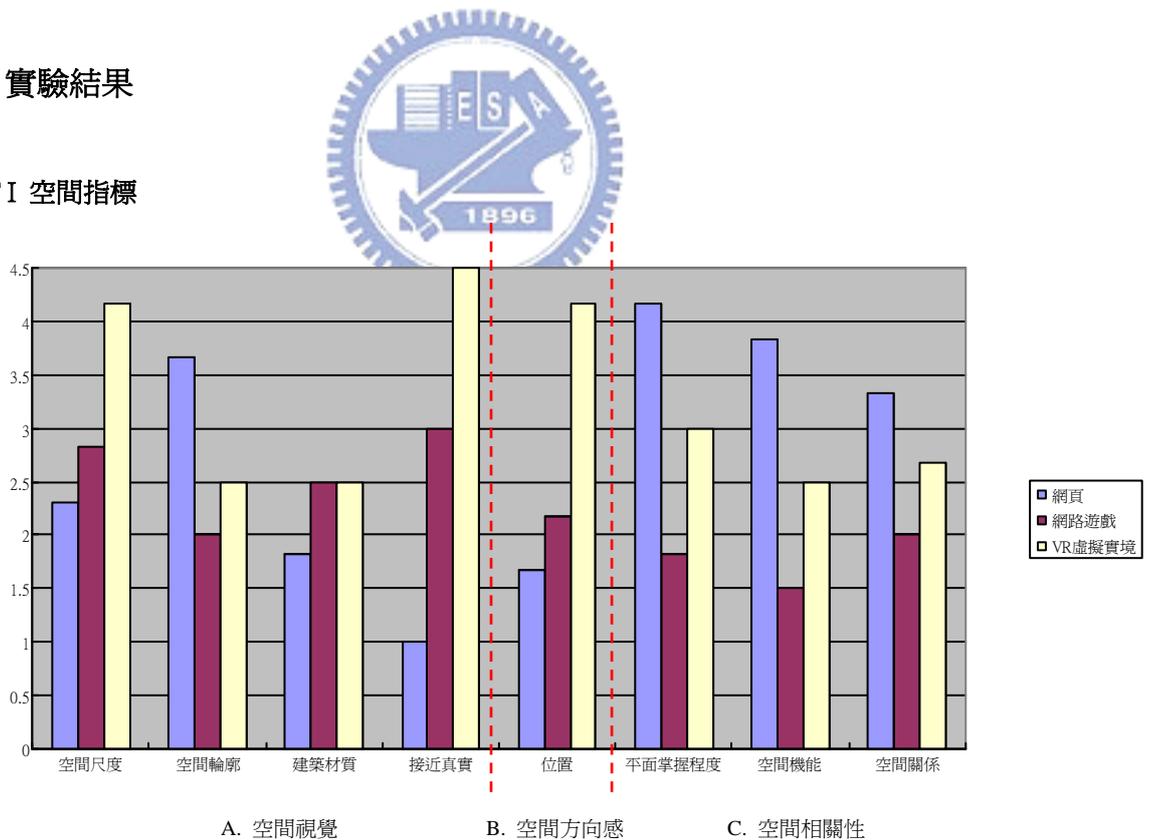


圖 3-21, 空間指標性問題問券結果

A. 空間視覺(spatial visualization)：

1. 建築空間尺度感受

對於建築尺度，也就是包括空間的大小、高度，以及物體的遠近等，在三種網路空間傳遞媒材，問卷結果顯示：網頁 2.3 分、網路遊戲介面 2.83 分、VR 虛擬實境 4.17 分。VR 虛擬實境介面較明顯的在傳遞尺度的能力高出另外兩種介面。

2. 建築空間輪廓

對於建築空間輪廓，所顯示的是對於空間的形狀以及建築設計特色上的理解程度，問卷的結果顯示：網頁 3.67 分、網路遊戲介面 2 分、VR 虛擬實境 3.67 分。網路遊戲介面遜於其他兩種介面，其餘兩種介面則有接近的表現能力。

3. 建築材質

對於建築材質的表現，也包括對於材料以及細節的理解程度，問卷的結果顯示：網頁 1.83 分、網路遊戲介面 2.5 分、VR 虛擬實境 2.5 分。網頁介面遜於其餘兩種介面，而網路遊戲介面與 VR 虛擬實境則有接近的表現能力。

4. 接近真實空間

空間傳遞媒材與真實空間瀏覽經驗的比較，受測者將與其在真實空間中的經驗相比較，問卷的結果顯示：網頁 1 分、網路遊戲介面 3 分、VR 虛擬實境 4.5 分。VR 虛擬實境在這項最為突出，而網頁介面則明顯遜於其餘兩種介面。

實驗結果顯示在空間視覺方面 VR 虛擬實境介面較其他兩種介面有效，其他兩種介面差距不多(表 3-2)。背景不同的受測者結果則顯示，具有空間設計背景者與非空間設計背景者結果差異性不大，也大致有相似的傾向。

B. 空間方向感(spatial orientation)：

1. 空間中的位置

受測者在瀏覽三種空間傳遞媒材，是否能知覺且理解自身在所瀏覽的空間中的位置，問卷的結果顯示：網頁 1.67 分、網路遊戲介面 2.17 分、VR 虛擬實境 4.17 分。VR 虛擬實境明顯優於其餘兩種介面，而網頁介面表現最差。

實驗結果顯示在空間方向感方面 VR 虛擬實境介面大幅超出其他兩種介面，而網頁則較其他兩種介面落後較多(表 3-2)。背景不同的受測者結果則顯示，具有空間設計背景者與非空間設計背景者結果傾向相似，不過兩種受測者差異較為明顯。非空間設計背景者對於 VR 虛擬實境介面傾向較明顯，具有空間設計背景者則較不明顯。

C. 空間相關性(spatial relation)：

1. 建築平面掌握程度

受測者在經驗三種網路空間傳遞媒材之後，對於建築平面的掌握及理解，問卷的結果顯示：網頁 4.17 分、網路遊戲介面 1.83 分、VR 虛擬實境 3 分。傳統網頁提供較佳的理解程度，而 VR 虛擬實境介面次之。

2. 建築空間機能

建築空間機能可能透過空間中的傢俱或者建築設計所表達的空間自明性呈現，問卷的結果顯示：網頁 3.83 分、網路遊戲介面 1.5 分、VR 虛擬實境 2.5 分。網頁的表現能力為最優，網路遊戲介面則最差。

3. 建築空間關係

建築中空間與空間之間的關係，可能透過瀏覽時的記憶與受測者本身對於空間的理解能力重新組合，問卷的結果顯示：網頁 3.33 分、網路遊戲介面 2 分、VR 虛擬實境 2.67 分。網頁的表現能力為最優，網路遊戲介面則最差。

實驗結果顯示在空間相關性方面傳統網頁介面較其他兩種介面為佳，而網路遊戲介面最差(表 3-2)。背景不同的受測者結果則顯示，具有空間設計背景者與非空間設計背景者結果傾向相似，兩種受測者結果差異較小。具空間設計背景者在此項對於傳統網頁介面有明顯的傾向。

表 3-2, 空間指標結果與受測者背景差異結果

空間媒材	網頁		網路遊戲		VR 虛擬實境	
	空間	非空間	空間	非空間	空間	非空間
空間視覺指標	2.25	2.17	2.5	2.67	3.58	3.85
	2.2		2.58		3.71	
空間方向感指標	1.33	2	1.67	2.67	4	4.33
	1.67		2.17		4.17	
空間相關性指標	4.11	3.45	1.78	1.78	2.78	2.67
	3.78		1.78		2.72	

II. 設計風格

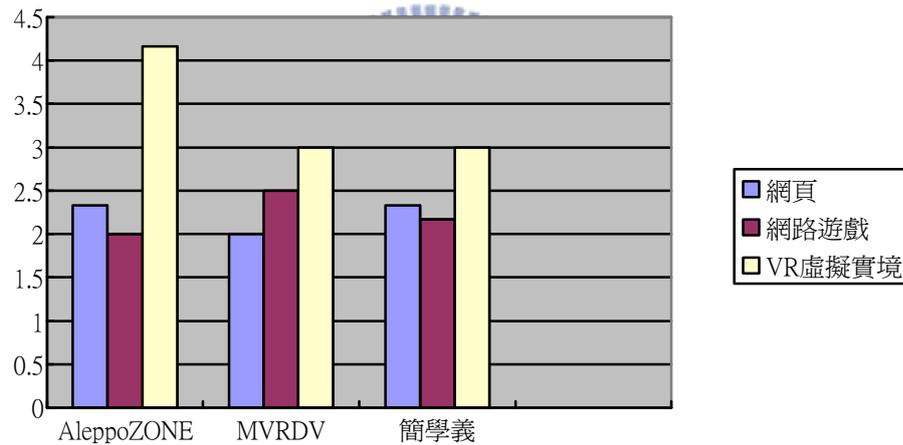


圖 3-22, 設計風格與媒材適用性問卷結果

實驗所選擇的三個設計案：AleppoZONE 工作室設計案、MVRDV 事務所設計案、簡學義建築師設計案，三個設計案分別代表三種不同設計型態。劉育東教授設計案在個別空間上不規則且非傳統，建築外觀上亦是。MVRDV 事務所設計案在個別空間基本仍為傳統建築的規則空間，空間組合及外觀則較為不規則且非傳統。簡學義建築師設計案在個別空間較為規則，且建築外觀也較為傳統。分別請受測者針對個別設計案在三種網路空間媒材的表現，其空間傳遞的感受及適用性。

問卷結果如下，AleppoZONE 工作室設計案：網頁 2.33 分、網路遊戲介面 2 分、VR 虛擬實境 4.16 分，VR 虛擬實境介面遠高於其他兩種介面，而網頁介面燒高於網路遊戲介面。MVRDV 事務所設計案：網頁 2 分、網路遊戲介面 2.5 分、VR 虛擬實境 3 分，VR 虛擬實境介面最高不過沒有明顯差距，網頁介面則為最末。簡學義建築師設計案：網頁 2.33 分、網路遊戲介面 2.17 分、VR 虛擬實境 3 分，VR 虛擬實境介面最高，不過與其餘兩種介面相距並不大，另兩種介面則非常相近(圖 3-22)。

在空間設計背景與非空間設計背景的結果差異上，具有空間設計背景者基本傾向與不具有者相似，但是在 AleppoZONE 工作室設計案的結果中，網頁與網路遊戲介面兩者在不同背景的兩組受測者所出現的結果是相反的，具有空間設計背景者在這兩種介面上較傾向於網頁介面(表 3-3)。

表 3-3, 設計風格結果與受測者背景差異結果

空間媒材	網頁		網路遊戲		VR 虛擬實境	
	空間	非空間	空間	非空間	空間	非空間
AleppoZONE	2.67	2	1.67	2.33	4	4.33
	2.33		2		4.16	
MVRDV	2	2	2.33	2.67	3	3
	2		2.5		3	
簡學義	2	2.67	1.67	2.67	3	3
	2.33		2.17		3	

III. 適用性與操作性

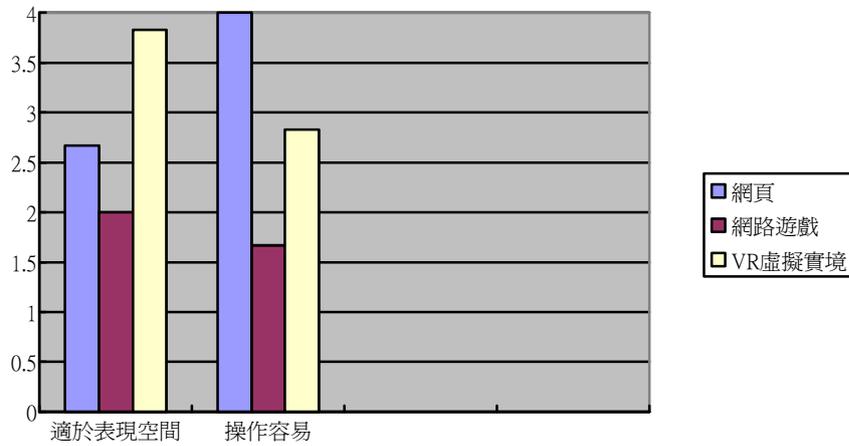


圖 3-23, 適用性與操作性指標問卷結果

針對三種網路空間媒材在操作及給予受測者的綜合空間感受，在適合於表現空間感受：網頁 2.67 分、網路遊戲介面 2 分、VR 虛擬實境 3.83 分。在操作容易的程度：網頁 4 分、網路遊戲介面 1.67 分、VR 虛擬實境 2.83 分(圖 3-23)。不同背景差異表現出非常相似的傾向，並沒有因為是否具有空間設計專業背景而也不同(表 3-4)。

表 3-4, 適用性與操作性結果與受測者背景差異結果

空間媒材	網頁		網路遊戲		VR 虛擬實境	
	空間	非空間	空間	非空間	空間	非空間
適於表現空間	2.67	2.67	2	2	3.67	4
	2.67		2		3.83	
操作容易	3.67	4.33	1.67	1.67	2.67	3
	4		1.67		2.83	

3.4 實驗結果分析討論

3.4.1 空間指標性結果分析

Ruddle、Randall、Payne及Jones(1996)發現，相較於桌上型電腦的虛擬空間技術，沈浸式的虛擬空間技術能讓個體在觀察環境時更方便，較少因為操作上的必要而產生停滯的現象，但空間中的行為模式與桌上型相同。本實驗的結果也呈現出相似的傾向，在空間視覺指標中對於空間描述的幾項指標，虛擬實境介面皆較網路空間互動介面及現有網路介面更有優勢。

在瀏覽過程中，環境的複雜度、參考點的數目以及相關輔助訊息是否充足，對於個體的瀏覽行為表現亦有相當大的影響(王人弘, 2003; 鄭金豐, 2003)。陳佳欣(2004)在整理相關文獻後亦發現，第一人稱視角的導覽系統，僅能提供使用者觀察前方的環境狀況，周遭的環境資訊往往由於無法同時觀測而被忽略，對於使用者進行空間定位時會產生一定程度的影響。在本實驗中亦發現受測者對於自身於空間中的位置辨認，網路互動空間介面與虛擬實境介面雖都採用第一人稱視角，不過由於網路互動空間介面無法提供立體視覺，且視角涵蓋範圍較小，與瀏覽真實空間經驗相差較大，受測者較無法自週遭接收足夠的環境資訊來辨明自身位置，而虛擬實境介面則因提供了立體視覺以及180度的視角，受測者較能感受到身處空間之中的感受，而較能自然的接收空間資訊，且辨識自身位置。

在空間指標性中發現，現有網路介面仍然在平面掌握程度、空間輪廓、空間機能、空間關係優於其他兩種介面，除了對於介面的熟悉程度之外，空間平面透過圖面傳達是最常被使用的方式，而未受過專業訓練者，在經歷空間時也需平面輔助作為辨認，在真實空間之中許多空間皆提供平面圖供參訪者使用，如博物館、公共空間等，而網路遊戲也經常在遊戲進行時，可以叫出遊戲空間平面圖作為導引以及位置的辨認。而具有設計專業背景者更由於其專業訓練，對於圖面的解讀能力較高，更為仰賴平面圖作為空間理解的主要工具。空間能力是指個體於觀察三度空間時，在內心進行物體旋轉移動或改變位置的抽象思考能力，對於空間知識的建立與形成具有密切的關係(戴文雄, 1998)。由於空間能力對於尋路行為具有相當程度的影響力，因此許多國內外的研究者在進行尋路行為的相關研究時，均將空間能力視為影響尋路行為的重要變項之一。例如國外學者Moffat、Hampson 及Hatzipantelis (1998) 在進行虛擬世界迷宮的尋路績效相關

比較的研究中便指出，空間能力測驗表現越好的受測者，在進行虛擬迷宮的探索時，其所花的時間以及轉錯彎的次數均較空間能力測驗表現較差的受測者來的少；而Darken 與Peterson (2000)也指出，在進行相同的尋路任務時，空間能力較高者對於地圖的解釋與使用均較低空間能力者佳，顯示以空間能力的高低進行受測者尋路績效表現差異解釋時，具有很大的幫助。

3.4.2 設計風格

O' Neill(1992)的研究發現，當虛擬環境本身愈複雜時，受測者的尋路行為表現會下降，但當受測者對於環境愈熟悉時，則環境複雜度影響的程度愈小。受測者所在的樓層平面倘若具有「規則性」、以及「對稱性」的特質，會讓在其中的受測者較容易辨別出自己的所在位置以及進行方向的判定，而忽略空間本身在區位上的複雜性(O' Neil, 1991)。本研究選擇三個設計風格各異的設計案，在實驗結果也呈相似的傾向，當受測者在面對較為複雜，且不熟悉的空間時，虛擬實境介面提供了最佳的空間資訊呈現。如AleppoZONE工作室設計案，由於在設計上使用了中國書法中狂草的概念，無論在建築平面或內外空間造型，都大量的以曲線、曲面呈現，空間與一般常見的空間迥異。在實驗中發現，受測者透過三種介面瀏覽劉育東教授設計案時，由於對於空間的不熟悉，所以需要較多的理解時間，而由於虛擬實境介面提供較高的空間資訊，以及較為接近真實空間且自然的視覺，對於複雜空間有較佳的表現能力。

3.4.3 使用性與操作性

以硬體設備差異進行3D虛擬空間瀏覽行為比較的相關研究而言，Ruddle、Randall、Payne及Jones (1996)進行了個體在沈浸式(Immersive)和桌上型(Desk-top)3D虛擬空間瀏覽行為的比較，發現相較於桌上型電腦的虛擬空間技術，沈浸式的虛擬空間技術能讓個體在觀察環境時更方便，較少因為操作上的必要而產生停滯的現象，但瀏覽行為的模式與桌上型相同。本研究所使用的虛擬實境環境(VR CAVE)亦屬於沉浸式虛擬空間，在比較虛擬實境介面及網路互動空間介面兩種介面上，也反應相似結果，由於提供較多的空間資訊，虛擬實境介面使的受測者感受到較為自在的空間感受以及移動，進而使的操作上較為容易，且比較不會感受到迷失及疑惑。由於受測者皆對於現有網路介面操作熟悉，故在操作性方面現有網路介面有明顯優勢，且由於網路互動空間介面及虛擬實境介面皆為被動模擬操作，而非實際由受測者操作，在自由度上面也較無法反

應，實驗結果也相當程度的反應此點。



第四章 結論

4.1 結論

本研究網路傳遞空間感受的介面，透過模擬或建立三種網路空間傳遞介面：現有網頁介面、網路互動空間介面、虛擬實境介面。從受測者接受實驗與問券結果分析得知，透過網路傳遞空間感受的介面，目前透過網路傳遞的資訊以視覺資訊為主，聲音資訊則位於輔助的角色，氣味及觸覺等其他感官則尚未發展成熟，以視覺資訊為主的網路平台上傳遞空間資訊，在本研究中發現使用者的視覺空間感知層面，以能傳遞最多空間資訊的虛擬實境介面最為有利。虛擬實境介面提供了立體視覺以及沉浸式環境，提供大量的視覺空間資訊。由於使用者探索空間時，除透過視覺得到的視覺資訊，尚仰賴心智中的認知空間的建立，在本實驗中亦觀察到，使用者在不同的空間介面瀏覽，在心智中的認知空間建立，除仰賴視覺資訊提供的多寡外，較為抽象的資訊，如地圖、文字等也有頗高的比重。也經由不同背景的受測者觀察到，認知空間的建立與使用者本身背景知識有相當程度的關係，具有空間訓練背景，如建築設計者，對於抽象資訊的理解及依賴程度較高，而不具有者則較需要接近真實空間經驗的介面，且空間感受越接近真實能得到越高度的資訊。另外操作介面的熟析程度則影響專注力甚高，不熟析的操作介面則會大幅降低資訊的吸收程度，需要仰賴更多的資訊去彌補。

4.2 研究限制

1. 在實驗過程之中，採用被動式動畫模擬空間瀏覽過程，而無法使用即時互動。由於虛擬實境環境的限制，產生雙眼視覺影像所需運算數量極大，若是需即時互動，則需要簡化內容，如 3D 模型多邊型數量的降低，材質以及光線設定的簡化等。
2. 由於本研究所使用的空間為透過 3D 模型所構成，雖然透過高階的運算引擎以及精細的燈光材質設定，可以使運算完成的圖像相當接近真實空間呈現，然而在本實驗中由於所採用的模型精細度尚未達到，故受測者可以明顯的感覺是運算繪圖構成的空間，而難以有接近

真實空間的細節及感受。

3. 在真實空間中瀏覽空間，行動以及瀏覽的視線自由度高，而在本實驗中，行動以及視覺皆受限制，無法隨受測者自由意志操作，影響受測者在空間資訊的取得。
4. 由於本實驗問券所得的結果為受測者心裡感受的評量，每位受測者的心理反應皆有不同程度的差異，較難有客觀的標準作為校正，若有更進一步的研究，應輔以認知實驗方式，取得更多資料。

4.3 研究貢獻

本研究的貢獻在於透過網路環境傳遞空間經驗，使用現有已存在技術及硬體，建立或模擬不同的介面，透過實驗瞭解不同介面傳遞空間感受的能力。在網路空間逐漸具有真實空間特性的趨勢下，真實的空間應用於網路呈現上。並且藉由確立了網路可以具有空間能力，而非只是抽象的網路空間，使的網路從資訊架構的空間，進而成為真正可以有活動發生的空間。

4.4 未來研究

1. 透過網路傳遞接近真實空間的空間感受，網路與使用者之間的介面，可以由現在的平面圖像設計方式，成為接近真實空間的空間設計方式。在這樣的環境之下，未來的網路空間發展可能也會脫離現有的空間設計原則，而產生出與現實空間有極大差異的空間，如網路中的空間型態不需要有物理特性，例如不需要如真實空間般需要地平線、重力等。未來可針對網路中所呈現的空間型態，於空間設計領域做出更進一步的研究。
2. 由於與網路上其他使用者的互動，透過接近真實空間的介面，可以比現有的透過文字更自然更接近真實而使的互動親切且自然，未來可就網路上的人際互動關係介面作為研究方向。
3. 網路傳遞空間的介面也可使其他需要空間感受的工作得以更容易的傳遞資訊，如建築設計、工業設計等，可以作為生產作業平台的溝通工具。
4. 目前發展的網路空間介面多著重於視覺上的空間感受，其餘感官僅有聽覺作為輔助的功能亦有所發展，新的介面除了立體視覺外，也可朝向加入聽覺，甚至觸覺、嗅覺等其他感官，可以傳遞更完整的環境資訊。

5. 即時互動由於需要極大量的運算，未來當個人電腦運算能力大幅提升至可即時運算精細的3D 互動環境時，可以做更多即時運算方式的研究，包括追求更大量的細節，以及追求更接近真實的材質及光線等，使的環境可以更為接近真實。
6. 加入更多不同背景受測者，以瞭解當透過公開的網路傳遞空間感受時，不同的使用者，對於空間資訊的需求以及發展最有效的介面。



參考文獻

- Anders, Peter, 1998, "Envisioning cyberspace: the design of on-line communities", New Jersey: The virtual dimension pp.219-233 edit by Burroughs, Williams S., Deleuze, Gilles and Guattari, Felix
- Badcoe, I. , 2000, The computer game industry: Current state of play, *Virtual Reality*, 5(4), 204-214.
- Barfield, W., Zeltzer, D., Sheridan, T. and Slater, M., 1995, Presence and Performance Within Virtual Environments, *Virtual Environments and Advanced Environment Design*, eds. W. Barfield and T. A. Furness. New York: Oxford University Press
- Bertol, D. (1997) *Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality*, John Wiley & Sons, New York
- Bloomer, K. C. and Moore, C. W., 1978, *Body, memory, and architecture*, Yale University Press, New Haven and London
- Booth, K., Fisher, B., Page, S., Ware, C., & Widen, S., 2000, Wayfinding in a virtual environment
- Bricken, M., 1994, *Virtual Worlds: No Interface to Design, Cyberspace - First Steps*, M.Benedikt ed, MIT Press
- Burdea G. and Coiffet, G., 1993, *Virtual Reality Technology*, Wiley Interscience
- Castell, M, 夏鑄九等譯, 1998, "網路社會之崛起", 台北:唐山出版社
- Castells, M., 1996, *THE INFORMATION AGE: ECONOMY, SOCIETY AND CULTURE*, Basil Blackwell, Oxford
- Chen, C. , 1999, *Information Visualisation and Virtual Environments*, Springer
- Chen, J. L., & Stanney, K. M., 1999, A theoretical model of wayfinding in virtual environments: Proposed strategies for navigation aiding, *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 8(6), 671-685.
- Ching, F.D.K., 1979, *Architecture: Form, Space and Order*, Van Nostrand Reinhold. New York
- Chittaro, L., & Scagnetto, I., 2001, Is semitransparency useful for navigating virtual environments? 8th ACM Symposium on Virtual Reality Software & Technology. New York: ACM Press.
- Chung, S. C.(鐘聖校), 1990, "認知心理學", 台北:心理出版社
- Cigognani, Anna and Maher, Mary Lou, 1997, "Design speech acts. How to do things with words in virtual communities", *CAAD Future* 97
- Cigognani, Anna, 1998, "On the linguistic nature of cyberspace and virtual communities", *Virtual reality society journal* pp.16-24
- Conroy, R. A., 2001, Wayfinding in the real and virtual world. In *Spatial navigation in immersive virtual environments*. Department of architecture (pp. 23-48). London: University College London.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., Defanti, T. A., 1993, Surrounding-Screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE, in *SIGGRAPH 93 conference proceeding*, pp.135-142, ACM SIGGRAPH
- Curtis, Pavel, 1997, "Mudding: Social phenomena in text-based virtual realities", New Jersey: Culture of the internet pp.121-142 edit by Kiesler, Sara
- Darken, R.P. and Sibert, J.L., 1993, A toolset for navigation in virtual environments, *Proceedings of the ACM*

- User Interface Software and Technology, pp.157-165
- Darken, R. P., & Sibert, J. L., 1996, Wayfinding strategies and behaviors in large virtual world.
- Darken, R. P., & Peterson, B., 2002, Spatial orientation, wayfinding and representation. In K. M. Stanney (Ed.), Handbook of virtual environment technology (pp. 493-518). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- DeFleur, M. and Ball-Rokeach, S., 1989, Theories of mass communication(5th ed), New York: Longman
- Dieberger, A. and Frank, A. U., 1998, "A city metaphor to support navigation in complex information spaces", Journal of Visual Languages and Computing, 9, 597-622.
- DiPaola, S. & Collins, D. 2002, A 3D Virtual Environment for Social Telepresence, in, Western Computer Graphics Symposium, Canada, pp. 24-27
- Donath, J. S. 1997, Inhabiting the Virtual City: The Design of of Social Environment for Electronic Communities, (<http://persona.www.media.mit.edu/thesis/cover>)
- Dyson, F. 1998, Space being and other fiction in the domain of the virtual, in J. Beckmanm(ed.), The Virtual Dimension: Architecture, Representation, and Crush Culture, Princeton Architectural Press, New York, pp. 26-45
- Fabricator, C., Nussbaum, M., & Rosas, R., 2002, Playability in action videogames: A qualitative design model. Human-Computer Interaction, 17(4), 311-368.
- French, J. W., 1951, Description of Aptitude and Achivement Tests in Terms of Roatated Factors, Psychometric Monograph
- Golledge R. G., 1999, Human wayfinding and cognitive maps. In R. G. Golledge (Ed.), Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes (pp. 5-45). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Guilford J. P. & Lacey J. I., 1947, Printed Classification Tests, A.A.F. Aviation Psychological Progress Research Report, No. 5, Washington DC.
- Harvey, D., 1989, "The condition of postmodernity", Cambridge: Basil Blackwell
- Heeter, C., 1992, "Being there:the subjective experience of presence" · Presence
- Huang, C. H., 2001, A Preliminary Study of Spatializing Cyberspace - A Cognitive Approach, Architectural Information Management, 19th eCAADe Conference Proceedings, Helsinki (Finland) 2001, pp. 511-516
- Ingram, R. and Benford, S., 1995, "Improving the legibility of virtual environments", in, Second Enrographics Workshop on Virtual Environments, Monte Carlo, pp. 211-223.
- Ishida, T., 2002, Digital City Kyoto: Social information infrastructure for everyday llfe, in, Communications of the ACM, pp.76-81
- Kalay, Yehuda E., 2004, CONTEXTUALIZATION AND EMBODIMENT IN CYBERSPACE, CAADRIA 2004 [Proceedings of the 9th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia / ISBN 89-7141-648-3] Seoul Korea 28-30 April 2004, pp. 5-14
- Kalay, Y. E. 2004, Virtual Learning Environments, ITcon Journal, 9(ICT Supported Learning in Architecture and Civil Engineering), pp. 195-207

- Krueger, M. W., 1991, *Artificial reality* (2nd ed.), Reading, MA: Addison-Wesley
- Lefebvre, H., Translated by Donald Nicholson-Smith, 1991, *The construction of space*, Oxford: Blackwell
- Lin, S. L. and Chien, S. F., 2003, *From Chinese Gardens to Virtual Environments. A Gateway to Cyberspace*, Digital Design - Research and Practice, Proceedings of the 10th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures
- Lohman D. F., 1979, *Statial Ability: Individual Differences in Speed and Level* (tech. rep. No. 9), Stanford, CA: Stanford University, Aptitude Research Project, School of Education
- McGee M. G., 1979, *Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal and Neurological Influences*, *Psychological Bulletin*, 85(5), 889-918
- McRae, Shannon, 1991, "Flesh made word: sex, text and the virtual body", New York: *Internet culture* 99.73-86 edit by Porter, David
- McRae, Shannon, 1997, "Flesh made word: sex, text and the virtual body", New York: *Internet culture* pp.73-86 edit by Porter, David
- Mitchell, W. J., 1995, *City of bits: space place, and infobahn*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Mitchell, William J., 陳瑞清譯, 1998, "位元城市", 台北:天下出版社
- Mitchell, William J., 1999a, *E-topia: UrbanLife, Jim-but not as we know it*, MIT Press, Cambridge, MA
- Mitchell, William J., 1999b, *Replacing place*, in P. Lunenfeld (ed.), *The Digital Dialect*, MIT Press, Cambridge, MA, pp.112-128
- Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M., 1998, *Navigation in a "virtual" maze: Sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans*. *Evolution and Human Behavior*, 19, 73-87.
- Negroponte, N., 1994, *Being Digital*, Cambridge, MA: The MIT Press
- Novak, M., 1991, "Liquid architectures in cyberspace", in M. Benedikt (ed.), *Cyberspace: First Step*, MIT Press, Cambridge, Mass., pp. 225-254.
- Nunez D. & Blake E., 2001, *Cognitive Presence as a Unified Concept of Virtual Reality Effectiveness*, Proceedings of the 1st International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality and Visualization, ACM press, New York, pp. 115-118
- O'Neill, M. J., 1991, *Effects of signage and floor plan configuration on wayfinding accuracy*. *Environment and Behavior*, 23(5), 553-574.
- O'Neill, M. J., 1992, *Effects of familiarity and plan complexity on wayfinding in simulated buildings*. *Journal of Environmental Psychology*, 12, 319-327.
- Passini, R., 1984, *Wayfinding in Architecture*, Van Nostrand Reinhold, New York
- Passini, R., 1992, *Wayfinding in architecture*. New York: Van Nostrand Rchinhold Press.
- Pribly J. R. & Bordner G. M., 1985, *The Role of Spatial Ability and Achivment in Organic Chemistry*, ERIC Document Reproduction Services No. ED255393
- Rapoport, Amos, 施植明譯, 1982, "建築環境的意義:非言語的交流途徑", 台北:田園城市出版社
- Reid, E., 1994, "Culture formations on text-base virtual realities", Master's thesis, Dept. of English, Cultural

- studies program, University of Melbourne
- Rheingold, H., 1991, *Virtual Reality*, New York
- Richmond, A., 1996, Enticing Online Shoppers to Buy - A Human Behavior Study. *Computer Networks & ISDN Systems*, 28(7-11), pp. 1469-1480.
- Rollings, A., & Adams, E., 2003, "大師談遊戲設計", 上奇科技出版事業處譯, 台北市: 上奇科技出版事業處
- Ruddle, R. A., Randall, S. J., Payne, S. J., & Jones, D. M., 1996, Navigation and spatial knowledge acquisition in large-scale virtual buildings: An experimental comparison of immersive and "desk-top" displays, 2nd FIVE International Conference. Pisa, Italy: ESPRIT Working Group 9122.
- Sheridan, T. B., 1992, Musings in telepresence and virtual presence, *presence: teleoperators and Virtual Environment*, 1(1), pp.120-126
- Slater M., Usoh M., & Steed A., 1995, Taking Steps: The Influence of a Walking Technique on Presence in Virtual Reality, *ACM Trans, Comput Hum, Interact*, 2, 3(sept.)
- Steuer, J., 1995, "Defining virtual reality: dimensions determining telepresence", New Jersey: Communication in the age of virtual reality pp.35-56 edit by Biocca, F. and Levy, M. R.
- Su, F. Y. (蘇芬媛), 1996, "網際虛擬社區的形成: MUD 之初探性研究", 國立交通大學碩士論文
- Tapscott, Don · 陳曉開等譯, 1998, "N 世代", 台北: 美商麥格羅 希爾
- Thoma, V., et al., 1999, Usability and Navigation in Virtual 3D Worlds, in HCI, Munich, Germany, pp.1049-1054
- Thurstone L. L. & Thurstone, T. G., 1949, *Examiner Manual for the SRA Primary Mental Abilities Test (form 10-14)*, Chicago, Science Research Associates
- Weisman, G. D., 1981, Evaluating architectural legibility: Wayfinding in the built environment. *Environment and Behavior*, 13, 189-204.
- Wertheim, Margaret 1999, *The pearly gates of cyberspace, a history of space from Dante to the Internet.*
- Zevi, B., 1957, *Architecture as space: how to look at architecture*, translated by M. Gendel, Da Capo Press, New York
- 林鼎傑, 2003, "電影化鏡頭控制在 3d 電腦遊戲之應用", 國立交通大學資訊科學研究所碩士論文
- 陳佳欣, 2004, "虛擬環境中跟隨鏡頭與尋路績效之關係研究", 國立臺灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所碩士論文。
- 鄭金豐, 2003, "以尋路行為認知模式探討捷運車站的標示系統-以台北捷運忠孝復興站為例", 國立台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文
- 戴文雄, 陳清檳, 孫士雄, 2001, "空間能力量表之探討與建構", *工業教育學刊*, 25 : 27-36
- 康鳳梅, 戴文雄, 2001, 學習型態與電腦輔助學習對機械製圖學習成效之研究, 台北: 第九屆全國技術及職業教育研討會論文集一般技職及人文教育類, 231-240

參考網頁

<http://secondlife.com/>

<http://www.yungching.com.tw/>

<http://www.louvre.fr/llv/commun/home.jsp?bmLocale=en>

<http://www.rz.rwth-aachen.de/ca/i/men/lang/de/>



您好，感謝您協助參加本實驗，並且協助填寫問券。這份問券主要目的是為了瞭解，您在操作使用過三種網路空間傳遞媒材之後，對於不同媒材在傳遞空間感受上，給予您的空間資訊，能使您對於該空間的瞭解與掌握。當您在經驗這三種空間媒材時，也可與自身在真實空間中的經驗做比較，以此作為評估的依據。

個人資料

您的性別： 男 女

您是否具空間設計相關背景： 是 否

您是否經常操作網路(瀏覽網頁)： 是 否

您是否有使用網路遊戲經驗(如：COUNTER STRIKE, SECOND LIFE)： 是 否

您是否有看過類似 VR 內容(如：IMAX 電影)： 是 否

您的年齡：_____歲

謝謝您撥冗操作三種網路空間傳遞媒材，以下問題請依您在實驗過程中的感受，以不同強度等級作答，皆分為 1~5 級，比如若是該問題所提出的使用描述相當符合您操作時的經驗，麻煩填入 5，反之與您經驗相去甚遠則填 1，謝謝。



PART I 空間指標

1. 三種空間傳遞媒材中，使您對建築中空間尺度(大小、高度)的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A. 網頁_____分 B. 網路互動介面_____分 C. VR 介面(CAVE)_____分
2. 三種空間傳遞媒材中，使您對於空間輪廓(形狀)的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A. 網頁_____分 B. 網路互動介面_____分 C. VR 介面(CAVE)_____分
3. 三種空間傳遞媒材中，使您對於建築材質瞭解的程度分別為？(1~5 分)
A. 網頁_____分 B. 網路互動介面_____分 C. VR 介面(CAVE)_____分
4. 瀏覽三種空間傳遞媒材過程中，接近真實空間瀏覽經驗的程度分別為？(1~5 分)
A. 網頁_____分 B. 網路互動介面_____分 C. VR 介面(CAVE)_____分

5. 瀏覽三種空間傳遞媒材過程中，您是否可以知道您所在的位置？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
6. 三種空間傳遞媒材中，使您對於建築平面的掌握程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
7. 三種空間傳遞媒材中，使您對於建築空間其機能瞭解的程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
8. 三種空間傳遞媒材中，您對於空間之間關係的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分

PART II 媒材適用

1. 劉育東教授設計案(第一案)，三種空間傳遞介面使您對於空間的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
2. MVRDV 設計案(第二案)，三種空間傳遞介面使您對於空間的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
3. 簡學義建築師(第三案)設計案，三種空間傳遞介面使您對於空間的瞭解程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分

PART III 操作性問題

1. 三種空間傳遞媒材使您覺得適合用於表現空間的程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分
2. 三種空間傳遞媒材您覺得容易操作的程度分別為？(1~5 分)
A.網頁_____分 B.網路互動介面_____分 C.VR 介面(CAVE)_____分