

# 網路式虛擬實境建立系統

## 於二維圖集再利用之初步研究

學生：史頌恩

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學土木工程研究所

### 摘 要

本研究主要目的乃在於建立一「網路式自動化虛擬實境建構系統(Web-based Automatic 2D-to-VR system, AutoVR)」，再利用建築營建工程中已繪製好的工程設計圖集，將這類平面二維的圖集自動化地解讀與辨識成為虛擬實境的電腦 3D 模型，以供建築專案設計團隊中不同領域的人員能夠輕易地藉由 3D 虛擬實境專案進行溝通與協調。

由於傳統二維的電腦輔助繪圖系統已無法滿足現今建築營建領域中複雜結構的需求，例如：二維圖集資料交換困難、難以利用分散式圖檔資訊進行溝通等等，許多新一代物件式的 3D 電腦繪圖系統便應運而生。然而，建立 3D 模型所花費的時間與資源以及所需要的技術往往為製作二維圖集的數倍，再加上現今的 3D 電腦繪圖軟體並不能再次利用二維圖集來建立新的模型，而必須重新建立其 3D 模型的資料庫，如此一來，建築營建公司或設計團隊所付出的成本除了軟體及技術費用之外，還有最珍貴的圖集資源。

因此，若二維圖集與 3D 模型之間不能建立起一個再利用的關聯，則設計團隊就可能會採取保守的態度，繼續使用二維製圖方式，使得資料難以交換、團隊中不同領域人員之間難以溝通的問題依舊存在。

針對上述之問題，本研究以 PHP ( PHP Hypertext Preprocessor ) 互動式網頁程式，利用 3-Tier 架構建立一網路式的虛擬實境建立系統，使用者上傳其結構工程的鋼結構設計圖集至系統後，系統會利用電腦圖層命名規範以及電腦製圖規範，將設計圖集的圖檔資料分類與解析並存入資料庫內，再利用 PHP 自動建立一 VRML( Virtual Reality Modeling Language ) 架構的互動式建築虛擬實境專案。

# **A Study of Web-based Virtual Reality Construction System by Reusing 2D Construction Drawing Sets**

**Student: Chung-Yan Shih      Advisor: Dr. Shih-Lin Hung**  
**Department of Civil Engineering**  
**National Chiao Tung University**

## **Abstract**

The main objective of this research is to develop a “Web-based Automatic 2D-to-VR system,” denominated AutoVR. The AutoVR system can extract and analyze the information in two dimensional drawings of construction drawing sets. By reusing the construction drawings, the AutoVR system can automatically create a virtual reality (VR) construction project. This VR project provides a convenient environment for different fields of people in the design group and helps to communicate their thoughts and ideas about the project easily.

Since there are some defects in the traditional 2D drawings while describing the sophisticated construction project, for example, difficult to exchange product information or to communicate by using 2D drawing set, many 3-D object-oriented computer-aided drawing systems are developed. However, there are still some serious problems in most 3-D drawing systems: They can't reuse the information in traditional 2D drawings; establishing a 3D construction project usually takes more than twice as long to designer as it takes to draw a comparable amount of data using a traditional CAD system; the prices of using 3-D CAD system are not only the cost of software and technique but also the invaluable resources of construction drawing sets.

Therefore, if the relation between 2D drawings and 3-D models can't be established, the companies and design groups may keep using the traditional 2D CAD systems to build up their construction project. The product information will still be hard to exchange and the problems of communicating between different fields of people in design group remain unsolved.

To avoid the aforementioned problems, this research develops the AutoVR system by PHP (PHP Hypertext Preprocessor), MySQL database and 3-Tier architecture. After the user uploading his construction drawing sets to the system, the system will analyze the drawings and extract the information which are organized by CAD drawings standards. Then the system will automatically store the information into the MySQL database and create a VR construction project in VRML (Virtual Reality Modeling Language) by PHP. The models in the created VR environment are object-liked and the environment is interactive with users.

## 誌謝

隨著論文的完成，兩年的碩士研究生涯即將劃上句點，往人生的下一個里程碑邁進，心中的感觸良多。兩年的研究生涯讓我成長了許多，不論是在研究求學的知識中或是觀看事物的角度想法上，都讓我滿載而歸。這其中要感謝的人首推指導老師洪士林博士，給予我充分自我應用的時間與修課的自主權，也處處為學生著想，使我得以更廣泛的吸收不同領域與學科的知識並運用至我的研究當中。同時在論文研究的撰寫時也不厭其煩地指導我、給予我意見，使本論文能夠順利完成。感激之情難以言喻，謹祝福其無論在家庭或是研究上都能一帆風順。

本文能夠圓滿順利，更要感謝台大謝尚賢老師在要出國前夕抽空為我口試，以及交大鄭復平老師能夠在百忙之中撥冗給予指導，兩位老師給予我許多關於論文的寶貴意見與指教，使論文之中疏漏不足之處方能修正與補齊。在此致上深深的謝意。

當然也要感謝研究室的成員們。感激博士班清雲學長在論文寫作方式給予許多珍貴意見，子翔學長提供了許多研究方面的參考資料與建議，以及俊明、育嘉、宗廷、總傑等學長在各方面的提攜與經驗分享。也謝謝景惠、金陵及其他許多同學和學弟妹們在生活中與學識上彼此相互砥礪，其中特別感謝長瑋學弟在研究、娛樂、飲食等方面的協助，子軒學弟在口試時的協助及給予的意見，立偉學弟對於系統的建議及贈與的畢業馬克杯，義鈞學弟在生活中帶來”小蕃薯”般的歡樂，明璟學妹在口試前的精神鼓舞，一切在研究所期間所發生的事情都是珍貴的回憶，感謝各位。

感謝幼唯在一切事物上的幫忙、支持與鼓勵及論文上的修正和口試時的協助，陪伴我度過許多快樂的時光，也感激姊姊在自己考試前夕仍幫我修訂論文以及爸爸、媽媽與哥哥在生活上和精神上的支持，因為你們的支持與鼓勵使我能順利地完成學業，最後，感謝神在我這些日子一路上的保守與引領。謹將本論文獻給所有愛我及我愛的人。

本文目錄	頁碼
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 緣起與動機 .....	1
1.2 研究範疇 .....	3
1.3 研究目的 .....	4
1.4 研究方法 .....	4
1.5 論文架構 .....	5
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>6</b>
2.1 3D 虛擬實境 .....	6
2.1.1 VRML (Virtual Reality Modeling Language) 的發展過程 .....	6
2.1.2 VRML 檔案 .....	7
2.1.3 目前研究與應用 .....	9
2.2 工程圖形資訊標準 .....	11
2.2.1 電腦繪圖標準 (CAD Standards) .....	11
2.2.2 產品模式資料交換標準 (Standards of Product Modeling) .....	15
2.2.3 小結 .....	16
2.3 CAD 系統與圖檔辨識 .....	17
2.3.1 CAD 系統的應用 .....	17
2.3.2 圖檔辨識 .....	17
2.4 網路傳輸與資料庫系統 .....	19
2.4.1 系統評比 .....	19
2.4.2 3-Tier 網路架構 .....	20
2.4.3 使用者認證 (User Authentication) .....	21
2.4.4 關聯式資料庫 (Relational Database) .....	22
<b>第三章 網路式自動化虛擬實境建構方法 .....</b>	<b>25</b>
3.1 網路傳輸與資料庫互動程序 .....	26
3.1.1 3-Tier 網路互動架構 .....	26
3.1.2 使用者認證 .....	27
3.1.3 建築專案資料庫系統架構 .....	28
3.2 工程施工圖檔辨識流程 .....	29
3.2.1 工程圖檔的 CAD 繪製標準 .....	30
3.2.2 DXF 檔案格式 .....	37
3.3 虛擬實境建構與呈現流程 .....	44
3.3.1 定義新原型節點 (PROTO Node) .....	44

3.3.2 PROTO 內容的建立方法.....	45
3.3.3 3D 場景建立的方法.....	47
3.3.4 3D 場景的控制架構圖.....	50
<b>第四章 系統案例印證 .....</b>	<b>53</b>
4.1 案例說明與實作 .....	53
4.2 網路系統的架構 .....	57
4.2.1 網站架構.....	57
4.2.2 資料庫架構.....	60
4.3 工程施工圖檔辨識 .....	61
4.3.1 實例說明.....	61
4.3.2 工程施工圖中圖元物件在 DXF 檔案中的特性與辨識法則.....	64
4.4 網路虛擬實境建構與呈現 .....	73
4.4.1 專案虛擬實境展現.....	73
4.4.2 VRML PROTO node .....	78
4.5 討論 .....	95
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>97</b>
5.1 結論 .....	97
5.2 限制 .....	100
5.3 未來研究建議 .....	101
<b>參考文獻 .....</b>	<b>102</b>
<b>附錄 A 不同種類圖集的分類.....</b>	<b>107</b>

---

圖目錄	頁次
圖二-1 VRML 瀏覽器建構虛擬實境示意架構[26] .....	8
圖二-2 VRML 對於座標軸及旋轉軸的規定 .....	9
圖二-3 傳統媒材與電腦媒材特性比較[39].....	10
圖三-1 AutoVR 系統示意圖 .....	26
圖三-2 本研究 3-Tier 架構 .....	27
圖三-3 遺忘密碼，系統將會寄新的密碼給使用者 .....	28
圖三-4 資料庫架構圖 .....	29
圖三-5 工程圖集辨識流程 .....	30
圖三-6 AIA 圖層命名規則 .....	32
圖三-7 AIA 的圖層描述方式與被描述物件之關係 .....	36
圖三-8 使用者自訂之圖層名稱與物件之關係 .....	36
圖三-9 DXF 檔案的架構 .....	38
圖三-10 圖檔辨識程式示意流程圖 .....	43
圖三-11 虛擬實境建構流程示意圖 .....	44
圖三-12 以含透明資訊的圖檔及 Billboard 建立的樹 .....	48
圖三-13 以兩張垂直的圖檔建立較不易失真的樹樣式 .....	49
圖三-14 真實背景的貼圖方式 .....	50
圖三-15 3D 場景架構 .....	51
圖三-16 虛擬實境場景控制選單 .....	52

圖四-1 廠房 S01-01 平面圖與圖層標註解釋.....	54
圖四-2 廠房 S01-02 平面圖.....	55
圖四-3 廠房 S02-01 立面圖與圖層標註解釋.....	55
圖四-4 廠房 S02-02 立面圖.....	56
圖四-5 廠房 S02-04 立面圖.....	56
圖四-6 網站架構示意圖 .....	57
圖四-7 系統登入畫面 .....	58
圖四-8 虛擬實境專案管理畫面 .....	58
圖四-9 新增建築專案 .....	59
圖四-10 個別專案管理介面 .....	59
圖四-11 影音資料上傳畫面 .....	60
圖四-12 系統資料庫架構 .....	61
圖四-13 部分使用者自訂製圖風格畫面 .....	62
圖四-14 上傳圖檔的畫面 .....	63
圖四-15 圖檔上傳及分析資料成功 .....	63
圖四-16 圖檔中標註的特性 .....	65
圖四-17 圖檔中指北針的特性 .....	66
圖四-18 平面圖與立面圖中樑圖層示意圖 .....	67
圖四-19 平面圖與立面圖中柱圖層示意圖 .....	70

圖四-20 平面圖中柱的特性 .....	71
圖四-21 網格標籤的特性 .....	72
圖四-22 CSI 模組 04 對網格的規定 .....	72
圖四-23 3D 工程專案 .....	74
圖四-24 太多物件於畫面當中，干擾使用者瀏覽專案 .....	74
圖四-25 單純柱虛擬實境畫面呈現 .....	75
圖四-26 複雜背景 .....	75
圖四-27 真實背景 .....	76
圖四-28 前視角虛擬實境 .....	76
圖四-29 俯視角虛擬實境 .....	77
圖四-30 虛擬實境中視覺查詢 .....	78
圖四-31 指北針節點示意圖 .....	80
圖四-32 虛擬實境中的指北針 .....	81
圖四-33 標柱節點示意圖 .....	82
圖四-34 虛擬實境中的標柱節點 .....	83
圖四-35 網格標籤節點示意圖 .....	84
圖四-36 虛擬實境中的網格標籤 .....	85
圖四-37 樑節點示意圖 .....	86
圖四-38 虛擬實境中樑的材質模式 .....	88



圖四-39 虛擬實境中樑的透明模式 .....	88
圖四-40 虛擬實境中樑的實體模式 .....	89
圖四-41 虛擬實境中樑的線段模式 .....	90
圖四-42 柱節點示意圖 .....	91
圖四-43 監視器節點示意圖 .....	92
圖四-44 虛擬實境中的監視器節點 .....	93
圖四-45 照片節點示意圖 .....	94
圖四-46 虛擬實境中照片連結按鈕 .....	95

表目錄	頁次
表三-1 有效圖層名稱類型 .....	33
表三-2 類別編號的種類 .....	33
表三-3 主要群組的欄位編號 .....	34
表三-4 次要群組欄位值 .....	34
表三-5 狀態欄位 .....	34
表三-6 可能之符合規範的圖層名稱 .....	35
表三-7 圖形區塊節中群組碼的結構[58].....	40
表三-8 圖形實體節中群組碼之結構[58].....	41
表四-1 DXF 線段群組碼[58].....	68
表四-2 DXF 弧群組碼[58].....	69

# 第一章

## 緒論

### 1.1 緣起與動機

近年來，電腦輔助設計（Computer-Aided Design, CAD）系統已被廣泛地應用於不同的設計領域中，在土木建築相關領域中有地景景觀設計[1]、建築平面配置設計（Schematic-design）[2]、UFN 鋼結構初步設計[3, 4]以及結構知識庫設計[5]等等。電腦繪圖（Computer-Aided Design and Drafting, CADD）更是 CAD 系統中重要不可或缺的子系統，具有圖形使用者介面（GUI）、繪圖、資料顯示等重要功能，這子系統也被大量地發展在這些領域之中以及這些領域中的不同階段，從概念設計階段（concept generation stage）[6-8]、細部設計階段（detail design stage）一直到營運維護階段（Facilities Management）[9]。

電腦繪圖系統的快速發展不但使得許多電腦圖集大量產生，也讓建築師得以設計出結構樣式更為複雜的建築物，所以如果沒有一個圖面表達的標準方式，設計團隊中不同領域的人員便可能無法瞭解圖集中所欲傳達的概念與內容。90 年代初期，許多不同的組織與單位開始制訂電腦製圖規範（CAD standards）[10, 11]，但因為沒有統一的製圖標準，圖面意念無法清楚傳達的問題仍然存在，在 1997 年時，National Institute of Building Sciences（NIBS）將業界現存的規範整合起來成為美國國家電腦製圖標準（National CAD Standard, NCS）。由於這些訂定的規範是繪圖原則而不需要搭配特定的繪圖軟體使用，應用這些製圖規範所繪製的部分圖集可以被反覆的再利用，因此這些規範被廣泛的接受與應用。

此外，由於視覺溝通在建築結構領域中的重要性以及 3D 電腦繪圖輔助設計系統，諸如虛擬實境中結構物的設計[5]、虛擬實境表達方式的探討[12, 13]、營

建工程的虛擬實境應用[14]等方面的快速發展，設計者的設計思考模式（design thinking）已漸漸被這些系統所影響[15]，從二維的平面設計方式轉為 3D 立體化的設計方式，並且更進一步地設計出更多樣化的建築設計，例如：Peter Eisenman 在 Ohio 設計的 Convention Center[16]、Frank Gehry[17, 18]在西班牙設計的畢爾包美術館等等。某些自由形式（free form）的建築設計中，樑、柱、牆面等建築單元都因為過於複雜必須直接以電腦數位式的 3D 輸出而不能以傳統二維的平面圖集表達。

不論是二維平面圖集或是 3D 電腦模型，除了表達建築結構的意念之外，更重要的是幾何資訊之外的物件實質資訊。但是目前利用傳統電腦輔助設計系統所繪製的二維圖集，只是圖面的表達[19]，圖形只儲存點、線、面等幾何資訊（例如：平面圖中的 H 型柱可能只是由三條線繪製而成），而沒有儲存這些物件實質上的意義。雖然在建築結構工程以外的領域已有許多研究[20-22]不斷探討如何辨識這些電腦圖集並重新賦予圖形與物件實質的意義，但由於在建築結構製圖的領域中是以分散式的表達方式，一個圖面往往只隱含物件的部分資訊（例如：平面圖中只有柱子形狀與位置的資訊，卻沒有柱子長度的資訊），因此無法像其他領域從同一圖檔就能辨識物件完整的資訊，也沒有一個較完整的辨識方法可以依循。

為了能夠使圖集資訊在作業系統、設計環境能夠被正確地溝通與交換，STEP（Standard for Exchange of Product model data）[23]與 IFC（Industry Foundation Classes）[24]等圖集資訊交換標準（standards for project information sharing, storing and exchange）的建立也已從 1986 年開始浮現[25]。這些標準透過專門的繪圖軟體賦予建築物的各種建築單元專屬的意義，並且以 3D 物件的方式表達而非傳統分散式的表達方式，透過今日發達的網際網路，這些資訊便能夠用這些標準正確地傳遞不同的地域與空間，這些標準也讓這些資訊仍夠被更有效率的再利用。

## 1.2 研究範疇

雖然透過 3D 圖像的呈現，設計團隊中部同領域的人員可以更清楚地瞭解對方的想法，然而以目前發展完成的電腦輔助設計系統而言，製作電腦 3D 模型所需要的花費的時間往往超出製作電腦二維平面圖集的數倍[12]。製作電腦 3D 模型所需要的技術門檻，也使得許多設計團隊望之卻步。另一方面，雖然支援圖形資料交換標準的繪圖軟體，可以用較輕鬆的方式繪製出 3D 模型，但是仍有兩個較重大的缺點：

1) 目前的圖形資訊交換標準仍未有完整的制定[25]。每種標準都有它的缺點與不足之處並且須要搭配軟體使用，而目前僅有少數的電腦輔助設計系統支援這些圖形交換標準。因此許多電腦 3D 模型仍是以 3D 幾何的點線面所結構而成，沒有幾何資訊之外的建築工程資訊。設計者只能為了特定的建築專案建構特定的電腦 3D 模型，而無法有效率的再利用這些模型中的單元或是與其它電腦輔助設計系統做圖形資訊交換，也就是說，許多電腦 3D 模型只能在某些固定的電腦系統或作業系統上觀看。

2) 花費的成本與代價太高。由於 3D 繪圖軟體是以物件式的方式繪製圖元物件而不是以平面與立面來表達，因此所有設計者以前所繪製只包含幾何資訊的二維圖集便無法被物件式的繪圖軟體再利用。但這些二維圖集資產往往會不斷地再利用並且是設計者最珍貴的資料，所以使用這種新軟體所花費的成本不只是軟體成本，還有難以計量的圖集資源成本。

因此，有一個問題在此浮現，若 3D 虛擬實境的建立無法再利用 2D 平面圖集既有的資料，所需耗費的代價就迫使業界繼續抱持保守的態度採取傳統 2D 的電腦繪圖方式。如此一來，圖形資訊無法傳遞的問題依舊存在，設計者仍須花大量的時間與技術製作電腦 3D 模型，其所製作出來的電腦 3D 模型也無法用一個輕易及完整的方式傳遞給團隊中其他領域的人員。

### 1.3 研究目的

本研究的主要目的乃在於解決前述之問題，發展一個自動化的流程，從傳統二維 CAD 圖集中擷取資料並將資料予以儲存與處理，進而將資料再利用並自動建構網際網路式的虛擬實境，替目前營建業界中許多仍使用傳統電腦繪圖方式的設計者提供一個便捷的 3D 建立方式，並探討此流程的可行性。針對此目的，本研究會嘗試建構一個網路架構式的系統，而此網站系統能夠將需要高度專業知識才能閱讀的平面圖集自動地轉化為易解讀的電腦 3D 虛擬實境，同時此系統所建構出的 3D 場景是以物件式的概念建立，而非單純侷限於幾何的點線面所構成的 3D 場景。

因詳細設計圖集對於結構物已有完整描述與解說，不再像概念設計階段牽扯複雜的設計思考行為，同時詳細設計圖對結構物在施工及完工後的更新維護有著重要的影響，所以本研究主要探討的 CAD 圖集種類為結構工程圖集中的鋼結構詳細設計圖集（附錄 A）。

雖然在 CAD 圖集轉換成 3D 的過程中需要以資料庫作為後端儲存的媒介，但因本研究主要探討的問題在於解決傳統圖集無法被有效率地再利用，因此本研究只以資料交換標準的架構概念來設計資料庫，而並不深入探討資料庫結構與資料檔案的完整相容性。

### 1.4 研究方法

本研究所欲發展的「網路式自動化虛擬實境建構系統(Web-based Automatic 2D-to-VR system, AutoVR)」，分為「3D 虛擬實境建立流程」、「工程施工圖檔辨識流程」，以及「網路傳輸與資料庫互動流程」這三個部分，這三個流程都是建構在 PHP 撰寫的網路架構下，並且「3D 虛擬實境建立流程」是本研究主要發展之處。。

「3D 虛擬實境建立流程」以 VRML 為呈現 3D 環境的程式語言，利用 PHP 網路互動式程式語言擷取 MySQL 關聯式資料庫中的圖元參數(例如柱、樑等)，輸入本研究所建立「類似物件(object-like)」的 VRML externproto 節點建立 3D 物件，而描述結構物的 externproto 節點則是依照 IFC 的概念設計的。在 VRML 的 3D 環境中，會進一步利用 javascript 撰寫 VRML 控制功能，解決目前一般 3D 環境的缺失，使 VRML 能有更好的互動性。此外，在 VRML 環境中利用「Anchor」節點連結 PHP 網頁，並與資料庫做互動。

「工程圖檔辨識流程」允許使用者上傳建築計畫的工程圖檔與設定建築計畫的參數，經由 PHP 以本研究所發展的辨識規則解讀與辨識傳統分散式圖檔資料，再將辨識後各個圖檔(例如平面圖、立面圖與剖面圖)中的圖元資料(例如柱、梁等)利用 PHP 儲存到 MySQL 所建立的關聯式資料庫中，將來可進一步地擴展至其它流程。所辨識的 CAD 圖檔是以 AutoCAD 所產生的 DXF 檔案類型為主。

「網路傳輸與資料庫互動流程」則將前述兩個流程以網路化的架構建立成一個網路式的系統，以 PHP 網路互動式程式語言建立網站架構，而這個網路是系統使用 3-Tier 網路架構並用「單向加密」的方式進行使用者認證，同時用 MySQL 以資料傳遞標準的概念建立所使用的關聯式資料庫。

## 1.5 論文架構

除了緒論之外，本論文的架構陳述如下：第二章回顧「3D 虛擬實境」、「工程圖形資訊標準」、「CAD 系統與圖形辨識」以及「網路傳輸與資料庫架構」的相關文獻與研究；第三章提出一個「網路式自動化虛擬實境建構系統(Web-based Automatic 2D-to-VR system, AutoVR)」，同時會介紹在這個系統中所應用的技術與方法；這個系統會在第四章中作印證，以初步證明本系統對於自動化剖析平面圖檔與建構 3D 虛擬實境之可行性；最後，在第五章將會總結本研究所提出的系統，說明本系統可應用之處與限制並提出未來研究的展望。

## 第二章

### 文獻回顧

在此章中，將針對本研究所要解決的問題，分為四個部分來回顧與本研究相關議題相關的文獻與研究，第一，目前 3D 虛擬實境的呈現方式與研究，第二，現今營建業界所使用的工程製圖的規範標準；第三，電腦輔助設計系統的檔案格式與現行圖檔辨識的研究；最後則探討網路架構的方式。

#### 2.1 3D 虛擬實境

現今虛擬實境的種類很多，主要分為真實照片影像的虛擬實境如 Quick Time VR 以及電腦幾何的虛擬實境如 VRML[26]，因為電腦幾何式的虛擬實境能夠與使用者有更多的互動，因此本文將專注於探討此類虛擬實境中 VRML 之應用與研究。

##### 2.1.1 VRML (Virtual Reality Modeling Language) 的發展過程

Virtual Reality Modeling Language (VRML) 是一種公開免費的虛擬實境建立語言，使用者只需要外掛一個免費的瀏覽器就能夠瀏覽虛擬實境的世界。VRML 的建立，是從 1994 年五月，Mark Pesce 在第一屆的網路研討會 (the First International Conference on the World Wide Web) 所提出的願景與目標<sup>1</sup>，使得研討會的出席者了解已經需要建立出一種描述 3D 場景的標準語言。VRML (Virtual Reality Modeling Language) 在研討會之後就開始著手進行，其中 Brian Behlendorf<sup>2</sup>建立了一個電子郵件群組開放給大眾參與

---

<sup>1</sup> "VRML vision," <http://www.hyperreal.com/~mpesce/>

<sup>2</sup> "VRML mailing group," [http://www.thestandard.net/thenetwork/person\\_display/0,1407,1800,00.html](http://www.thestandard.net/thenetwork/person_display/0,1407,1800,00.html)



討論 VRML 的規範標準，在一個月內就有上千名的會員加入。而對於 VRML 的需求則是：獨立於作業系統平台、具有延伸性，以及能夠透過低頻寬的網路連接<sup>3</sup>。

經過眾多的討論後，VRML 1.0 是以 SGI (Silicon Graphics, Inc) 所發表的 “the Open Inventor ASCII File Format” 為 VRML 基礎[27]，這種格式支援完整的 3D 場景對於幾何、燈光、材料以及 3D 使用者介面等方面的敘述，但是 VRML 1.0 只能以靜態的方式呈現 3D 場景[28]，同時對於「不同層級的細節展示(Level of Detail)」、 「定義新節點(prototyping)」以及「獨一的定義名稱(unique name)」，VRML 1.0 也無法支援[28]。1996 年 8 月，正式的官方 VRML2.0 標準發表在紐奧良 (New Orleans) 舉辦的 Siggraph 96。

VRML 2.0 針對了 VRML 1.0 的缺失進行改善，主要為以下四個部分[29]：

- 1) 增進靜態世界的展示能力
- 2) 使用者互動 (Interaction)
- 3) 動畫與行為控制 (Animation and behavior scripting)
- 4) 定義新的 VRML 物件 (Prototyping)

VRML97[26]則是在 1996 年六月根據 VRML2.0 的內容制定為國際標準，所以其內容與 VRML 2.0 一致。目前正在進行的標準制訂是 X3D<sup>4</sup>，將 VRML97 的內容以 XML 的方式表達，但由於這個標準仍在草創階段，因此支援的軟體或瀏覽器較少。

### 2.1.2 VRML 檔案

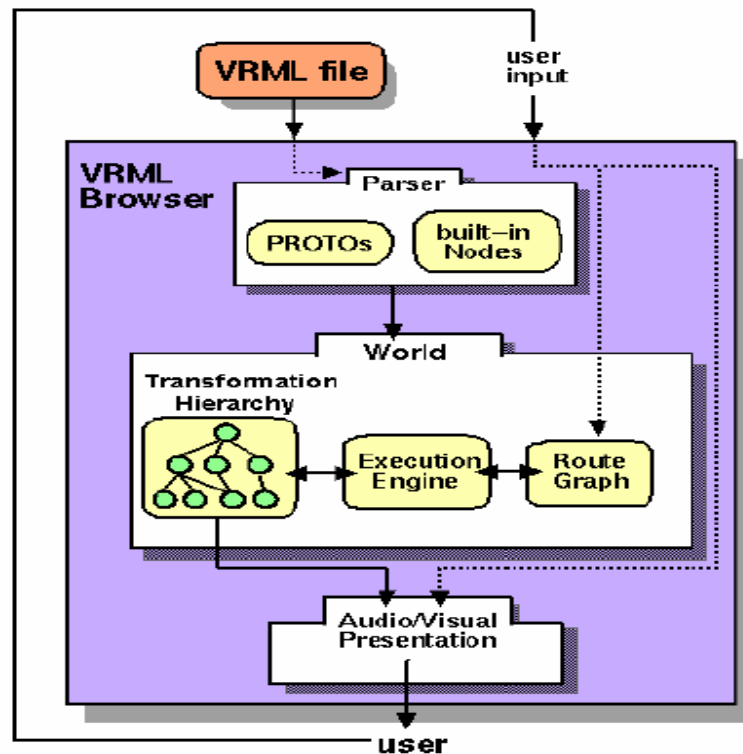
Virtual Reality Modeling Language (VRML) 是一種用文字來描述虛擬實境場景的檔案格式，副檔名是.wrl。這些檔案會描述如何建立物件的形狀、位置、色彩等等。

---

<sup>3</sup> "Brief history of VRML specification," [http://www.web3d.org/fs\\_aboutus.htm/](http://www.web3d.org/fs_aboutus.htm/)

<sup>4</sup> "X3D," [http://www.web3d.org/fs\\_specifications.htm](http://www.web3d.org/fs_specifications.htm)

使用者只需要一個瀏覽器再加上一個外掛程式就能夠在任何地方瀏覽虛擬實境的世界，再加上外掛程式不但種類很多而且都可以從網路免費下載，所以方便性與經濟性都遠勝過其他 3D 軟體。



圖二-1 VRML 瀏覽器建構虛擬實境示意架構[26]

圖二-1 顯示瀏覽器解讀檔案、與使用者互動的架構圖：VRML 文字檔傳入 VRML 瀏覽器，瀏覽器尋找並解讀其中內建的節點以及使用者自訂的原型節點，解讀完之後就建立一個 3D 世界呈現給使用者，使用者還可以輸入參數作進一步的互動。此外，如圖二-1 所示，VRML 檔案的架構是有階層性的，在每一個節點（node）下都有不同種類的分支，分支下又可以有其他的節點或子節點。此外，子節點可能會受父節點的參數影響，例如：子節點的座標可能是父節點的位移位置。

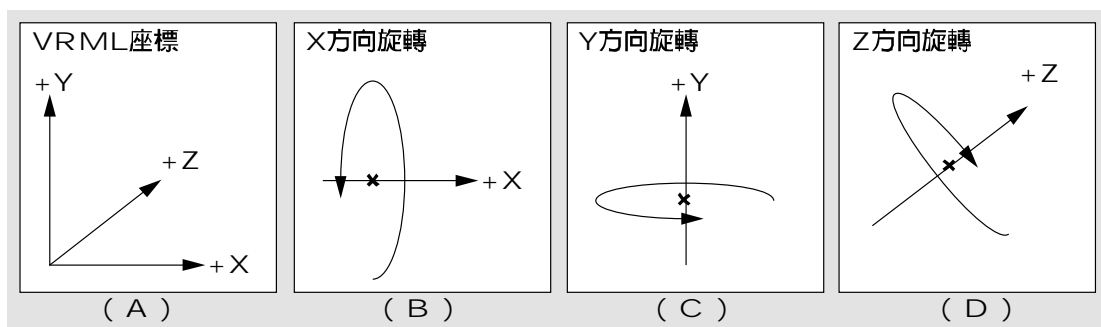
VRML 內分為以下四個主要的部分：

- 1) VRML 頭檔（The VRML header）
- 2) 物件原型（prototype）

3) 形狀 ( shapes ) 插入控制點 ( interpolators ) 感測器 ( sensors ) 程式控制碼 ( scripts )

4) 路徑 ( routes )

在 3D 世界中，VRML 對於座標的規定如圖二-2A 所示，而對於旋轉方向的規定則是以右手定則的方式定義旋轉方向，參見圖二-2B、C、D。

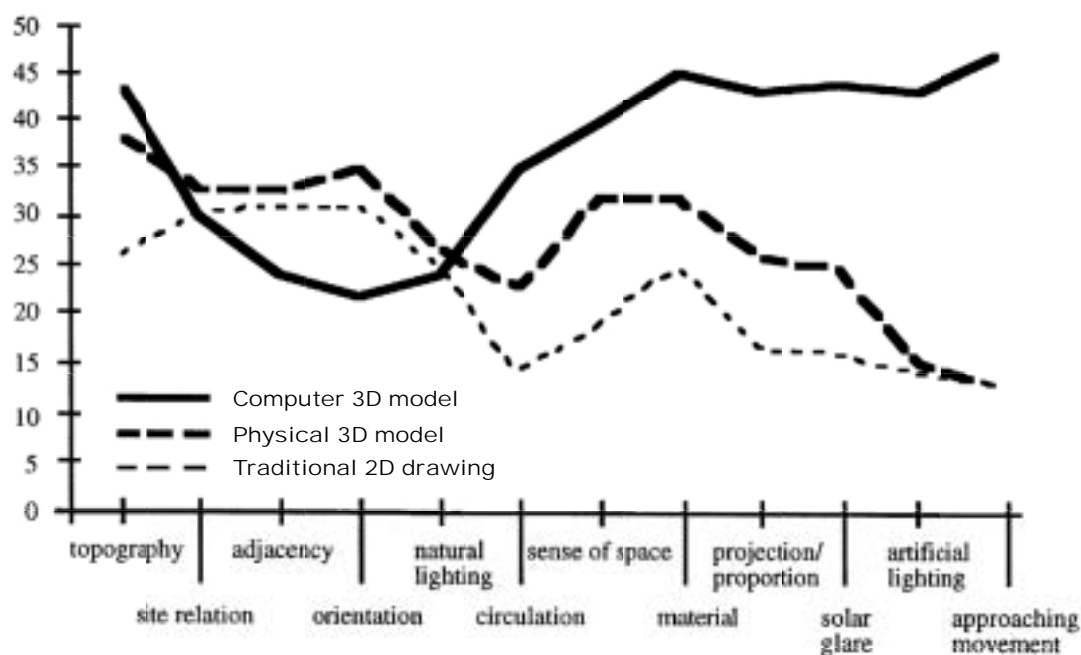


圖二-2 VRML 對於座標軸及旋轉軸的規定

### 2.1.3 目前研究與應用

目前 VRML 研究的範圍非常廣泛，包括商業領域[30]、營建教育[31]、影像掃描自動建立虛擬實境[32]、礦產的虛擬實境[33]、在人體動作的設計[34]、多人的建築虛擬實境溝通環境[35]、景觀的設計地景的虛擬實境建立系統[36]等等。

然而，儘管 VRML 能夠呈現 3D 的世界，給予瀏覽者不同於二維圖集的資訊與感受，虛擬實境仍有一些不足之處，根據 Liu[37]在 2001 年針對「電腦 3D 模型 ( Computer 3D model )」、「真實立體模型 ( Physical 3D model )」以及「傳統二維圖集 ( Traditional 2D drawing )」3 種不同媒材所帶給瀏覽者的感受做了一個實驗，結果發現電腦 3D 模型對於「基地關係 ( site relation )」、「相鄰位置 ( adjacency )」、「方位 ( orientation )」的呈現能力並不如傳統媒材 ( 參見圖二-3 )。



圖二-3 傳統媒材與電腦媒材特性比較[37]

此外，目前應用在營建業的許多商業三維電腦輔助設計繪圖系統大多只是幾何形狀的建構程式 (geometry modeler)，而非物件式的建構程式 (object modeler)。當這些軟體將圖集轉檔成 VRML 時，通常只輸出一組由點、線、面所組成的 3D 模型，而這種 3D 物件只擁有幾何的資訊而沒有其他額外的資訊，再加上這些 3D 物件無法儲存物件與物件之間的關係[14]，因此只要是不同物件，儘管有相同的屬性參數，仍必須使用兩個檔案來描述，例如：必須要用兩個檔案來描述一根 H300X300X10X1522 與另一根 H245X175X7X11 的 I 型樑，而不能利用改變檔案物件的高 (Height)、寬 (Breadth)、厚度 1 (thickness01)、厚度 2 (thickness02) 等參數來改變物體的形狀。同時，這些繪圖軟體所製作的 VRML 場景缺乏與使用者間的互動，使用者只能在場景中瀏覽，卻不能進一步地與場景作資料互動。

所以若要使 VRML 有更好的呈現與互動，除了電腦繪圖軟體之外，還必須使用 VRML 語言及其他程式語言建立互動式的虛擬實境。由於 VRML 是網路式的虛擬實境語言，網路頻寬與檔案尺寸非常重要，因此建構低檔案尺寸與高質感的 3D 場景一直是

設計者追求的目標，在 Ames[38]所撰寫的“The VRML 2.0 sourcebook”中有詳細的介紹與解釋，同時也有許多研究者研究環境展現的精緻化[39]、地景的呈現技術[13]、3D 內容的表達方式[29, 40]等等。

針對以上有關 VRML 的不足之處，Campbell[12]提出了幾點建議：

- 1) 三維虛擬環境中的物件難以完整表達物體的尺寸，必須要有二維的資訊加以輔助說明。
- 2) 瀏覽三度空間的世界時，需要有二維的圖說讓瀏覽者能夠更清楚物件的細節。
- 3) 必須要有可以說明空間中物體之間關係的輔助說明。

## 2.2 工程圖形資訊標準

根據謝尚賢於“實現「營建資訊運籌管理」的資訊標準化技術”[19]一文中對資訊標準化的分類，資訊標準化可分成「工具（軟體）之標準化」、「書（圖）面表達方式之標準化」、「電子檔案交換格式之標準化」、「資訊表達與交換方式之標準化」四個層次。

本節將介紹在營建工程製圖領域中，「書（圖）面表達方式之標準化」層次所使用的電腦繪圖規範，以及「資訊表達與交換方式之標準化」層次所使用到的產品模式資料交換標準。

### 2.2.1 電腦繪圖標準（CAD Standards）

以往規範制訂者在訂定公司的 CAD 標準時幾乎沒有資料可以參考，各個公司皆依據自己的需求及喜好建立專屬的製圖規範。由於規範制訂者必須在從頭開始建立標準之餘，同時兼顧公司的特別需求，因此不僅負擔相當沈重，也沒有辦法有效地以圖集與不同規範的組織或單位溝通。為了克服此類的溝通障礙，美國的各個規範制訂組織，包括 American Institute of Architects（AIA）、Construction Specification Institute（CSI）、the Department of Defense Tri-Service CADD/GIS Technology Center 等，便開始制訂許多的電腦繪圖標準。雖然這些標準的建立使規範制訂者制訂其規範時能有所依據，然而

這些標準都各有優缺點，也沒有一個國際性的統一標準，所以使用不同規範的組織之間仍可能無法解讀對方的圖檔資料。

1997 年，美國的 National Institute of Building Sciences ( NIBS ) 同意將以前已經存在的電腦繪圖規範整合起來，保留這些規範中發展較完整的部分，以成為一套國家的電腦繪圖標準。1999 年初，NIBS 整合 AIA、CSI 以及 the Department of Defense Tri-Service CADD/GIS Technology Center 這三個單位發展的標準，發行了第一版 National CAD Standard (NCS)[10]，從此規範制訂者就能夠以這個統一的依據建立自己的標準。NCS 是一個組織與分類建築圖集資料的系統，包含三個主要的概念：第一，NCS 提供使用者一套命名圖集、圖檔與圖層的規則依據。第二，NCS 是一套組織圖集的規範，使用者可以依此規範建立圖集的組織架構、圖檔版面的配置與格式，以及進度計畫的版面配置與格式。第三，NCS 是一個繪圖指引 ( plotting guidelines )。NCS 涵蓋的三個主要製圖規範敘述如下：

#### **1) AIA CLG (CAD Layer Guidelines), Second Edition, 1997**

CLG 的第一版發表於 1990 年，主要的內容是幫助繪圖者以有系統的命名方式組織並分類圖集，將不同屬性與特徵的圖元分成不同的圖層，以幾組由字母所建立的欄位來命名圖層。按照規範的原則分類圖層，可以將某些能夠再利用的圖層分離出來，同時也能夠在檢視圖層時關閉其他干擾檢視的圖層。雖然在 1980 年代晚期，CSI 也提出自己的命名方式與 AIA 競爭，但由於 CSI 是以數字代表某些特定的含意來描述圖層（例如 05123、07254 等等），AIA 卻是以較可閱讀的字母方式來命名圖層（例如 WALL、DOOR 等等），因此 CSI 的圖層命名方式逐漸乏人問津。同時 AIA 的 CLG 也是唯一在營建工程界中被設計者所廣泛使用的命名規範。

#### **2) CSI UDS (Uniform Drawing System), modules 1–8**

由 CSI 所制訂的 UDS 有八個模組，這八個模組也都收錄在 NIBS 發行的第二版 NCS 中。其內容是針對「圖集的組織 ( Drawing set organization )」，「圖檔的組織 ( drawing

sheet organization )」工程計畫的組織( schedule organization )」繪圖慣例( drafting conventions )」名稱與縮寫( terms and abbreviations )」符號( symbols )」註釋表示法( notations )」編碼慣例( code conventions )」這八個內容建立一套規範與標準。

### 3) Tri-Service Plotting Guidelines

在 NCS 中，這個繪圖指引包含了一組表格，其中列有 255 個 NCS 所定義的顏色，並且與 AutoCAD、MicroStation 的顏色相對照。NCS 顏色的編號與 AutoCAD 相同，每一種顏色還有線條筆畫的粗細、雷射或噴墨印表機的線條寬度等資訊。讓使用者能夠在不同的系統中制訂統一的顏色、線條寬度等等。

使用電腦製圖規範與圖層分類有下列幾項優點[41]：

- 1) 更快速的建立圖集方式。依照良好組織的圖層方式以及制式圖元表達方式製圖，設計者可以用更快速的方式建立他們的圖集。
- 2) 有助於溝通與協調。建築專案中的所有圖檔和圖元都會以相似的組織建構，因此不同的團隊也能夠輕易地解讀，此外繪製格式的統一有賴於將不同屬性的物件放置於不同的圖層中。
- 3) 除了圖面的統一之外，檔案資料的統一也是很重要的，若有固定的圖層表示法，擷取資訊就能夠更有效率。
- 4) 有效率的圖集再利用。在建築專案的計畫當中，不同團隊間常常會利用別人已經建構好的圖集，例如：一個空調技師可能會使用建築物的結構平面為基底，在基底上繪製空調管線，因此若能建立製圖規範，那麼就能夠更輕易地將圖集再利用。

然而應用電腦製圖規範圖層分類也會帶來一些缺失：

- 1) 物件資訊的分散。倘若希望表達完整的物件資訊，圖層可能不是最好的選擇，

由於電腦繪圖規範是使用傳統二維的電腦繪圖軟體，因此使用圖層分類也無法將分散於不同圖面的資訊整合起來，例如：一根柱子的斷面形狀及旋轉的方向可能紀錄在平面圖中，而柱子的長度就可能紀錄在立面圖中，這會使得在閱讀圖檔時必須反覆參照不同的圖集才能獲取一個物件的完整資訊。

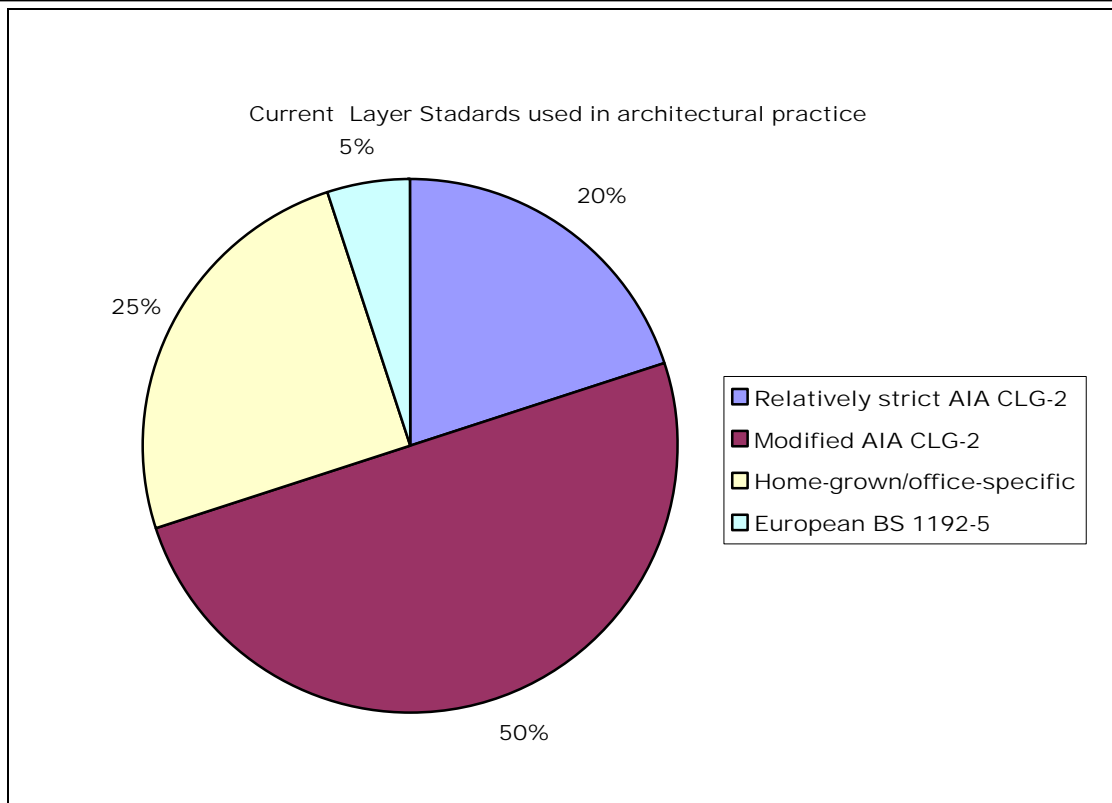
- 2) 圖層規定的不足。標準的圖層定義永遠也無法滿足所有的使用者與所有不同的情況。業界使用的電腦製圖標準都會做某一程度上的修改以符合自己的需要。
- 3) 圖集與圖元上溝通的混淆。如前所述，為了能使規範更合乎自己使用，不同的組織或設計團隊可能會做某種程度上的修改，因此若不同團隊使用不同規範則仍有可能會造成圖檔解讀上的問題。

但是在 AEC (Architecture, Engineering and Construction) 業界的實際操作中，雖然 AIA 的 CLG 並不是唯一的圖層命名方式（例如：英國有自己的 BS 1192-5 製圖規範，同時也頗受歐洲使用者接受），但現今許多其它的標準基本上都是以 AIA 的 CLG 為基礎再加以修改。

大部分的公司或組織都是使用修改過的 AIA CLG 圖層命名規範，修改部分圖層的名稱以符合該公司或組織的需求，也就是說，幾乎沒有一個設計者認為 CLG 圖層命名規範不需要經過修改並且完全使用規範上的原則。因此，CLG 也設立了能讓使用者自訂圖層的命名方式。

根據 AutoDesk 針對電腦繪圖經理人新聞群組（CAD Managers newsgroup）所做的圖層命名規範調查，大約有 50% 的使用者使用「自行修正過後的 AIA CLG 規範（Modified AIACLG-2）」做為他們的圖層命名規範（如圖二-4）。





圖二-4 圖層命名規範的使用情形調查[41]

### 2.2.2 產品模式資料交換標準 (Standards of Product Modeling)

結構與營建業界 ( Building and construction , B-C ) 的語意式標準 ( Semantical standards ) , 是由 STEP (the Standard for the Exchange of Product Model Data) AEC group 在 1986 年開始發展的[23] , 在當時產品模式的標準 ( product modeling standard ) 是公開且未完全定義的。

現今的主要兩個標準化組織 , 一個是持續發展的 STEP ; 另一個開始發展的 industry foundation classes ( IFC ) , 則是近年由 AutoDesk 和 Bentley 合作建立的組織 industry alliance for interoperability (IAI) 所主導的。

#### 1) STEP

STEP 所欲發展的目標是建立跨產業的產品資訊模型 , 建立在跨產業與跨生命週期的領域上。透過一般基礎抽象模型表示產品的資訊 , 使不同產業間的資訊可以進行資料轉換。

## 2) IFC

IFC 所欲發展的目標乃在於建立營建業界的產品資訊模型，而其範圍則是從營建業的構想、設計、營造到驗收。其資訊交換的模型僅為建築營建業界設立，因此只能在營建業界中進行展品資訊交換。

根據 Tolman[25]在其研究中指出，目前正在發展的 STEP 雖然有些許的進步，但是與 1994 年在達拉斯的會議中所提出的建議與方向已有一段差距，而且許多問題仍然無法解決，其原因是 STEP 所欲包含的範圍太過於廣泛且研究進度仍顯緩慢，再加上各應用協定整合度不高，以致於 STEP 應用到營建業界的層面相當有限。而在 IFC 方面，雖然其進展較 STEP 快速，但由於是商業導向設計的標準資訊模型，研究的範圍太過狹隘，因此也未能真正提供營建業一個標準資料模型。Tolman 針對此種情形提出兩點建議：第一是尋求更有力的組織來推動標準的研究與制訂，第二是放棄制訂標準而以「服務」取代之。利用網路通信技術與協定（例如 WWW、Java 等）提供營建業界中各團隊來建立涵蓋整個生命週期的共享資料庫。

### 2.2.3 小結

為了使建築製圖能夠更有效率地被應用，電腦建築繪圖規範組織，諸如 NCS、AIA、CSI 等提供了設計者一個繪圖時的參考，而由於這種電腦建築繪圖規範只是一種繪圖的原則，並非電腦軟體程式或是電子檔案的交換模式，因此不論使用何種電腦輔助設計環境，皆可以應用這套規範繪製建築圖集；雖然這些繪圖規範仍然有美中不足的地方，但是每個公司自行加以修改之後，基本上仍能滿足建築圖集的需求。

此外，業界目前大量使用的電腦輔助設計環境並不是產品模型的物件式設計環境，也就是說，業界仍然是以二維的圖集為主，必須使用大量的圖集才能完整地描述一個建築專案，因此為了能夠有效地使用圖集中部份可再利用的資訊，大部分的公司都會基於傳統建築繪圖規範的建議，修改成為自己的規範。

如前所述，傳統的建築繪圖規範雖然容易應用在不同的設計環境上，但是由於大部分的電腦輔助設計系統所儲存的資料只是幾何圖形，可以再利用的資料量有限，因此許多機構開始制定新的產品模型資料交換標準，以滿足資料交換和再利用的需求。然而這些產品模型資料交換標準仍有許多缺陷，例如：需要配合軟體的應用、包含的內容或者是發展的速度太過於緩慢，以及尚未有一個國際性的統一規範。這些缺點也使得這些新規範無法對現在的業界提供巨大的貢獻。

## 2.3 CAD 系統與圖檔辨識

在本節中會介紹電腦輔助設計系統，以及介紹現今對於圖形辨識的相關研究。

### 2.3.1 CAD 系統的應用

商業的電腦繪圖系統從以往傳統 2D CAD 漸漸發展成為 3D CAD，像是 ArchiCAD[42, 43]、AutoCAD ADT[44]、3ds max[45]，以及 MicroStation 等等 3D 系統，而許多的研究更致力於提供一個簡單易用的介面，讓設計者能輕鬆地進行設計，例如：在電腦手繪板上繪製圖形即可建立 3D 模型[8]、由攝影機擷取手的動作，經辨識後進行 3D 繪圖[46]、甚至能在視窗上以手繪的方式建立 3D 模型[47, 48]。

但是在土木營建製圖的領域中，目前使用最多的商業繪圖套件仍舊是 AutoCAD。為了讓 AutoCAD 與其它繪圖軟體以電子檔案格式的方式交換資料，AutoDesk 建立了一個稱為 DXF 格式的標籤式公開繪圖表達格式，讓各種繪圖軟體能夠藉由 DXF 電子檔案交換格式，讀取 AutoCAD 圖集中的資料。

### 2.3.2 圖檔辨識

以往由於紙本式圖集的保存不易，以及難以再利用，許多不同領域的圖集辨識研究便開始嘗試將紙本式的圖集轉變為電腦向量圖檔[21, 22, 49]，讓這些原本只能堆積存放的圖集能夠被更有效率地建檔與再利用。傳統紙本圖集的辨識，常常是利用圖樣比

對 ( pattern match ) , 先將紙本圖檔掃描成點陣式 ( raster ) 的電子圖檔 , 再利用圖檔中每個像素 ( pixel ) 與其相鄰像素 ( neighbor ) 之間位置的關係 , 與資料庫中的資料比對而辨識出物件的意義 , 而當資料量過於龐大時 , 所需要的辨識時間就會相對地增加。

由於現今電腦繪圖軟體的發達與普及 , 許多設計者也會以電腦繪圖的方式製作圖集 , 因此也有許多研究是在分析如 DXF 的電子圖檔 , 將圖檔中的幾何形狀資料與資料庫進行特徵比對 ( feature match ) , 重新賦予圖元與物件屬性與意義。

這些辨識研究的領域很廣 , 像是辨識 Process and Instrumentation Diagrams ( P&IDs ) [50]、電子元件 ( electronic package ) [51]、流程圖 ( flowcharts ) [22]、邏輯與電子線路圖 ( logic and electronic circuits ) [22]等圖集。這些圖集都有一種共通的特性 , 就是大多只需要一張平面圖就能表達其內容 , 而不需要用太多的立面圖或剖面圖對照分析 , 例如 : 只需要一張平面圖即可描述一塊電路板上的電路。

但在結構工程圖集的領域中 , 以傳統的 CAD 所繪製的圖集常是使用 2D 的圖集來描述 3D 的物件 , 使得一個完整的物件資訊分散到平面圖 立面圖與剖面圖之中 , 例如 : 柱子在平面圖中是以前斷面形狀繪製 , 但在立面圖中又可能是以一條線段表示。這種圖集互相參照才能得出完整物件的方式 , 就難以使用一般特徵比對的辨識法。再加上營建工程圖集往往必須以數十張至數百張圖檔才能完整描述一個建築物 , 就算是一個物件如柱子 , 也須要三個圖面說明 , 同時圖檔內含有大量除了結構物件之外的資訊 , 例如 : 文字標記、線框等等 , 使得辨識圖集中物件的困難度又更加提高。

此外 , 許多辨識電腦圖集所建立的假設 , 是圖檔中的圖元皆是以「圖形區塊 ( Block )」所建立 , 辨識時比較圖檔中的圖形區塊與資料庫中的圖形區塊是否相同即可 ; 然而 , 會使用圖形區塊乃是因為此區塊會不斷地被再利用 , 若此區塊只出現一次或是極少被重複使用 , 則會以點、線、面的方式繪製 , 所以此一假設在結構工程圖檔辨識的領域中實用性 , 仍有所爭議。

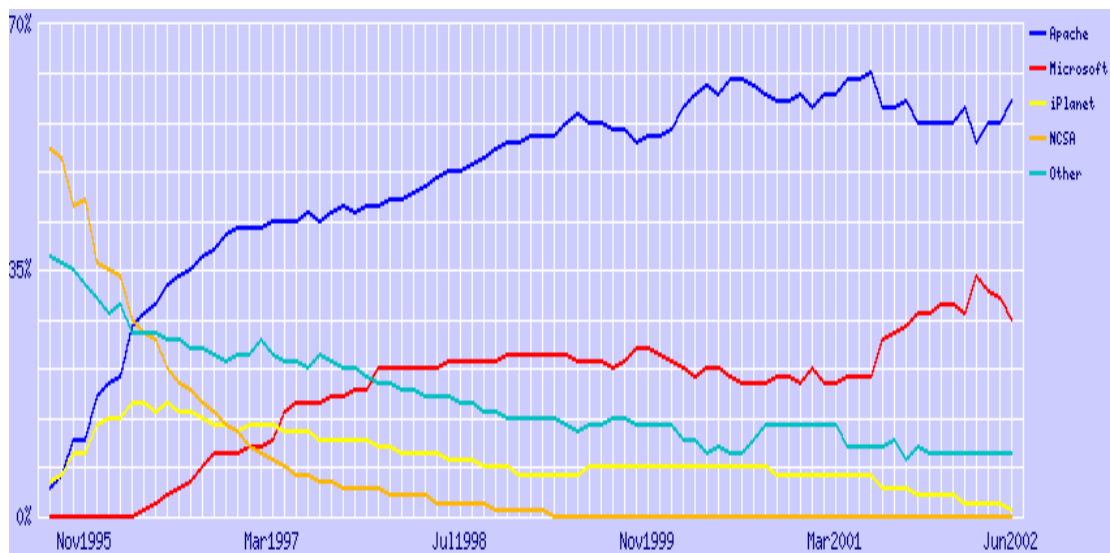
因此雖然在其它領域之中 , 已經有許多圖檔辨識的研究 , 但是在建築營建領域之

中特別針對結構圖檔的辨識仍嫌不足。

## 2.4 網路傳輸與資料庫系統

### 2.4.1 系統評比

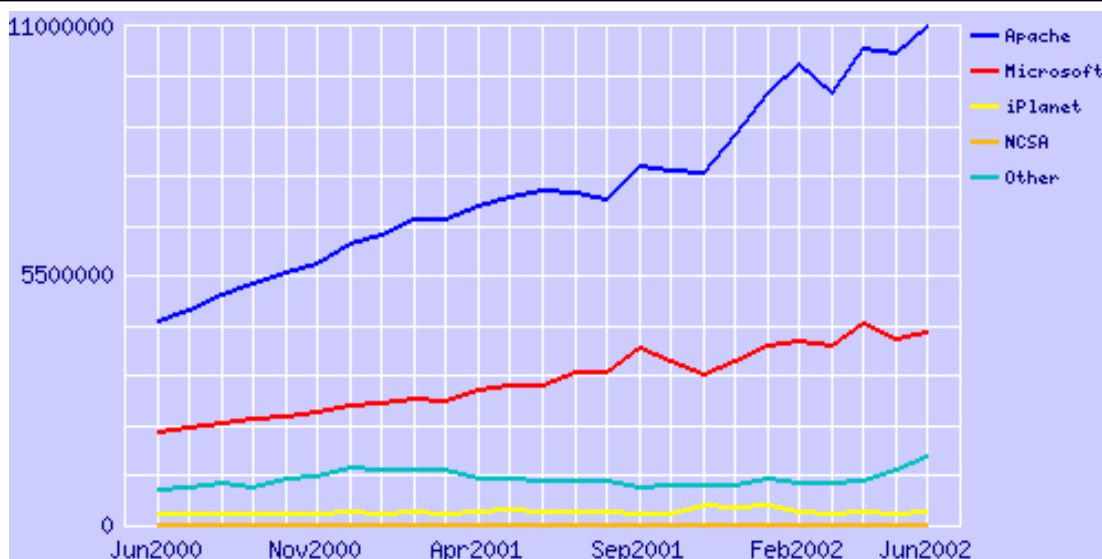
目前架設網站伺服器的應用軟體種類繁多，而根據 The Netcraft Web Server Survey 在 2002 年 6 月針對 38,807,788 個網站所做的統計<sup>5</sup>，從 1996 年到 2002 年，網站伺服器（web server）中以 Apache 的佔有率一路領先，其原因為 Apache 的速度與效能都有傑出的表現，而且是免費對外公開的。對於使用者而言，使用這種伺服器所需要耗費的成本當然就少於 Microsoft 所推出的伺服器，諸如 IIS、PWS 等等，因此也就更吸引網站架設管理者改用 Apache 作為他們網站的伺服器。由圖二-6 可以得知，雖然 Microsoft 的伺服器佔有率也有上升的趨勢，但是仍然不及 Apache；圖二-7 也顯示，使用 Apache 作為網站伺服器的總數，遠遠超越其它廠商的伺服器。



圖二-6 全部網域的伺服器市場佔有率 ( August 1995 - June 2002 )<sup>6</sup>

<sup>5</sup> "Netcraft Web Server Survey," <http://www.netcraft.com/survey/>.

<sup>6</sup> "Netcraft Web Server Survey," <http://www.netcraft.com/survey/>.



圖二-7 全網域現存伺服器的數量統計 ( June 2000 - June 2002 )<sup>7</sup>

在互動網頁程式語言中，開放程式碼的 PHP ( PHP Hypertext Preprocessor ) 也因為是開放給大眾而且具有跨作業平台的獨立性，使得越來越多網站也開始以 PHP 來建構；而在資料庫方面，同樣是免費公開的 MySQL 也與 PHP 有良好的相容性。

因此，在動態資料互動的網站建構中，使用 Apache-PHP-MySQL 完全不需要耗費軟體成本，同時又能夠兼顧效能與速度，使用這種搭配組合的網站也持續增加中。

### 2.4.2 3-Tier 網路架構

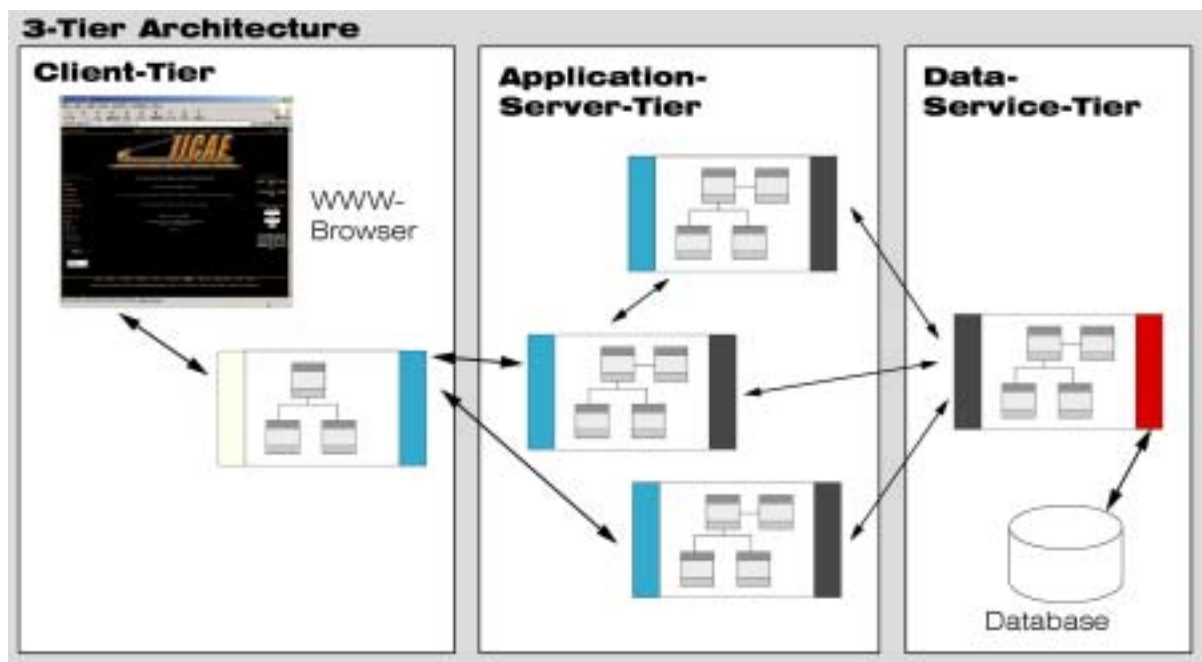
在互動式的網路系統中，以往的主從式 ( Client/Server ) 架構是屬於兩層式 ( 2-Tier ) 的，用戶端 ( Client ) 與伺服器端 ( Server ) 都有可能需要處理商業邏輯 ( Business Logic ) 的工作，例如：計算、輸入核對、與伺服器溝通等工作。所以這種主從式的網路架構可能會隨著功能的增加，使得用戶端的應用程式越來越複雜，造成維護不易與用戶端負荷過大等問題[52]。

三層式 ( 3-Tier ) 的網路架構即針對這些缺失而產生。3-Tier 將原本存在於用戶端

<sup>7</sup> "Netcraft Web Server Survey," <http://www.netcraft.com/survey/>.

與伺服器端的商業邏輯層獨立分離出來，形成「使用者介面層 ( Client-Tier )」、「應用程式伺服器層 ( Application-Server-Tier )」和「資料伺服器層 ( Data-Service-Tier )」三層架構。

「使用者介面層」負責接收使用者所輸入的資料或是將傳入的資料呈現出來，「資料服務層」則是處理資料庫的內容與訊息，在這兩層中間則以「應用程式伺服器層」作為溝通的橋樑，負責商業法則 ( Business Rules ) 以及資料間的傳遞與互動。



圖二-8 3-Tier 架構圖

如圖二-8 所示，將「應用程式伺服器層」分離之後，用戶端便能夠瀏覽更多不同應用程式伺服器所建立的網站，且其負荷量也減輕許多，而伺服器端的管理者也更容易維護整個網站系統。

### 2.4.3 使用者認證 ( User Authentication )

「認證 ( Authentication )」的功能是用以證明某人的身分與他所聲稱的相同。有許多方法可以提供認證，但是許多安全評量顯示越安全的方法用起來也越麻煩。認證技術包括密碼、數位簽章、生物特徵測量，如指紋掃描，以及硬體方面的測量，如智

慧卡[52]等。而在網路上則以密碼和數位簽章兩種較為常見。

認證的技術中，生物特徵測量和多數的硬體解決方案都必須使用特殊的輸入裝置，同時也會限制授權的使用者必須使用有這些設備的特定機器。這些技術若用於存取組織內部系統，或許是可接受的，甚至效果良好，但其缺點是不能輕易地透過網路來使用系統。密碼的認證技術則易於實作與使用，且不需要特殊輸入裝置，它提供了一定程度的認證，但是可能不適合需要高度安全的系統，例如：國家安全、軍事機密系統等等。

密碼認證是立基於一個簡單的概念：只有使用者與系統知道使用者的密碼。如果網頁瀏覽者聲稱他是使用者，而且知道使用者的密碼，系統便有理由相信他的確是使用者；只要沒有其他人知道或可以猜出密碼，則這個認證就是安全的。相對地，密碼本身有容易被猜到或捕獲的潛在缺點，因此無法提供強大的認證，說明如下：

- 1) 許多密碼很容易猜到。如果讓人們選擇密碼，大概會有百分之 50 左右的使用者選擇容易猜到的密碼，包括生日或帳戶的使用者名稱。
- 2) 密碼可能以電子化方式捕獲。藉由執行可在終端機捕捉按鍵的程式，或使用封包監聽程式捕捉網路流量，破解者可以捕獲可用的登錄名稱和密碼。防堵之道為網站建構者將網路流量加密，以減少密碼遭捕獲的機會。

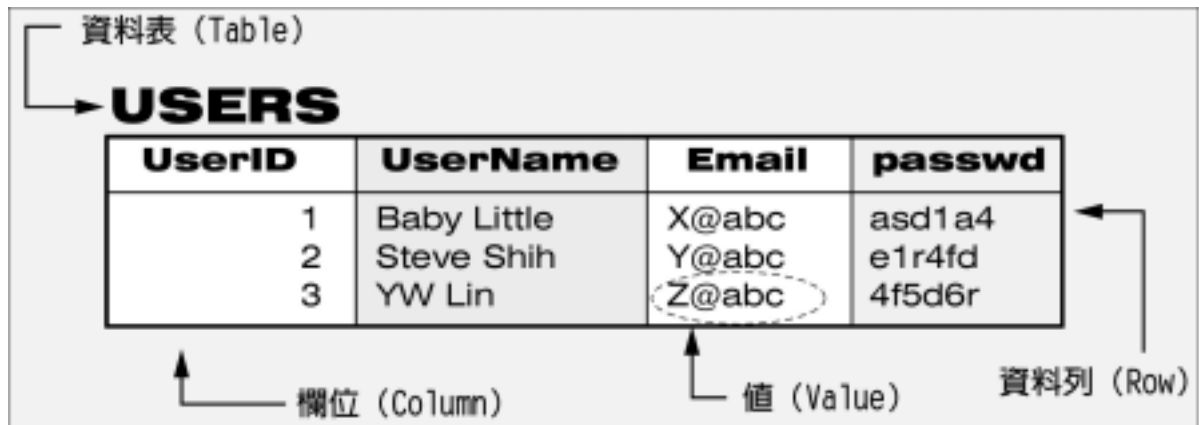
即便如此，密碼仍然是簡單且相對有效的認證使用者的方式，它所提供的安全等級雖然不能適用於國家安全系統，但是對於檢查顧客訂單的送貨狀態等需求則已相當足夠。

#### 2.4.4 關聯式資料庫 (Relational Database)

資料庫是由關連性的資料表 (table) 所組成，在資料表中的每個欄位 (column) 都有著獨一無二的名稱，並包含著不同的資料，而每個欄位則有個相關聯的資料型態，因此欄位有時也可稱做是屬性 (attribute)。關聯式資料庫是最普遍的資料庫型態，它

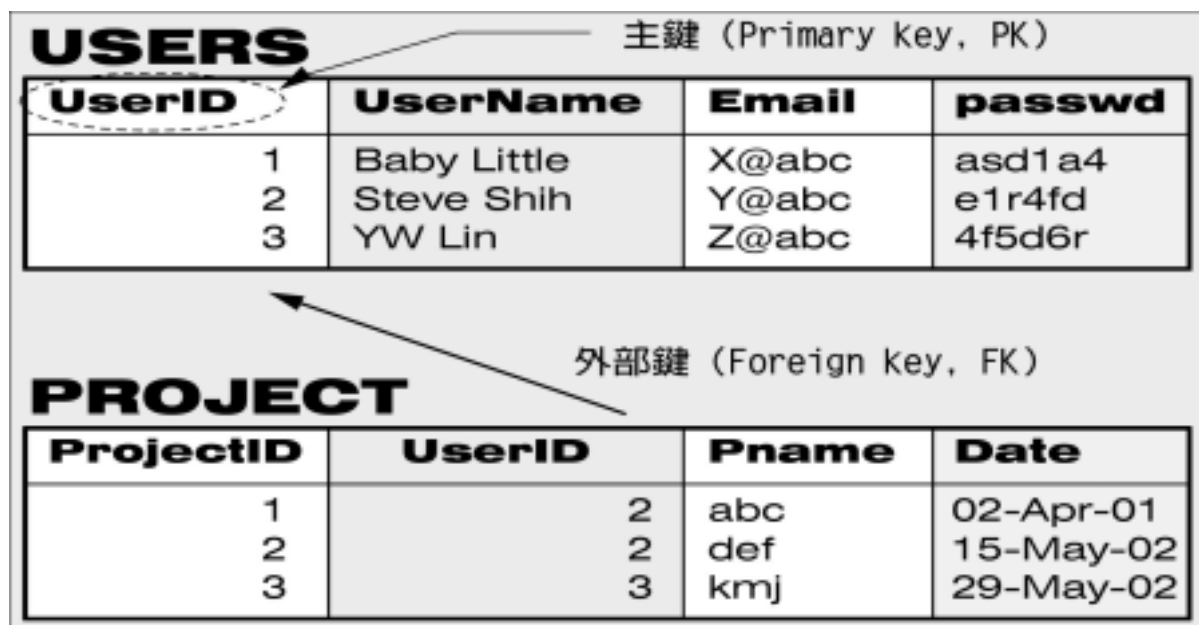


是以關連式的理論為基礎所組成。



圖二-9 資料表的架構示意圖

如圖二-9 所示，在資料表中的每個資料列表示一個不同的資料群組，而因為表格格式的關係，它們有著相同的屬性。資料列也稱作是資料錄 (record) 或者是群組 (tuple)。每一個資料列中所記錄的資料群組，是由一群對應著每個欄位的不同值 (value) 所組成的。



圖二-10 資料表之間連結示意圖

通常資料表中會以某一個特定的欄位來辨識資料，稱作鍵 (key) 或主鍵 (primary

key)，而鍵值也可以由許多欄位組合而成；資料庫通常是由許多的資料表所組成，並且會使用鍵值當做是從某個資料表到另一個的參考，在關聯式資料庫的術語中稱作是外部鍵（foreign key）（參見圖二-10）。外部鍵是用來表示兩個資料表格彼此的關係（relationship），可分為一對一、一對多和多對多[52] 等三種基本關係。

而隨著設計資料庫資料量的增加，資料表間的關聯性也會趨於複雜。所以必須使用像是實體關係圖以及資料庫的正規化（normalization），像是 1NF、2NF、3NF 甚至 NNF<sup>8</sup>，來規劃資料庫，以增加資料庫儲存與搜尋的效能。

---

<sup>8</sup>劉仁宇, "淺談資料庫正規劃," <http://enews.tpc.edu.tw/document/center/劉仁宇小姐「淺談資料庫正規化」.htm/>

## 第三章

### 網路式自動化虛擬實境建構方法

綜合前章所述，要建立傳統電腦二維圖集與物件式電腦三維模型之間的關係，必須要解決在「圖檔辨識」、「資料庫與網路架構」、「虛擬實境呈現」這三方面的問題。在本章將會提出本研究所發展的「網路式自動化的虛擬環境建立系統 ( Automatic web-based 2D-to-VR system, AutoVR )」，以及說明在此系統中所使用二維電子圖檔的辨識演算法、3D 環境的建立，以及網站與資料庫建構的方法。此系統分為三個主要的程序：

#### 1) 網路傳輸與資料庫互動程序 ( Internet and Database Interaction Process )

這些程序的處理程式都是以 PHP 所建立，以便能達到更好的網頁互動效果；在資料庫方面，本研究所採取的資料庫系統為 MySQL，並且以 STEP、IFC 這些產品模式資料交換標準的概念架構來設計本研究所使用的資料庫，也盡可能地達到資料正規化。

#### 2) 工程施工圖檔辨識流程 ( Working Drawing Recognition Process )

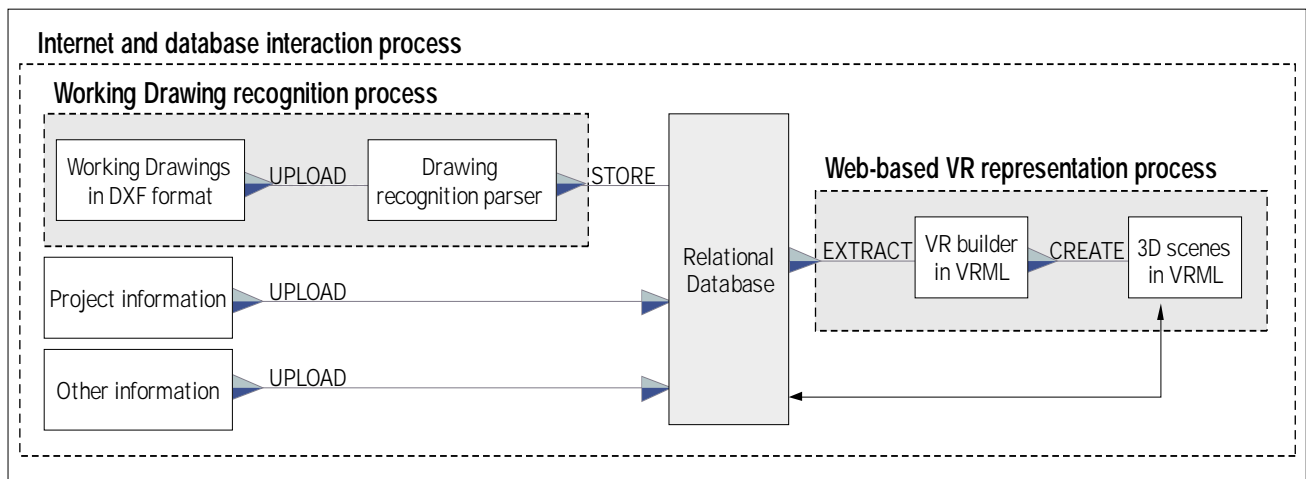
在這個程序中，允許使用者上傳工程圖檔，並配合使用者本身的製圖規範，利用「工程圖檔辨識解析器 ( Drawing recognition parser )」進行圖檔辨識，並將辨識後的物件，例如：樑、柱、標線等資料傳入關連式資料庫儲存，以便在虛擬環境建立時作進一步的利用。

#### 3) 虛擬實境建構與呈現流程 ( Web-based VR Representation Process )

系統會在這個程序中先擷取出儲存在資料庫中的建築計畫資料 ( 例如：計畫名稱、計畫建立日期等 )、建築物幾何資訊、其它資訊 ( 例如：每日施工報告、

現場施工影片記錄、現地照片等等)，並將這些資訊輸入「虛擬環境產生器 (VR builder)」中，虛擬環境產生器即根據這些資料進行編碼，並建立一個互動的工程虛擬實境，並且能夠透過 PHP 與資料庫互動。

整個系統的架構圖流程如圖三-1 所示。



圖三-1 AutoVR 系統示意圖

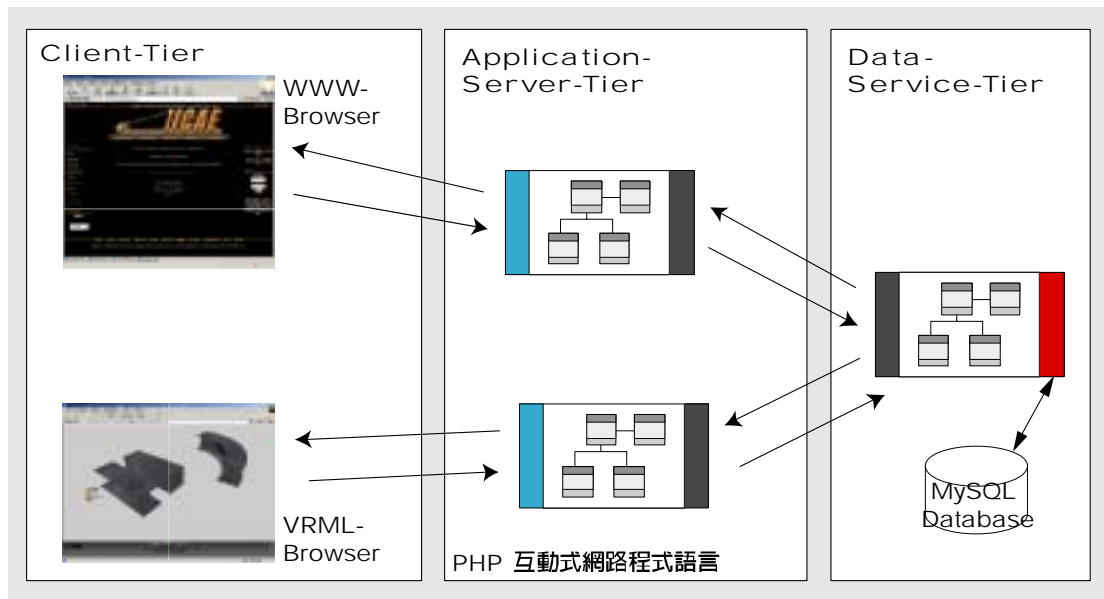
### 3.1 網路傳輸與資料庫互動程序

本節將說明本研究網路系統所使用的方法，包括「網路架構」、「使用者認證方法」和「資料庫系統」三部分。

#### 3.1.1 3-Tier 網路互動架構

在網路架構方面，本研究所發展的 AutoVR 系統建立在 3-Tier 的架構下。在此架構中，「應用程式伺服器層 (Application-Server-Tier)」所使用的網站伺服器是使用 Apache 網站伺服器，而互動式的網路程式語言則採用 PHP，「資料伺服器層 (Data-Service-Tier)」的資料庫系統則是使用 MySQL 資料庫。使用者端的介面有兩種，其一是一般的瀏覽器，另一則是 VRML 瀏覽器，兩者皆可透過 PHP 與資料庫互動，如圖三-2。

在網路架構方面，本研究所發展的 AutoVR 系統建立在 3-Tier 的架構下。使用者會在使用者端傳出要求（request）或是接收回覆（response）資訊，例如上傳 AutoCAD 的 DXF 圖檔或是接收已建立的 VRML 檔案。此外，使用者還可透過 PHP 傳遞或擷取 MySQL 資料庫中的資料，並建立 VRML 虛擬實境（參見圖三-2）。



圖三-2 本研究 3-Tier 架構

### 3.1.2 使用者認證

本研究系統 AutoVR 所使用的認證方式是採用單向加密密碼認證。使用者設定的密碼經由單向加密後儲存於資料庫內，而這種單向加密的密碼無法反向解密。使用者登入系統時輸入密碼，PHP 系統將輸入的密碼作單向加密後與資料庫內的加密密碼比對。若比對結果相同則允許使用者登入系統，否則就轉換到其它頁面。

利用 PHP 單向加密並儲存於資料庫的單向加密密碼，與加密前的密碼沒有文字上的關聯性，例如，“pass”在加密後以“xxkTlmYjlikoII”儲存於資料庫內，所以能夠基本地保護使用者的資料。就算他人捕獲加密密碼，也已經與原始密碼不

同而無法進入系統。

但若使用者本身忘記密碼，由於單向加密密碼的原始值只有使用者知道，因此系統只能製作一個新密碼寄到使用者在註冊時填入的電子郵件信箱。使用者可以用新密碼登入後再更改密碼。如圖三-3 所示。

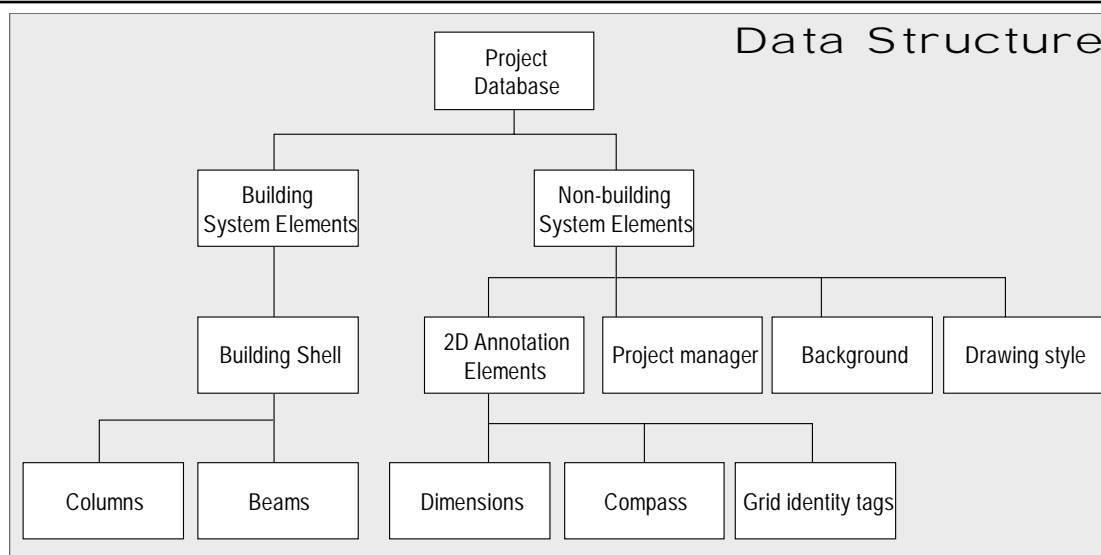


圖三-3 遺忘密碼，系統將會寄新的密碼給使用者

### 3.1.3 建築專案資料庫系統架構

IFC 會將實體建築物元件以及幾何資訊以劇本 ( Schema ) 的方式分別定義物件類別及屬性，亦即 IFC 圖檔本身可視為一集合物件，其中包含許多獨立子物件，如樑、柱等，同時透過引用與參照，對於建築物的描述便形成一樹狀結構。為了將二維的資訊與 3D 模型建立關聯，本研究對於建築物的描述即以樹狀結構描述之。

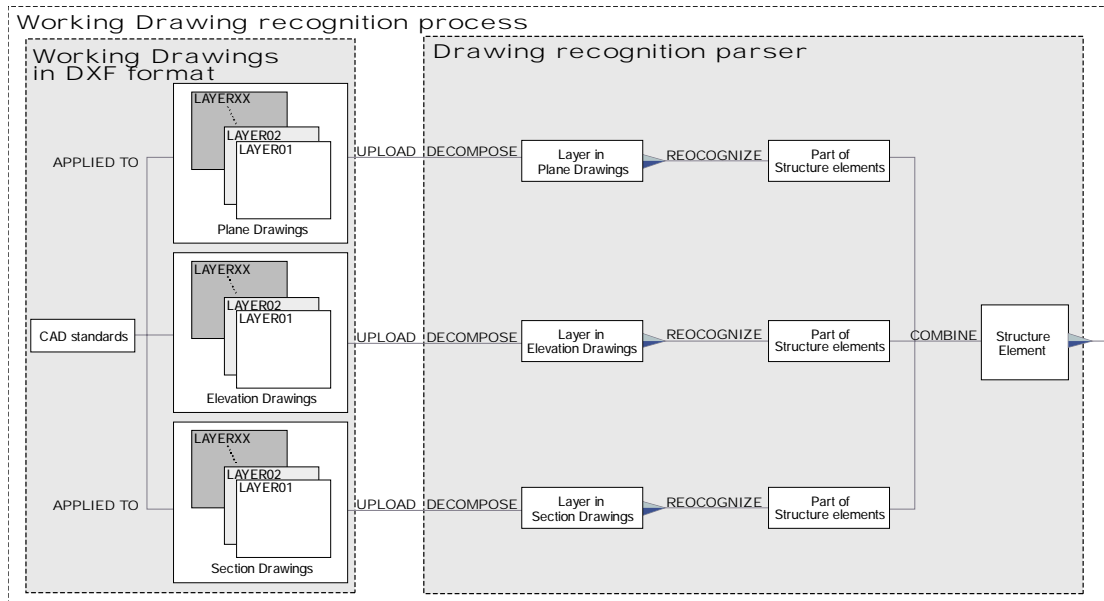
建築專案的內容可分為兩大類，一類為建築元件資訊，描述建築物的實體，一類為非建築元件資訊，描述建築物相關的資訊，包括二維輔助說明元件、專案資訊、背景以及製圖風格（參見圖三-4）。



圖三-4 資料庫架構圖

### 3.2 工程施工圖檔辨識流程

在這個程序中，假設所有工程施工圖檔（working drawing）皆是以某種製圖規範所繪製的，而這種規範可以是預設的美國國家標準（NCS），也可以是使用者依照某標準修改後的自訂標準，並且這些圖集的圖層是有組織以及分類的。上傳圖檔後，工程圖檔辨識解析器會將各類的圖集，諸如平面圖集、立面圖集、剖面圖集等，分解成許多單一的圖層，進行屬性比對與辨識，比對完成後會得到結構物的部分元件資訊（參見圖三-5），例如：我們會在平面圖中描述柱子的圖層內擷取出柱子的形狀以及旋轉方向，在立面圖或剖面圖中描述柱子的圖層內擷取出柱子的長度，同時會在描述尺寸的圖層內擷取出柱子的尺寸，解讀完成後便會結合這些資訊形成一個完整的結構物元件，並輸入關聯式資料庫儲存。



圖三-5 工程圖集辨識流程

在 3.2 節中將說明圖集辨識時需要的原理，共分成兩個部分來探討：第一，必須先了解設計者在繪製圖集時所使用的製圖標準，同時分析這些依照製圖標準所建立的圖集特性，以便日後進行更有效率的辨識；第二，在本研究中所分析的電腦圖集類型是 AutoCAD 的 DXF 檔案，所以本節將敘述 DXF 檔案格式以及內容，以便了解圖集的資訊是如何呈現在 DXF 檔案之中，以及該用什麼方式去解讀它。

### 3.2.1 工程圖檔的 CAD 繪製標準

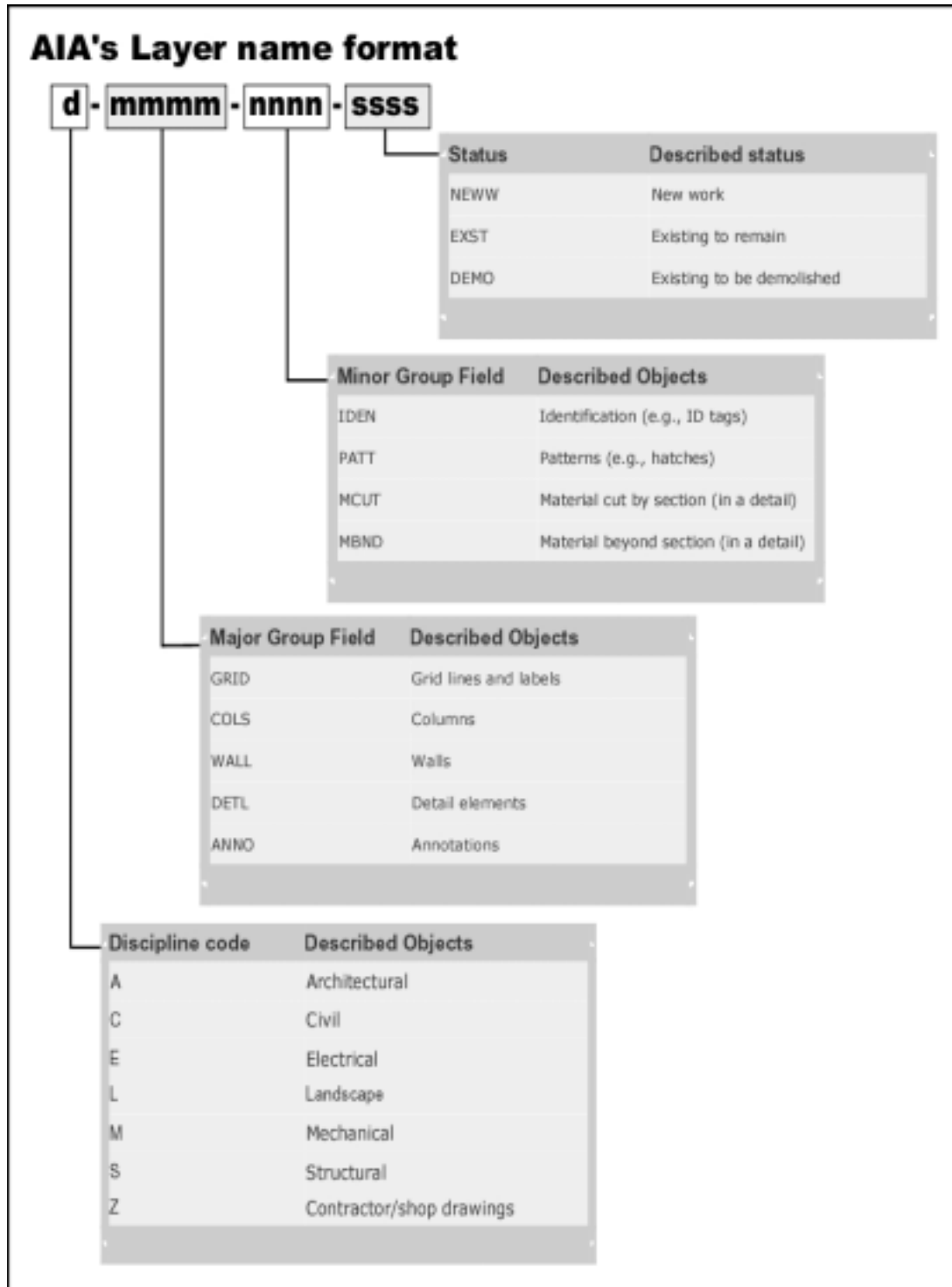
在 NCS 所包含的 AIA CLG、CSI UDS、Tri-Service Plotting Guidelines 三個主要規範中，CSI UDS 包含的概念太過於廣泛，無法簡單地藉由分析其單一的模組，而對圖集內容的特性有完整的了解；Tri-Service Plotting Guidelines 只是強調不同系統中顏色如何對照的指引；而 AIA 的 CLG 則說明如何將圖元依照其屬性分類至於不同的圖層之中。若根據 CLG 原則繪製圖集，某類屬性的圖元必定都會放置於其特定的圖層內，例如：在結構的平面圖中，columns 就會被繪製於 S-COLS 圖層中。所以，在各個圖檔之中若依照圖層命名方式繪製圖檔，圖檔與



圖層本身就已經含有某個程度上的意義，若能在辨識之前就先依照圖層的分類將龐大的圖元資訊分成幾個部分，再根據這些部分進行辨識，如此一方面可以減少辨識的困難度，一方面也能提升辨識的效能。因此，本研究以 AIA 的圖層命名標準為主要依據，利用每個獨立圖層中的圖元具有的特定屬性，將各個圖層的圖元儲存並進一步加以辨識。

AIA 的圖層命名原則陳述如下：

每個圖層以一個類別編碼 ( discipline code ) 和三組以四個字母所組成的欄位命名，並且用 “-” 分隔不同欄位，例如：d-mmmm[-nnnn][-ssss]，中括弧的欄位可以彈性選擇是否填入。命名原則的示意圖如圖三-9 所示。



圖三-6 AIA 圖層命名規則

因為次要群組碼欄位以及狀態欄位是可彈性使用的，因此有效的圖層名稱可

以是表三-1 的其中一種格式：

表三-1 有效圖層名稱類型

圖層名稱 ( Layer Name )	圖層描述 ( Layer Description )
<i>d-mmmm</i>	Discipline code-major group
<i>d-mmmm-nnnn</i>	Discipline code-major group-minor group
<i>d-mmmm-ssss</i>	Discipline code-major group-status code
<i>d-mmmm-nnnn-sss</i>	Discipline code-major group-minor group-status code

在 CLG 的命名指引中，d 代表類別編號 ( discipline code )，mmmm 是一組四個字母組成的主要群組欄位 ( major group field )，nnnn 表示可彈性使用的一組四個字母的次要群組欄位 ( minor group field )，ssss 也表示是可以彈性使用的一組由四個字母所組成的狀態欄位 ( status field )，以下分別說明之。

1) 類別編號 ( d )：定義圖集的種類。不同領域的圖集就會有一個專門的類別編號。常用的類別編號如表三-2 所示。

表三-2 類別編號的種類

類別編號 ( d )	描述的類別 ( Described Types )
A	Architectural
C	Civil
E	Electrical
L	Landscape
M	Mechanical
S	Structural
Z	Contractor/shop drawings

根據類別編號，可以初步地劃分不同領域的圖集，而不需要像以往比對過資

料庫且進行辨識後才知道此類圖集是屬於何種領域，例如只要搜尋圖層名稱起始字樣是“S”，便能夠分辨出這層圖面是描述結構的部分。

2) 主要群組欄位 ( mmmm )：用於表達建築系統 ( building system )，常用的主要群組碼欄位如表三-3 所示，由主要群組欄位的內容，可以進一步地判斷圖層中所含的內容，例如 S-COLS 即表示結構圖中的柱圖層。

表三-3 主要群組的欄位編號

主要群組欄位	描述的建築系統物件
GRID	Grid lines and labels
COLS	Columns
WALL	Walls
DETL	Detail elements
ANNO	Annotations

3) 次要群組欄位：表達比主要群組欄位更細節的部分，例如 IDEN 表示標註標籤 ( id tags )；若在其欄位前方加入主要群組欄位 GRID 成為 GRID-IDEN，則表示該圖層為柱子方格網的標註標籤。部分的次要群組碼如表三-4 所示：

表三-4 次要群組欄位值

次要群組欄位	描述的物件
IDEN	Identification (e.g., ID tags)
PATT	Patterns (e.g., hatches)
MCUT	Material cut by section (in a detail)
MBND	Material beyond section (in a detail)

4) 狀態欄位所描述的是建築專案中的各種情況，例如 NEWW 即代表新的工作。部分狀態欄位如表三-5 所示：

表三-5 狀態欄位

狀態欄位	描述的狀態
NEWW	New work
EXST	Existing to remain
DEMO	Existing to be demolished

綜括上述四組欄位的描述，表三-6 列出部分結構工程圖集（S）中可能的圖層名稱：

表三-6 可能之符合規範的圖層名稱

圖層名稱	描述的內容
S-GRID-IDEN	Column Grid Tag
S-WALL	Structural Bearing Or Shear Walls
S-BEAM	Beams
S-COLS	Columns drawn by structural drafter
S-ANNO-DIMS	Dimensions
S-ANNO-TTLB-TEXT	Title Block Text
S-ANNO-LEGN	Legends And Schedules
S-ANNO-LEGN-TEXT	Legends And Schedules Text
S-FNDN	Foundation

圖層命名方式的標準不但提供了營建業一個命名的依據，同時也提供了圖元如何依照屬性獨立分層的原則，許多公司即應用此原則將不同的圖元分層，如此便能確定應該獨立分層的圖元不會與其它的圖元合併為一個圖層，例如：不會誤判某一線段究竟是屬於樑中的一部分或是柱的一部分。

根據 AIA 訂定的圖層名稱，使用者便能對應到該圖層的內容與圖元的屬性。藉由分析圖層的名稱就能了解該圖層所描述的內容，並且根據這些屬性特徵進一步地以電腦演算法辨識這些圖元。對於傳統辨識而言，辨識某一個物件時，此物件以外的資訊都算是某種程度上的雜訊。用這種以圖層名稱為主的判斷方式，就不需一次分析所有的圖檔資訊，而能夠分不同圖層進行多次分析，以減少圖檔資訊的處理量；同時因為分析圖層名稱時就已經了解此圖層所涵蓋的內容，在辨識

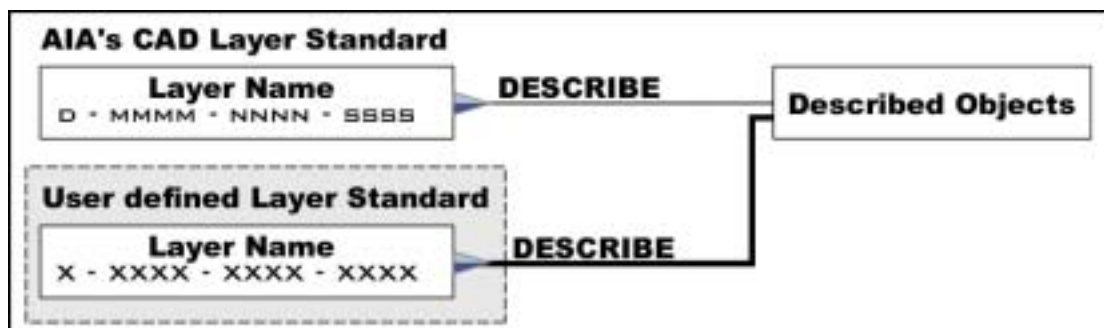
時就可以大幅度地減少辨識的資料量。因此，比起傳統辨識直接將圖檔與資料庫進行特徵比對，用各個欄位的名稱檢驗該圖層的方式，更能夠快速地確定該圖層的內容（參見圖三-7）。



圖三-7 AIA 的圖層描述方式與被描述物件之關係

然而這種判定方式會有一項重大的風險，因為各個公司可能會對於圖層命名的方式稍作修改而有所不同，若只單純根據 AIA 所制定的圖層名稱來界定名稱與內容之間的關係，便有可能會因為命名方式的修改而無法得知該圖層的內容意義，以及作進一步的辨識。

為了不使辨識系統只侷限於 AIA 的規定，就必須建立一個彈性的機制讓使用者可以自訂其標準與風格。由圖集的架構可以發覺，雖然命名的方式可能有所不同，但是所描述的圖元是相同的，也就是說，不同的標準可能會以不同的名稱描述包含樑物件的圖層，但實際上都是在描述同一個圖層或物件，因此只要將使用者所定義的圖層命名標準與實際上被描述的物件建立關聯，辨識系統即可更廣泛地應用到各個不同的公司或組織（參見圖三-8）。



圖三-8 使用者自訂之圖層名稱與物件之關係

本研究是以 AIA 的電腦圖層命名指引（CLG）為主要依據，而 CSI 所發展

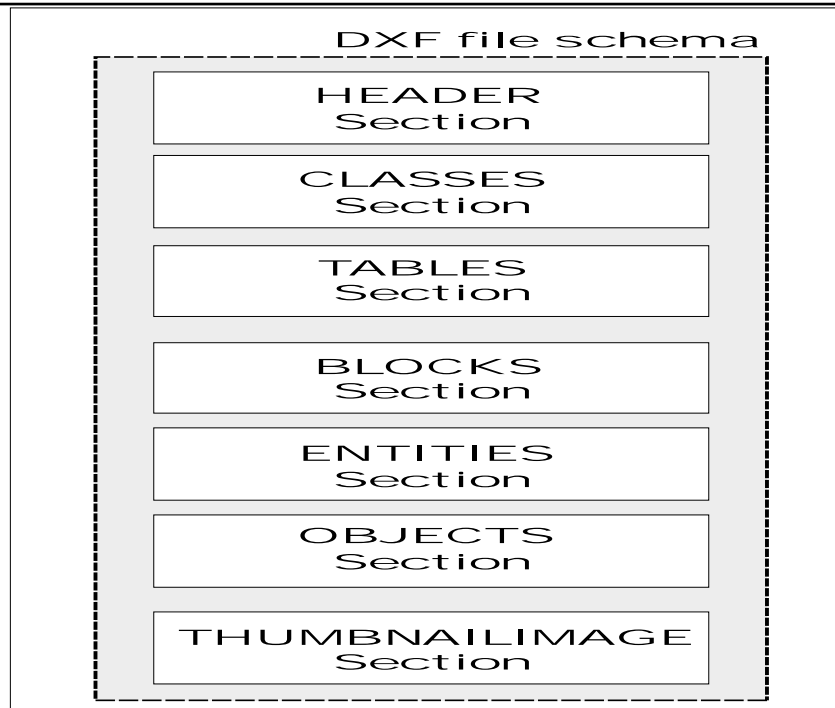
的單一繪圖系統 ( uniform drawing system ) 部分模組對於圖元有完整的描述與規定，例如網格、網格標籤等，所以本研究便將部分模組作為輔助的辨識依據，並在辨識的規則上加以改進，以應用於更多依照不同標準所繪製出來的圖檔。這些模組將在第四章的各個圖形辨識演算法中加以說明。

### 3.2.2 DXF 檔案格式

因為AutoCAD是在大部分的電腦繪圖軟體中佔有率最高的，同時許多的繪圖標準也是以AutoCAD為主軸發展的，因此本研究選擇了AutoCAD的檔案格式作為分析的來源。為了能夠有效率地儲存與擷取資訊，本節將探討DXF format，並了解圖元資訊是如何儲存於DXF file之中。

DXF 格式是將 AutoCAD 圖檔中所有資訊以標籤化的方式表現。標籤化資料亦即檔案中的每一個資料元素，包括圖元資訊及非圖元資訊，皆由一個整數前導，稱為群組碼 ( group code )，因此，一群組碼後方便會有一個物件資訊 ( data item )，而群組碼與資訊即形成一對資料值。群組碼的值，乃表示後方資料元素的類型，亦表示資料元素對所屬物件 ( 或記錄 ) 類型的意義。實際上，圖檔中所有使用者指定的資訊，都可以用 DXF 格式表示。而利用群組碼與這種成對的資料表示方式就會將 DXF 檔案組織成許多節 ( section )。此外，檔案的每一行都只包含一個群組碼或是資料值。

DXF的檔案架構分為許多節 ( section )，而每一個節皆以群組碼 "0" 起始並在下一行緊接著一個資料字串 "SECTION"，在SECTION後會有一群組碼 "2" 以及表示該節的字串 ( 例如，HEADER )。每一個節皆是由許多的群組碼與資料值定義該段落的元件。一個節會以 "0" 以及字串 "ENDSEC" 表示該節結束。



圖三-9 DXF 檔案的架構

整個DXF的架構圖如圖三-9所示，而其架構的內容則陳述如下[53]：

### 1)HEADER節

DXF 檔案的 HEADER 節，包含與圖面相關聯的變數設定，其中包含 AutoCAD 資料庫的版本號碼以及系統變數的號碼。每一個變數都是由一個 "9" 群組碼起始指定，下一行則是該變數的變數名稱，其後接著該變數的變數參數群組碼以及變數參數值。

### 2)CLASSES節

若有應用程式定義的類別出現在資料庫的 BLOCKS、ENTITIES 與 OBJECTS 節中，那麼 CLASSES 節會保留應用程式定義類別的資訊。同時此節假設所有的 class 定義在整個架構中是固定而不會改變的。

### 3)TABLES節

TABLES 節包含了一些表格，其中每一個都有項目的變數號碼。而表格的



種類則包括：APPID (application identification table) 表示應用程式的識別表格，BLOCK\_RECORD (block reference table)表示圖形區塊的參考表格，DIMSTYLE (dimension style table)表示輔助尺寸風格的表格，LAYER (layer table)代表圖層的定義，LTYPE (linetype table)代表線段樣式的表格，STYLE (text style table)表示文字風格的表格，UCS (User Coordinate System table)表示使用者座標的表格，VIEW (view table)表示視景的表格，VPORT (viewport configuration table)則代表視景更改設定的表格。

#### 4)圖形區塊節 ( BLOCKS section )

圖形區塊節包含圖面中每一個圖塊的定義以及構成該圖形區塊的繪圖元件，而這些圖塊則是圖形實體節中圖塊的參考。圖形區塊節內的所有區塊皆定義在 block 與 endblk 之中，且不能是巢狀 ( nested ) 的。也就是說，一個圖塊的定義之中不能存在其他的圖塊定義，其架構如表三-7 所示。

表三-7 圖形區塊節中群組碼的結構[53]

Blocks Group Codes in DXF Files	
CODE	EXPLANATION
0 SECTION	Beginning of BLOCKS section
2 BLOCKS	Begins each block entry (a block entity definition)
0 BLOCK	
5 <handle> 100 AcDbEntity	One entry for each entity definition within the block
8 <layer>	
100 AcDbBlockBegin	
2 <block name>	
70 <flag>	
10 <X value>	
20 <Y value>	
30 <Z value>	
3 <block name>	
1 <xref path>	
0 <entity type>	
.	
. <data>	
.	
0 ENDBLK	End of each block entry (an endblk entity definition)
5 <handle> 100 AcDbBlockEnd	
0 ENDSEC	End of BLOCKS section

## 5)圖形實體節 ( ENTITIES section )

在這節當中包含了所有圖檔中圖元的資訊，包括圖形區塊的參考值 ( block references ) ( 參見表三-8 )。

表三-8 圖形實體節中群組碼之結構[53]

Entity Group Codes in DXF Files	
CODE	EXPLANATION
0 SECTION	Beginning of ENTITIES section
2 ENTITIES	
0 <entity type>	One entry for each entity definition
5 <handle>	
330 <pointer to owner>	
100 AcDbEntity	
8 <layer>	
100 AcDb<classname>	
.	
. <data>	
.	
0 ENDSEC	End of ENTITIES section

## 6)OBJECTS節

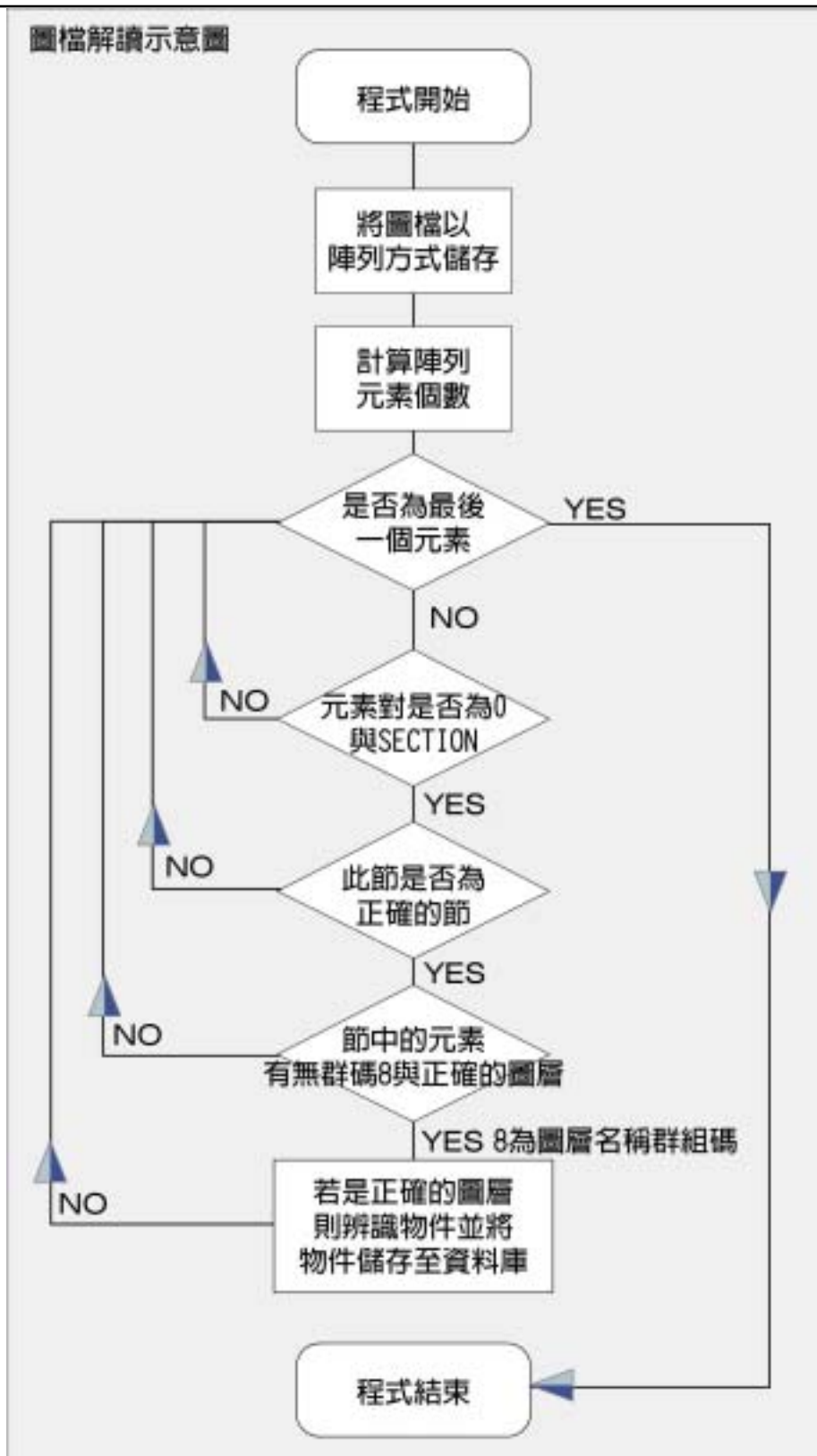
非圖像的物件都會儲存在這節當中。

## 7)THUMBNAILIMAGE Section

這節中會儲存圖檔的預覽影像資料，但這節是可彈性選擇的。

由上述的資料結構可知，圖集中所有的圖元都被描述在圖形實體節當中，例如，在圖形實體節中可能包含了一些線段、一些圓、一些弧，若在圖形實體節中

有圖形區塊 ( Block ) , 則可以在圖形區塊節中搜尋出相對應Block的詳細圖元資料, 而在TABLES節中, 則包含了dimension style table、 layer table、 line type table 等格式的資料。所以在進行辨識之前, 先將在圖形實體節 ( Entities section ) 中不同layer的物件分別儲存起來, 再依照layer name所代表的內容, 將物件進行比對 ( 參見圖三-10 )。

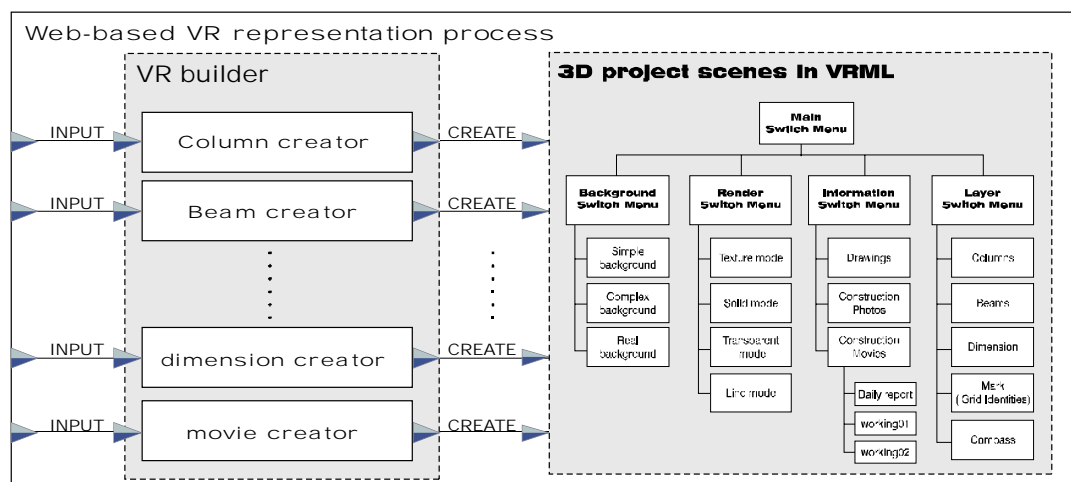


圖三-10 圖檔辨識程式示意流程圖

各個如樑、柱等物件可能會出現的群組碼，將會在辨識實作中加以說明，而

不在此節中介紹所有的群組碼。

### 3.3 虛擬實境建構與呈現流程



圖三-11 虛擬實境建構流程示意圖

在本程序中，虛擬環境產生器會先從關聯式資料庫中擷取建築物件的資訊，將各個物件的參數透過不同的函式傳入本研究所定義的新的虛擬實境節點，產生建築物的物件，再將所有的物件寫入一個 3D 場景中。

這樣的 3D 場景不只是一堆點線面所構成的幾何區塊，而是類似物件式 (object-like) 的 3D 場景，此外，由 VRML builder 所建構的 3D 場景，透過 javascript 的控制而能與使用者有更多的互動，也可以呼叫資料庫從資料庫擷取資料，展現更豐富的資訊。

#### 3.3.1 定義新原型節點 (PROTO Node)

VRML 提供了超過 50 個不同的內建節點讓使用者能夠建立形狀、選擇顏色、控制動畫等。除了這些基本的節點之外，VRML 還允許使用者建立自己定義的節點。利用原型節點 (PROTO node、prototype node 的縮寫) 就可以定義新的節點，而這個新的節點也像其他的內建節點一樣，可以讓使用者定義新節點的

名稱 ( name ) , 在宣告區 ( declaration ) 中宣告欄位 ( field ) 顯性欄位 ( exposed field ) 事件接收 ( eventIn ) 事件輸出 ( eventOut ) 以及在定義區 ( definition ) 中定義此節點要處理什麼動作等敘述。原型節點的語法定義[26]如下：

**PROTO <name> [ <declaration> ]**

使用者可以將原型節點放置在獨立的 VRML 檔案中，建立自己的節點函式庫。若想要在其它 VRML 檔案中使用原型節點，則只需要用外部原型節點 ( EXTERNPROTO node , external prototype node 的縮寫 ) 在檔案中宣告並給予參照位置，則瀏覽器就會自動抓取參照檔案的資料，此參照位置甚至可以是一個網址。因為參照的檔案是在開啟時才尋找檔案原型節點定義，所以若要修改檔案或增加功能只要修改原型節點的原始來源檔案即可，不需要一一修改所有有用到原型節點的檔案。利用原型節點與外部原型節點，VRML 檔案的維護與管理就會變得更加輕鬆與容易。外部原型的語法定義如下：

**EXTERNPROTO <name> [ <external declaration> ] URL or [ URLs ]**

因為 VRML97[26]能讓使用者定義自己的新節點 ( prototype node ) , 而且 Lipman[14]也根據這個特性提出了以 prototype 建立樑的方法，所以使用者只要輸入樑參數與起點終點，就能夠建立各種種類的樑，這種類似物件 ( object-like ) 的方式讓使用者能夠更輕易地建立物件，而不需要針對每一個物件單獨建立 3D 物件。

### 3.3.2 PROTO 內容的建立方法

本節將說明本研究建立 PROTO 內容所使用的幾個較重要的方法。

#### 1) Extrusion node

要描述複雜的幾何物件最常使用以下兩種方式：一種是利用「IndexFaceSet node」，將幾何物件的所有表面描述出來，再將這些面連接起來形成幾何物件，

這是類似有限元素法中分割物體表面的方法，適用於完全沒有規則的複雜形體。

另一種「Extrusion node」則是適用於有規則可循的形體，其方法是先將物體的斷面描述出來，再描述此斷面要擠出（extrude）的方向與長度而建立 3D 物件。

對於網路化的虛擬實境而言，檔案大小的最佳化是很重要的。在土木營建工程領域中有一些研究利用「IndexFaceSet node」來建立物件[5, 54]，但因為要描述所有的面，所以其檔案大小就會大於以「Extrusion node」方式所建構物體的檔案。此外，大多數的結構物件，像是樑、柱、H 型鋼、箱型鋼等等結構，通常都是具有固定的斷面，所以只要利用「Extrusion node」來建立樑與柱也能達到相同的效果。建築專案中結構物的數量，例如樑與柱，往往有數十根到數千根，累積下來減少的檔案大小就相當可觀。

此外，現在曲樑的結構越來越盛行，若利用「IndexFaceSet node」建立則需要先將物件分割成更多的平面才能完整的描述一個曲樑的弧度，而且須要計算每一個點、面的位置。但若利用「Extrusion node」，只須要計算擠出的方向即可完成曲樑的建立，所以相對而言，「Extrusion node」也較節省計算時間。

## **2) IndexLineSet node**

目前許多 3D 繪圖軟體，例如 3ds max、Maya 等，都只強調 3D 物件的呈現，但如前章所述，2D 的輔助說明也是目前 3D 物件無法取代的元素。建構 2D 輔助說明的方法，可以用「IndexLineSet node」來建立，只要給予線段中點的位置，再將各點依照順序連結起來即可。

## **3) Script node**

為了能使定義的 PROTO 能夠更廣泛地被應用，除了利用 VRML 內建的幾何指令之外，還需要利用程式控制碼（script）來控制，例如：輸入 I 型樑的 H、B、t1、t2 讓 script 自動計算斷面各個點的位置、輸入標線的起點與終點位置讓 script 計算兩點的間距，並在 3D 環境中顯示出來、輸入影片的網址讓 script 建立



一個電視顯示器可以播放影片和停止放映等等。

在 VRML 中雖然沒有定義只適用於何種程式語言，但大部分的設計者都使用 Javascript 來設計 script 的內容。

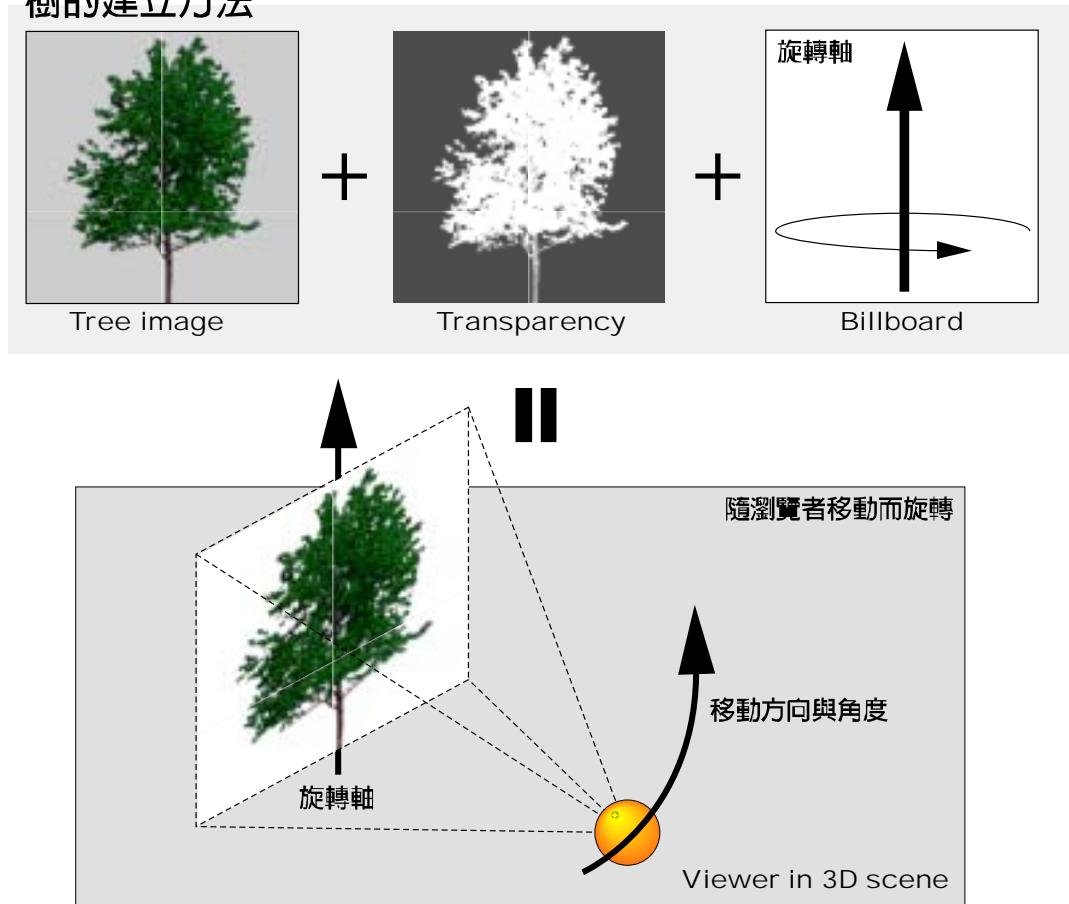
### 3.3.3 3D 場景建立的方法

#### 1) 樹 ( tree )

若直接建構樹的 3D 模型可能會增加檔案大小，也可能會增加電腦 3D 運算的負荷量，但若建立一平面貼上樹木材質圖，雖能減少運算量，但建立的樹木只能面向一個方向，只要觀看者不以正面面向此樹木，便有可能看不到此樹木。

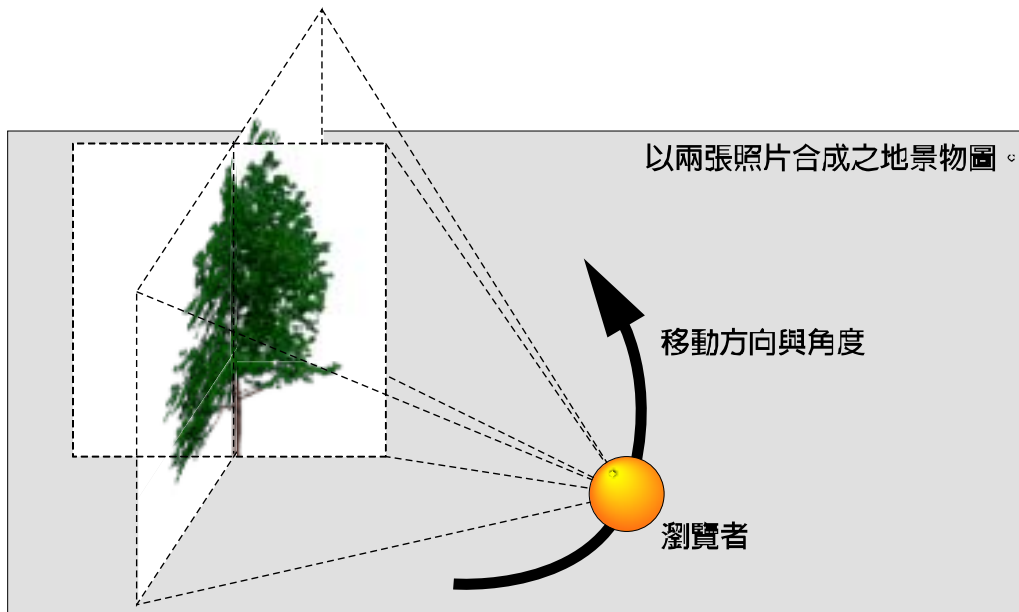
Ames[38]提出一個低運算量高質感的材質貼圖建構方法：由於展示板節點 ( Billboard node ) 內的子物件會隨著使用者的移動，自動調整角度，而永遠以正面面對使用者，再加上 GIF 的圖檔類型可以記錄透明 ( transparency ) 的區域，因此只要建立一個平面，將具有透明區域的樹木材質貼上並加入 Billboard 的子物件中，就能夠得到樹的物件 ( 參見圖三-12 )。

### 樹的建立方法



圖三-12 以含透明資訊的圖檔及 Billboard 建立的樹

但是因為展示板只能以某一固定的軸旋轉，所以仍有某些角度看起來不擬真，因此本研究將之加以改進，用兩個互相垂直的貼圖平面加入展示版節點中，如此在旋轉時，就可以減低失真的程度（參見圖三-13）。



圖三-13 以兩張垂直的圖檔建立較不易失真的樹樣式

## 2) 背景 (Background)

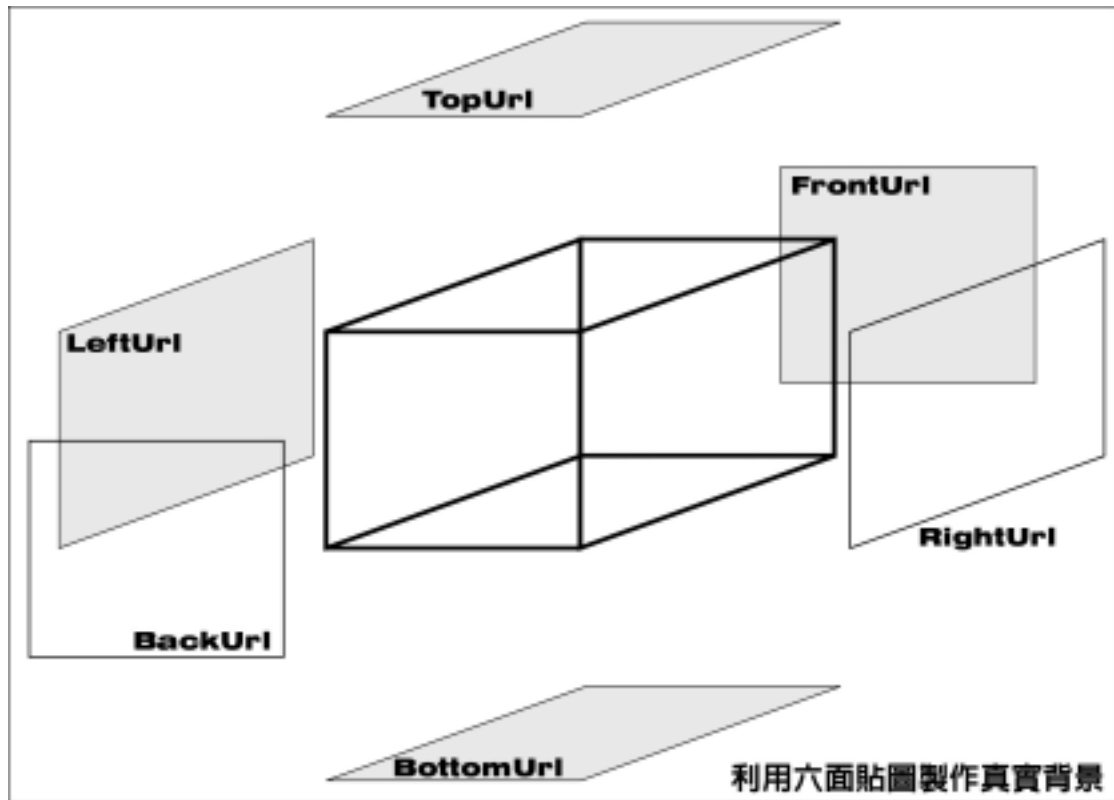
本系統可以允許瀏覽者切換三種不同的背景模式：「簡單背景 ( simple background )」、「複雜背景 ( complex background )」、「真實背景 ( true image texture background )」，因此在背景的建立上分為此三個部分討論。

「簡單背景」：使用 VRML 內建的背景節點 ( Background node )，輸入天空與地面的顏色並加入用線條繪製的基地平面。

「複雜背景」：在現階段是利用 Bryce 4 建立固定的地形，取代線條繪製的基地平面。

「真實背景」：VRML 雖然是幾何式的虛擬實境，但是在背景的顯示上，背景節點仍然提供製作類似 quick time VR 的全景照片 ( panorama images ) 影像背景的功能，因此只要上傳前方背景圖位址 ( frontUrl ) 後方背景圖位址 ( backUrl ) 左方背景圖位址 ( leftUrl ) 右方背景圖位址 ( rightUrl )，或者再加上頂部背景圖位址 ( topUrl ) 底部背景圖位址 ( bottomUrl )，就能夠建立環場的全景照片，如

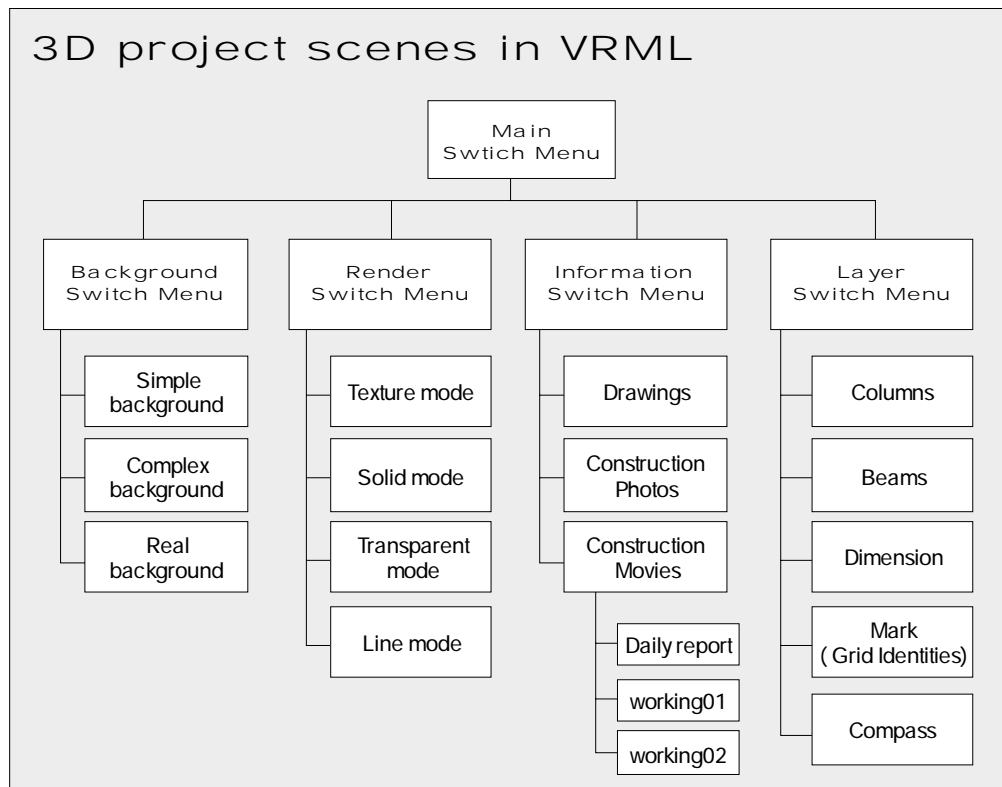
圖三-14 所示。



圖三-14 真實背景的貼圖方式

### 3.3.4 3D 場景的控制架構圖

3D 環境原先的目的是為了能夠增進不同設計團隊間的溝通與協調，然而若同時加入太多物件與資訊，反而會擾亂瀏覽者想要專心觀察的事物，為了讓本研究的 3D 環境更能夠符合瀏覽者在不同情況與時間下不同的需求，設計了如圖三-15 所示的 3D 場景控制架構圖，每個 3D 專案都以這個架構建立。在此架構圖中，利用不同的「switch node」控制不同的屬性物件的顯示或隱藏。主要的控制選單（main switch menu）控制其他四個控制選單，分別是背景控制選單（background switch menu）、彩現模式選單（render switch menu）、資訊控制選單（information switch menu）以及圖層控制選單（layer switch menu）。



圖三-15 3D 場景架構

背景控制選單能夠控制不同背景的顯示；彩現模式選單能控制樑與柱以何種 render mode 顯現；資訊控制選單則能夠控制 3D 環境中圖檔與照片連結按鈕的顯示，以及顯示工程影片選單（construction movies menu）讓這個選單控制不同的類型的影片顯現；而圖層控制選單（layer switch menu）則是延伸二維圖層的概念，讓如樑、柱、網格標籤等不同屬性的內容能夠依照使用者的需求而顯現或隱藏（參見圖三-16）。這些控制選單是修改自 Lipman[14]、Kolenda[55]與 Seidman[56]等人的原型定義節點，結合並加以改進使之更符合本系統之需求。



圖三-16 虛擬實境場景控制選單

## 第四章

### 系統案例印證

本研究所建立的「網路整合式的自動化虛擬實境建立系統」，將在本章中以實際的案例印證。本章分為五個小節：第一節說明案例圖檔及資料內容；第二節是網路系統的架構，包括整個網站的架構、使用者和系統及資料庫三者之間的互動關係，以及資料庫的架構；第三節是工程圖集的辨識原則，說明工程圖集中圖層的特性以及辨識的原則；第四節是 3D 環境的呈現，包括 PROTO nodes 的建立工程專案的 3D 場景架構圖；第五節則討論本系統使用的方法。

#### 4.1 案例說明與實作

本研究所使用的案例是從結構技師飾物所取得之廠房的圖集資料，本研究根據這些資料來分析並建構虛擬實境。由於取得圖集資料時該廠房已建立完成，因此部分的資料例如每日施工報告、施工現地相片等資料，將以其它資料代為示意。

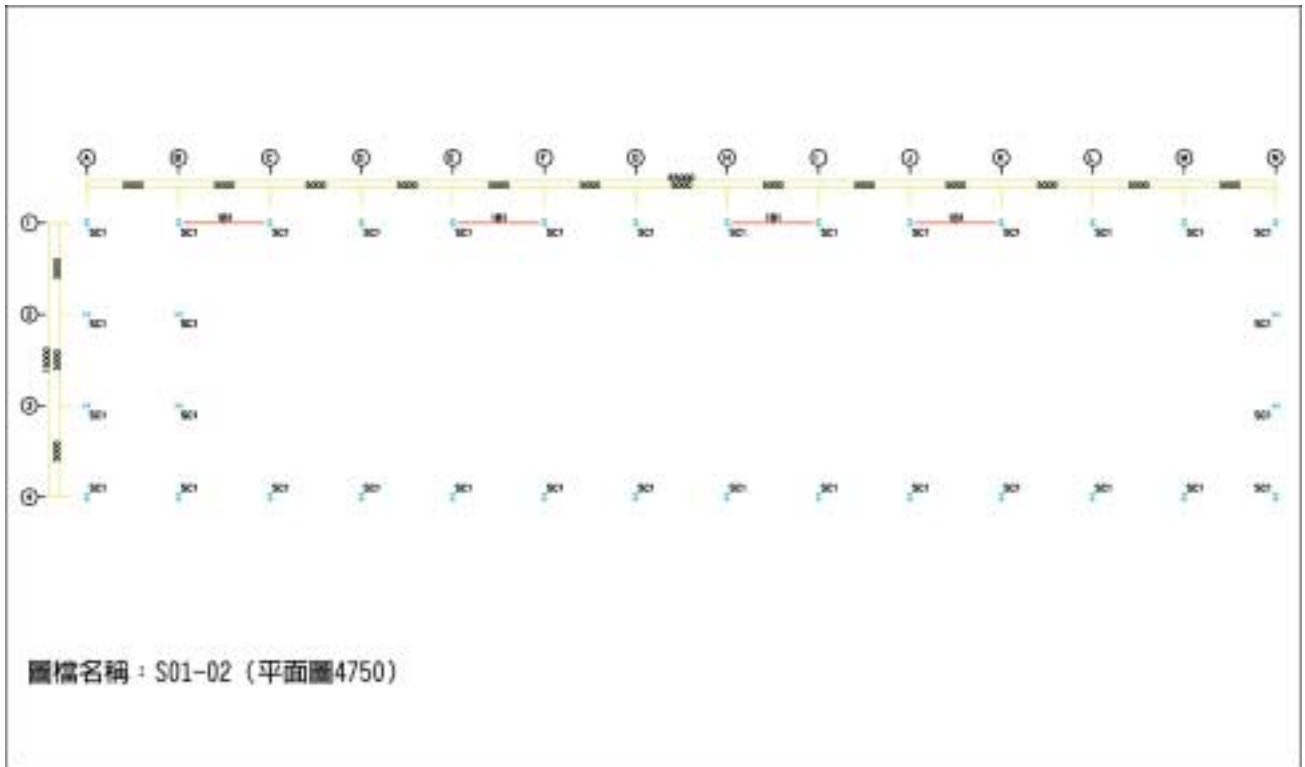
此廠房為一層樓之建築物，共有 3 個平面圖、3 個縱向立面圖、4 個橫向立面圖。就平面圖而言，由於第三個平面圖 S01-03 描述的屋頂結構並不在本研究探討的範圍內，因此不加以討論與辨識；第一個平面圖 S01-01 與第二個平面圖 S01-02 分別描述高度為 FL+3300、FL+4500 的平面圖，如圖四-1、圖四-2。本研究以 S01-01 為依據判定柱位置。

立面圖方面，在圖四-1 中可以觀察出該廠房的垂直網格線由左至右以字母排列共有 14 個網格標籤，雖應有有 14 個立面斷面的圖，但因為從 F 到 N 的斷面是相同的，因此只有 A、B、C、N 這四個橫向立面斷面圖。水平網格線由上至下以數字排列共 4 個網格標籤，亦即有 4 個縱向立面斷面，因為 2 與 3 號斷面相同，所以實際只有三個圖面。由於只要有縱向或橫向中任一種立面資料即能建構此廠

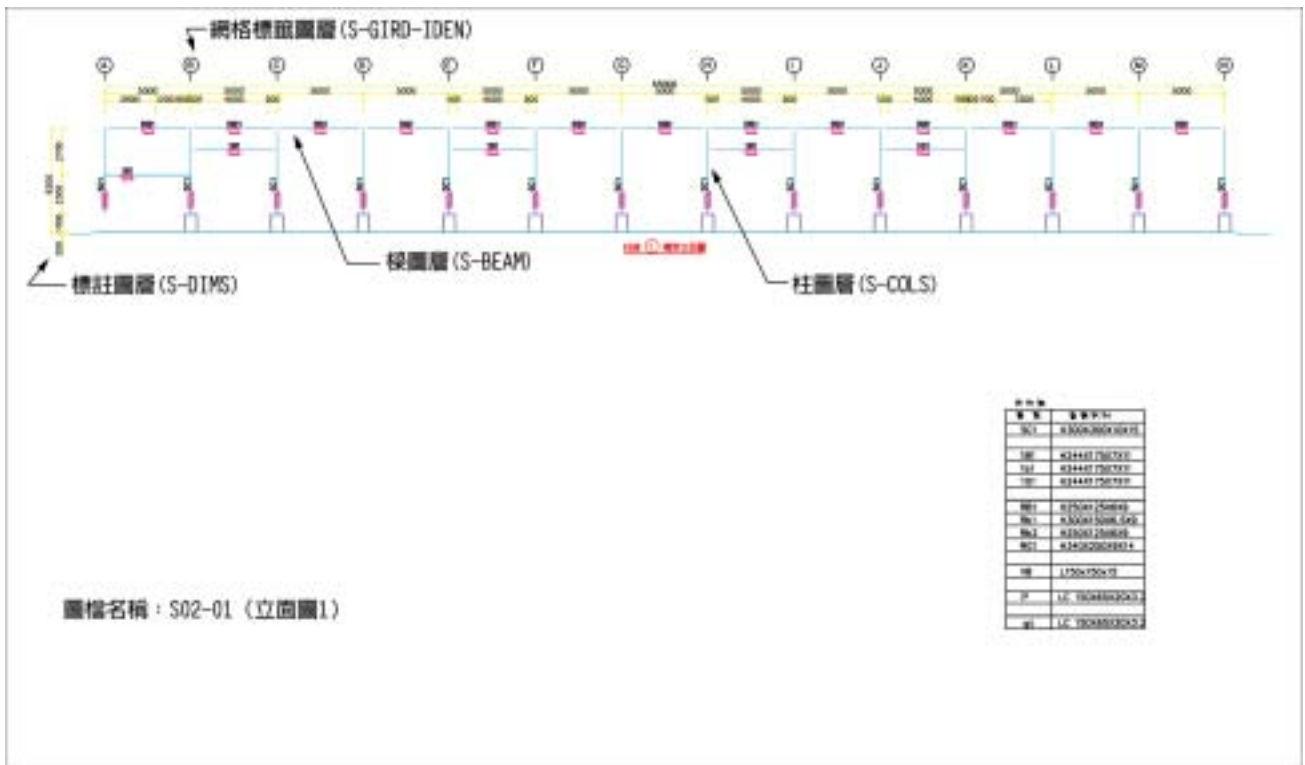
圖檔名稱：S01-01 (平面圖3300)

圖層	圖層說明
SC1	柱網 (S-COLS)
SD1	標註 (S-DIMS)
SB1	樑網 (S-BEAM)
SG1	網格標頭 (S-GRID-IDENT)
SA1	指北針 (S-ANNO-CMPS)

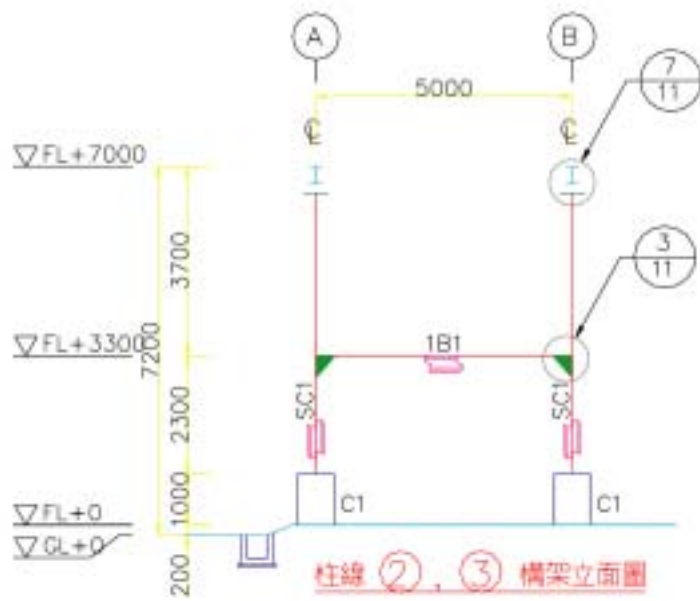




圖四-2 廠房 S01-02 平面圖



圖四-3 廠房 S02-01 立面圖與圖層標註解釋



圖檔名稱：S02-02 (立面圖2,3)

圖四-4 廠房 S02-02 立面圖



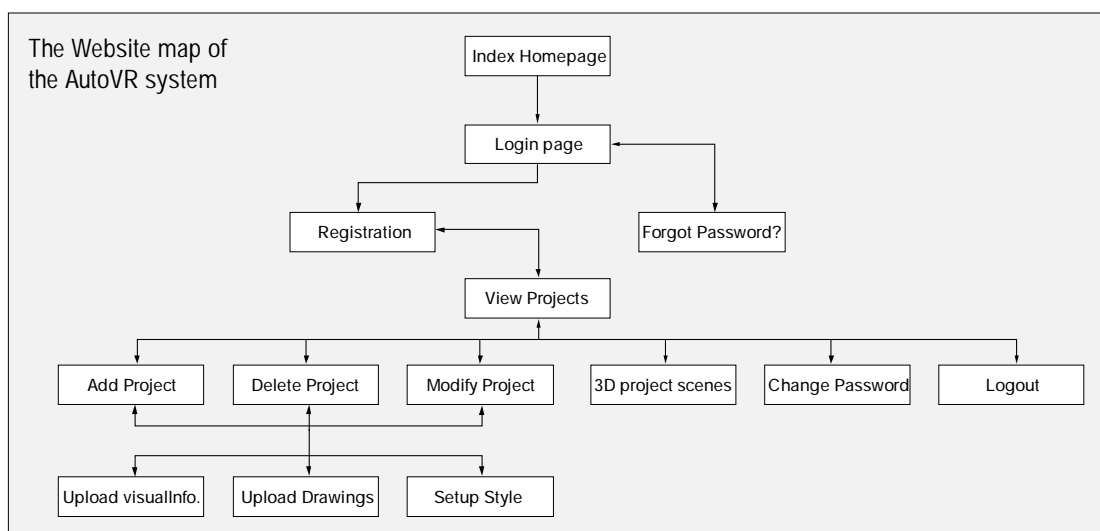
圖檔名稱：S02-04 (立面圖4)

圖四-5 廠房 S02-04 立面圖

## 4.2 網路系統的架構

### 4.2.1 網站架構

在 AutoVR 中，使用者可以在網站中註冊。而在使用者註冊後，系統就可以允許使用者建立自己的工程專案或是修改已經建立的專案內容，並且系統能夠根據使用者所提供的工程專案資料，自動地建立 3D 虛擬實境。同時，系統會記錄使用者所建立的資料，以個人化（personalization）方式顯示適當的內容。網站的架構如圖四-6 所示：



圖四-6 網站架構示意圖

使用者於登入時即可輸入密碼與姓名，也可於登入畫面連結至註冊畫面，如圖四-7 所示。通過登入後就可以進入專案管理畫面，如圖四-8 所示，使用者可以透過此畫面新增、修改或刪除虛擬實境建築專案，圖四-9。



圖四-7 系統登入畫面



圖四-8 虛擬實境專案管理畫面



圖四-9 新增建築專案

建立完專案後，可點選專案連結到個別的專案資料上傳與管理介面，如圖四-10 所示，在此管理介面中分為三個部分，第一個部分可讓使用者自訂製圖風格 (drawing style)，第二個部分可以讓使用者上傳工程圖檔 (upload working drawings)，第三個部分可以讓使用者上傳其他資訊 (data information)，例如工地施工影片、現地相片等影音資料。三個部分設定與上傳分析完畢後，使用者即可觀看系統自動建立的 3D 虛擬實境專案。



圖四-10 個別專案管理介面

影音資料上傳的畫面如圖四-11 所示，使用者可以上傳每日施工日誌影片、建築施工影片或給予工地施工照片的網頁位址，系統會將這些上傳的影音資料寫入 VRML 虛擬實境專案中，使用者便可以從虛擬實境介面觀看及呼叫這些資料。

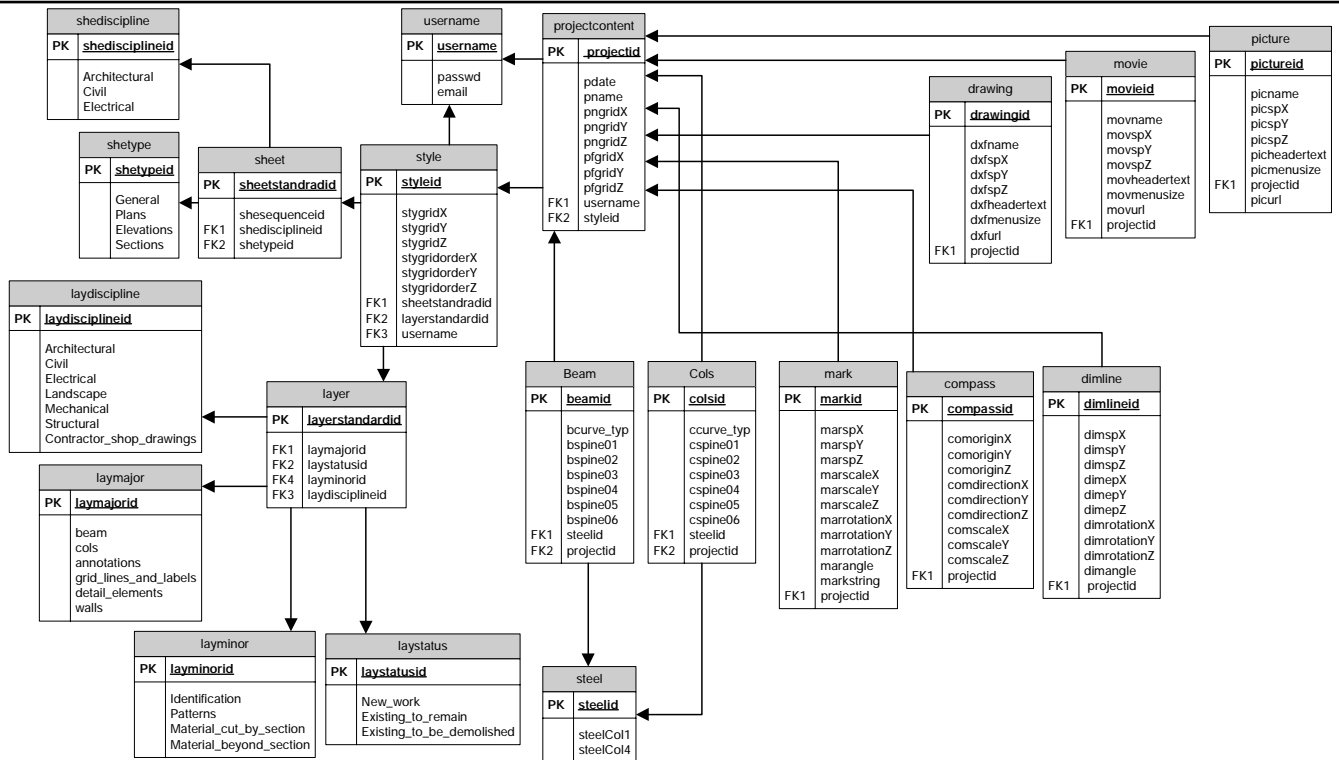


圖四-11 影音資料上傳畫面

另外兩個部分以及 3D 畫面呈現分別會在 4.3.1 與 4.4.1 介紹。

#### 4.2.2 資料庫架構

本研究所使用的系統資料庫如圖四-12 所示，每一個建築專案 (projectcontent) 都會有一個擁有者 (username)，並且有建立此專案所使用的製圖風格 (style)，以及建築資訊。



圖四-12 系統資料庫架構

## 4.3 工程施工圖檔辨識

### 4.3.1 實例說明

當專案建立後，使用者首先可以自訂其繪圖風格（參照圖四-13），目前系統可允許使用者改變 AIA 的圖層命名規範。使用者只要輸入被描述物件相對應的名稱，系統在辨識時即依照使用者定義的圖層名稱搜尋並進行辨識。若使用者不定義名稱，系統即以內定的 AIA 圖層名稱進行搜尋與辨識。



圖四-13 部分使用者自訂製圖風格畫面

在工程圖集上傳方面，只要將各個圖檔藉由上傳畫面中上傳，待上傳成功後，則系統即分析並儲存資料於資料庫中（參照圖四-14，15），同時會自動地建立虛擬實境專案，使用者回到個別專案管理介面後，點選 3D 專案鍊結便能進入 3D 場景中瀏覽工程專案。





The screenshot shows the IICAE web interface. At the top is a logo with the text "IICAE" in large, stylized orange letters, and "Design by Steve Shih" in smaller text below it. Below the logo is a section titled "上傳AutoCAD的DXF檔案" (Upload AutoCAD DXF files) with a small house icon. There are four rows of input fields for uploading files. The first row is for the "平面圖" (Plan View) with a dropdown menu set to "FL+", a text input field containing "3300", and a "瀏覽..." (Browse...) button. The second row is for the "平面圖" (Plan View) with a dropdown menu set to "FL+", a text input field containing "4750", and a "瀏覽..." (Browse...) button. The third row is for the "立面圖" (Elevation View) with a dropdown menu set to "1", a text input field, and a "瀏覽..." (Browse...) button. The fourth row is for the "立面圖" (Elevation View) with a dropdown menu set to "2", a text input field, and a "瀏覽..." (Browse...) button. At the bottom left is a "Submit" button.

圖四-14 上傳圖檔的畫面



圖四-15 圖檔上傳及分析資料成功

#### 4.3.2 工程施工圖中圖元物件在 DXF 檔案中的特性與辨識法則

本研究在分析歸納後發現，土木營建的電子圖集領域中，由於有電腦繪圖規範的制定，且設計者在繪製圖集時是根據電腦繪圖規範所繪製的，圖檔中許多不同屬性的圖元已被分類到不同的圖層，而且依據圖層名稱就能夠得知此圖層所包含的內容，再加上 AutoCAD 的 DXF 檔案格式中對於像是線、弧、圓、文字等基本繪圖的元件會以標籤紀錄，因此所要進行的辨識並不是辨識圖檔內是否有“有”線段或是圓圈等基本繪圖元件，而是要辨識 DXF 內紀錄的基本繪圖元件是否會組成一個有意義的建築物件，如柱、指北針、網格標籤等，同時還要判別這些建築物件的屬性，例如柱的長度、位置、旋轉的方向等等。

由於電腦繪圖規範對於圖層分類的規定，各個圖層可以被獨立擷取出來，再依照此圖層應有的屬性進行比對，例如可以將“S-ANNO-DIMS”這個圖層獨立出來，此圖層內所有的圖元都會是某種形式的標註，只要了解 DXF 檔案如何紀錄這些標註就能夠判斷它們的屬性。按照這種辨識規則，就可以相對地減少辨識所需花費的時間，例如：不需為了辨別某一條線是屬於柱子的一部分還是註解框線的一部分，而花費大量的時間辨別。

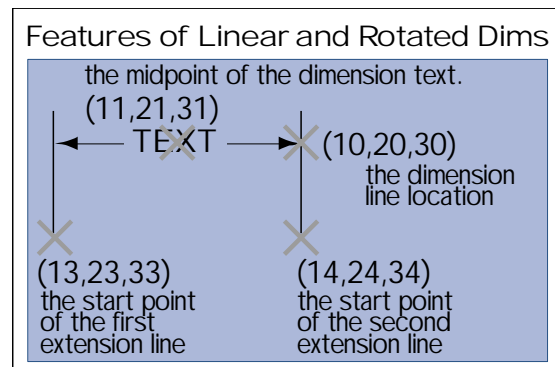
在這些電腦圖集中，因為平面圖與立面圖都是使用二維的畫法，所以平面與立面內的座標都是  $x, y$  座標， $z$  座標都是 0。因此立面會先進行座標轉換，才能與真實的 3D 座標吻合。立面的轉換依照不同方向而有兩種可能，一種是  $xy$  轉  $xz$ ，另一種則是  $xy$  轉  $yz$ 。在以下的判別規則中，以小寫的  $xyz$  表示 DXF 檔案內所描述的座標，以大寫  $XYZ$  表示真實 3D 世界的座標。

本研究中所使用的圖形識別規則如下所述：

##### 1) 標註辨識規則

在 AutoCAD 中有許多內建的標註功能，因為營建業界使用最多的標註表示

方式乃是線性與旋轉標註，因此本研究只討論線性與旋轉標註群組碼，如圖四-16所示，點 (13, 23, 33) 表示標註起點，而點 (14, 24, 34) 則表示標註終點。點 (10, 20, 30) 表示標註線的位置，點 (11, 21, 31) 則表示標示文字的終點。由於是二維圖集，所以33,34,30,31這些DXF中的z座標都是0，因此立面圖中的標註會進行座標轉換才能顯示在正確的位置上。



圖四-16 圖檔中標註的特性

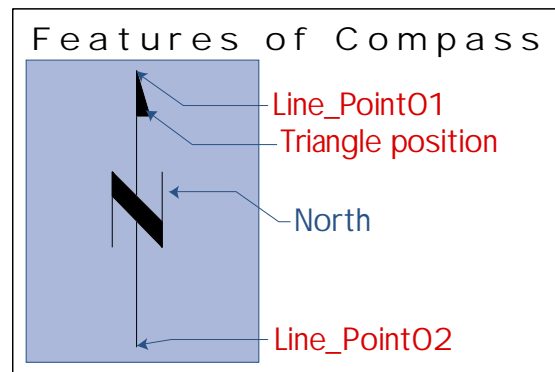
因此只要擷取出上述各點的資料就能完整描述一個線性與旋轉標註。

## 2) 指北針辨識規則

在工程施工圖中，compass 的繪製圖樣有許多種不同的畫法，目前本研究只針對圖四-17 中的指北針進行判別，辨識其所指的方向為何。指北針最重要的特性就是指出北方的方向，因此辨別的重點也在於如何判定方向。

通常指北針是以圖形區塊 (block) 的方式插入，所以必須參照圖形區塊節 (Block section) 中的圖元資訊，在圖形區塊節內指北針的方向可由兩點原則判斷，第一，先找出圖層中最長的一條線段，則北方的方向一定與此線段平行，第二，若三角形的位置接近線段點 01 (Line\_Point01)，則北方的方向就是由線段點 02 (Line\_Point02) 指向線段點 01 (Line\_Point01)，反之若三角形的位置接近線段點 02 (Line\_Point02)，則北方的方向就是由線段點 01 (Line\_Point01) 指向線段點 02 (Line\_Point02) (參見圖四-17)。

因為在圖形實體節 ( ENTITIES section ) 中插入圖形區塊，該節內除了紀錄插入的圖形區塊名稱之外，還會紀錄位置與旋轉角度。藉由這兩個資訊，就能夠得知指北針的資訊。此外，因為指北針只紀錄於平面圖上，所以沒有座標轉換的問題



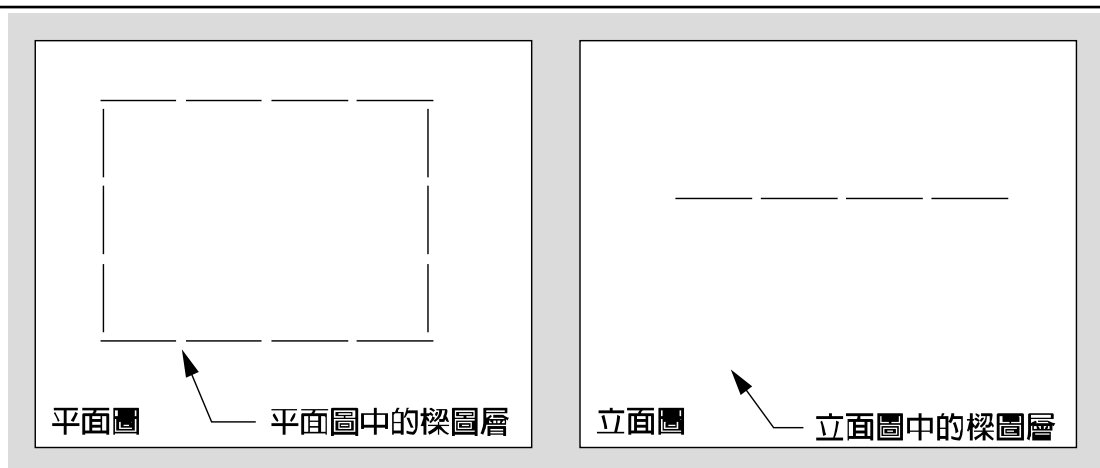
圖四-17 圖檔中指北針的特性

### 3) 樑的辨識規則

若要完整地建立某一樑圖元，需要兩種不同的資訊，第一，此樑的起點與終點；第二，線段形式是直線或是弧線(ARC)。

而這些資訊可以依下列方式取得：

- 1) 平面或平面斷面圖集中的樑圖層內會紀錄關於此樑起點與終點的 X 與 Y 座標，以及線段形式。立面或斷面圖集中樑圖層則會紀錄關於此樑的 X 與 Z 座標或是 Y 與 Z 座標 ( 參見圖四-18 )。



圖四-18 平面圖與立面圖中樑圖層示意圖

- 2) 在平面圖集的樑圖層中，通常會使用線段來表示樑，由於每個線段的長度可能不盡相同，所以較少使用圖形區塊而會直接使用 AutoCAD 中的線段指令繪製。若在結構中有特殊的樑，例如曲樑，則會使用弧指令來繪製。同時在此圖層內的每一線段，都分別代表一根樑。

DXF 格式中圖形實體節內線段的群組碼[53]如表四-1 所示：

表四-1 DXF 線段群組碼[53]

Line group codes	
Group codes	Description
100	Subclass marker (AcDbLine)
39	Thickness (optional; default = 0)
10	Start point (in WCS) DXF: X value; APP: 3D point
20, 30	DXF: Y and Z values of start point (in WCS)
11	End point (in WCS) DXF: X value; APP: 3D point
21, 31	DXF: Y and Z values of end point (in WCS)
210	Extrusion direction (optional; default = 0, 0, 1) DXF: X value; APP: 3D vector
220, 230	DXF: Y and Z values of extrusion direction (optional)

群碼 10、20、30 分別表示線段起點座標的 x, y, z 值，11, 21, 31 分別表示線段終點座標的 x, y, z 值，因為平面或平面斷面圖集中的樑圖層內只紀錄關於此樑起點與終點的 X 與 Y 座標，所以其起點與終點在 DXF 中 z 座標都為 0。起點與終點的 Z 座標還需要在立面或斷面圖集中取得資料。

若樑是曲樑的形式，則在 DXF 檔案中會以弧的形式紀錄，此時群碼 10, 20, 30 表示弧圓心的位置，40 表示半徑，50, 51 分別表示起始的角度與結束的角度（參見表四-2）。

表四-2 DXF 弧群組碼[53]

Arc group codes	
Group codes	Description
100	Subclass marker (AcDbCircle)
39	Thickness (optional; default = 0)
10	Center point (in OCS) DXF™: X value; APP: 3D point
20, 30	DXF: Y and Z values of center point (in OCS)
40	Radius
100	Subclass marker (AcDbArc)
50	Start angle
51	End angle
210	Extrusion direction (optional; default = 0, 0, 1) DXF: X value; APP: 3D vector
220, 230	DXF: Y and Z values of extrusion direction (optional)

若此圖元是以線段所繪製則此線段的形式為直線，若以弧指令繪製則為曲線。某一方向的立面或斷面圖集中，樑也會以線段繪製，所以只要用此圖集就可以擷取到樑起點與終點的 Z 座標

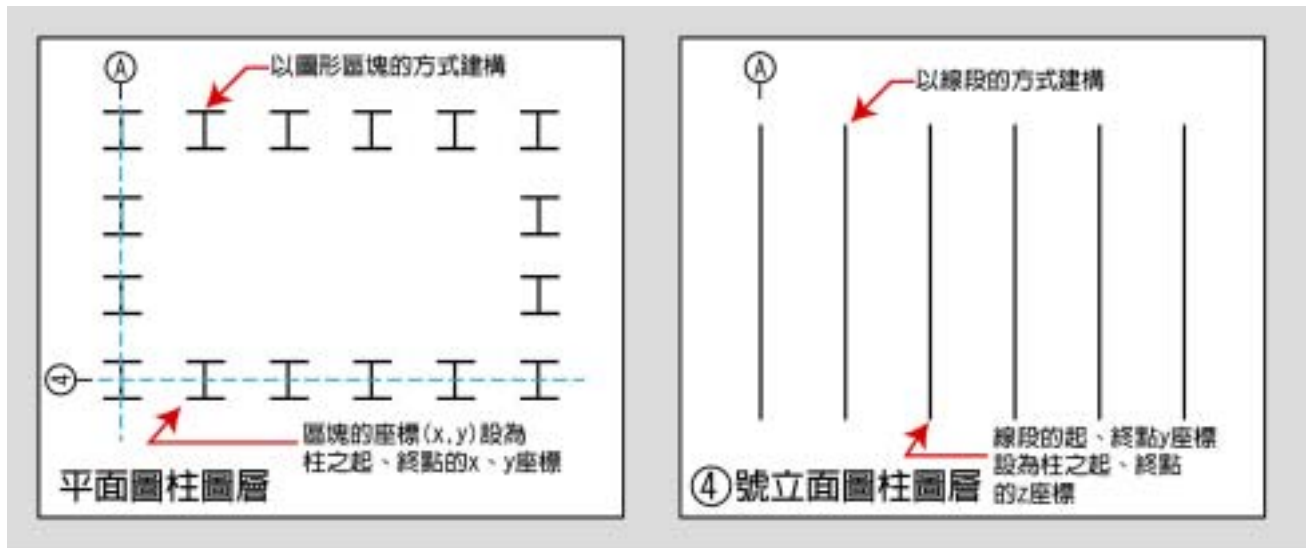
在營建工程中，樑的旋轉方向通常都是固定的，所以本研究不另外以規則辨別樑的旋轉方向。

#### 4) 柱的辨識規則

要完整建立柱圖元，則需要兩種資訊，第一，柱的起點與終點以及線段形式；第二，柱的旋轉角度。

- 1) 平面或平面斷面圖集中可以擷取出柱的旋轉角度，以及柱的 X 與 Y 座標；  
立面或斷面圖集中可以擷取柱的起點與終點的 X 與 Z 座標或是 Y 與 Z 座

標，以及線段形式（參見圖四-19）。

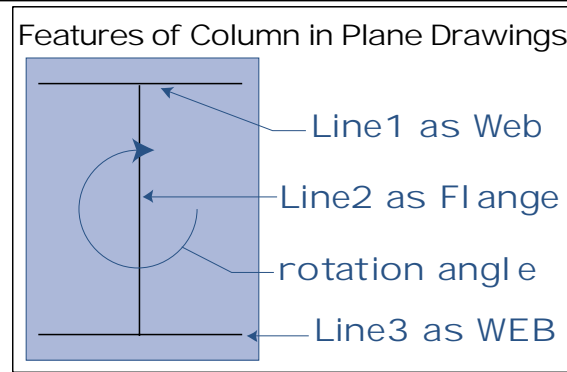


圖四-19 平面圖與立面圖中柱圖層示意圖

2)在判斷旋轉角度方面，通常在平面圖中柱是以圖形區塊的形式繪製的，因此必須找到圖形區塊節中的參照，先判斷在該節中的柱旋轉方向為何，再由圖形實體節內紀錄柱的旋轉角度來判斷柱的旋轉方向。

針對 H 型柱而言，如圖四-20 所示在圖形區塊節中柱是由 3 條線所組成的，其中兩條代表翼板，另外一條代表腹板，當柱角度如圖四-13 所示時，兩條翼板的起點 y 座標會與自己的終點 y 座標相同，若旋轉 90 度則兩條翼板的起點 x 座標會與自己的終點 x 座標相同。所以若三條線段中有任何兩線段的起點 y 座標與自己的終點 y 座標相同，則柱的角度就如圖四-20 所示，若 x 座標相同，則角度就與圖中角度相差 90 度。





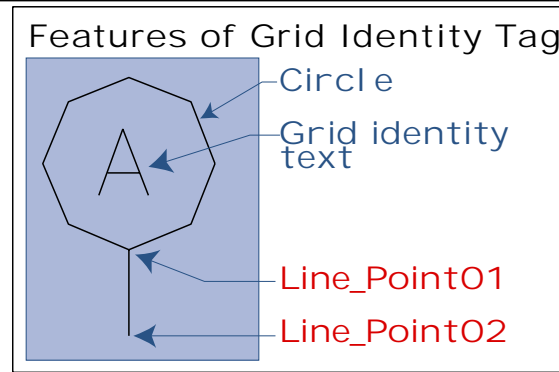
圖四-20 平面圖中柱的特性

利用圖形實體節中紀錄的位置座標就可以的到柱的 X 與 Y 座標。此外，因為在立面或斷面圖集中的柱是以線段來表示的，因此可以得到柱的 X 與 Z 座標或是 Y 與 Z 座標。

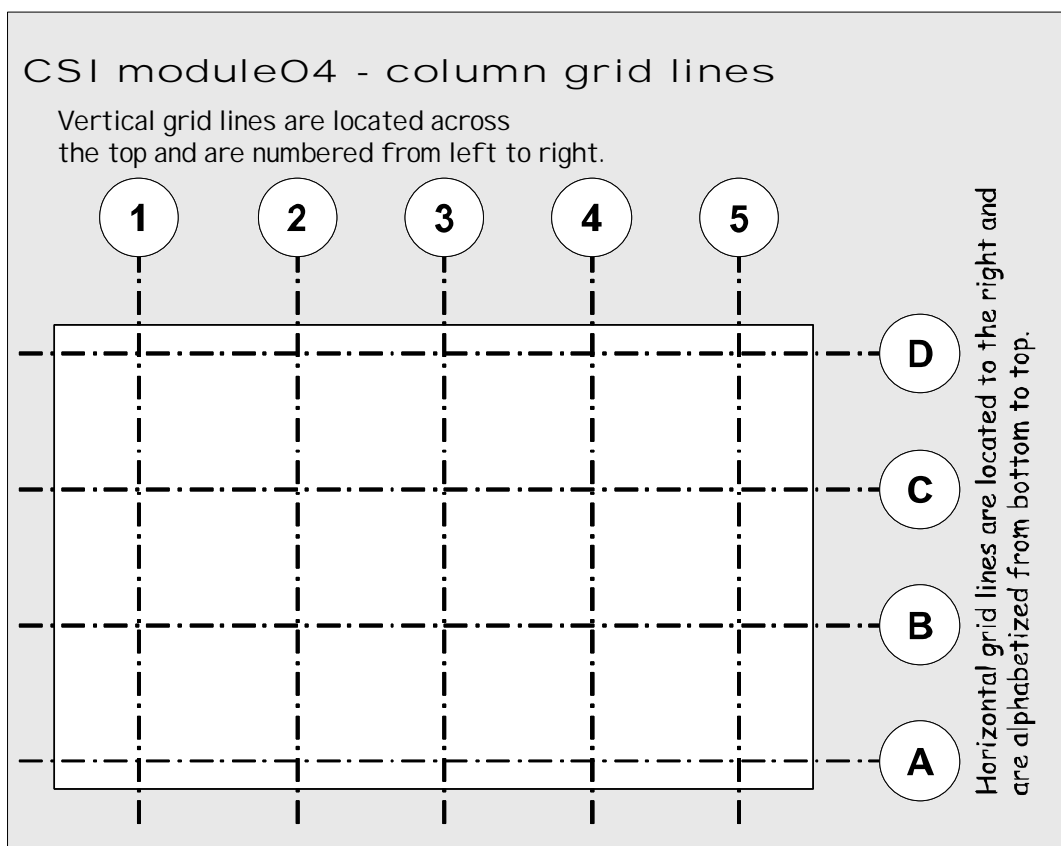
### 5) 網格標籤識別規則

在 CSI 第六個模組中說明符號的繪製方法，其中在參考符號中也介紹了網格標籤的樣式，如圖四-21 所示，單一個網格標籤，是以一個圓圈、一條線段以及一個由文字或是數字表示的文字識別碼（grid identity text）三個部分所組成的。雖然 CSI 第四個模組中規定垂直網格線的位置應置於圖形上方，並且以數字標號由右至左遞增排列，水平網格線的位置需放置在圖形右邊，由下至上以字母編號排列（參照圖四-22），但在實際工程製圖中，並不一定都會依照此規範繪製，所以必須以其他方式來辨別網格標籤才能讓系統辨識的更準確。

而繪圖的方式有可能將圓圈與線段製成圖形區塊插入圖形實體節，也可能直接在圖形實體節內繪製所有的網格標籤，本段將先敘述圖形區塊的判別方法，再敘述直接繪製於圖形實體節內的方法。



圖四-21 網格標籤的特性



圖四-22 CSI 模組 04 對網格的規定

#### A. 圖形區塊方式插入圖面

若製作成圖形區塊再插入圖形實體節，判斷的原則就是先搜尋圖形區塊節內此圖層所包含的區塊，再根據圖形實體節中圖形區塊的旋轉角度即可得知此物件在圖形實體節中的角度與位置。因為文字識別碼是會改變而不是固定的，所以通常圖形區塊不會包含文字識別碼。而判斷的原則是以線段的座標為依據，在平面

圖中若線段點 01 ( line\_point01 ) 與線段點 02 ( line\_point02 ) 的 x 座標相同則表示圖形區塊節中定義的網格標籤是垂直的, 若 y 座標相同則表示網格標籤是水平的; 在立面圖中若線段點 01 ( line\_point01 ) 與線段點 02 ( line\_point02 ) 的 x 座標相同則表示圖形區塊節中定義的網格標籤是垂直的, 若 y 座標相同則表示網格標籤是水平的。至於文字識別碼只要座標位置是在圓圈內的文字或是數字是屬於此標籤的。

#### B. 直接於圖面繪製所有圖元

若是直接在圖形實體節中繪製所有的網格標籤, 就可以直接在圖形實體節中搜尋所有的線段, 因為在觀察後發現, 一條線段就必定代表一個標籤, 再利用判斷圖形區塊一樣的法則來判斷單一標籤的旋轉角度, 而所有垂直的標籤就會形成垂直網格線( vertical grid lines ), 所有水平的標籤就會形成水平網格線( horizontal grid lines ), 如圖四-22 所示。根據這種判斷方式就限定 grid lines 的順序, 而能夠更廣泛地被應用, 而不只限定於 CSI 第四個模組中的規定。

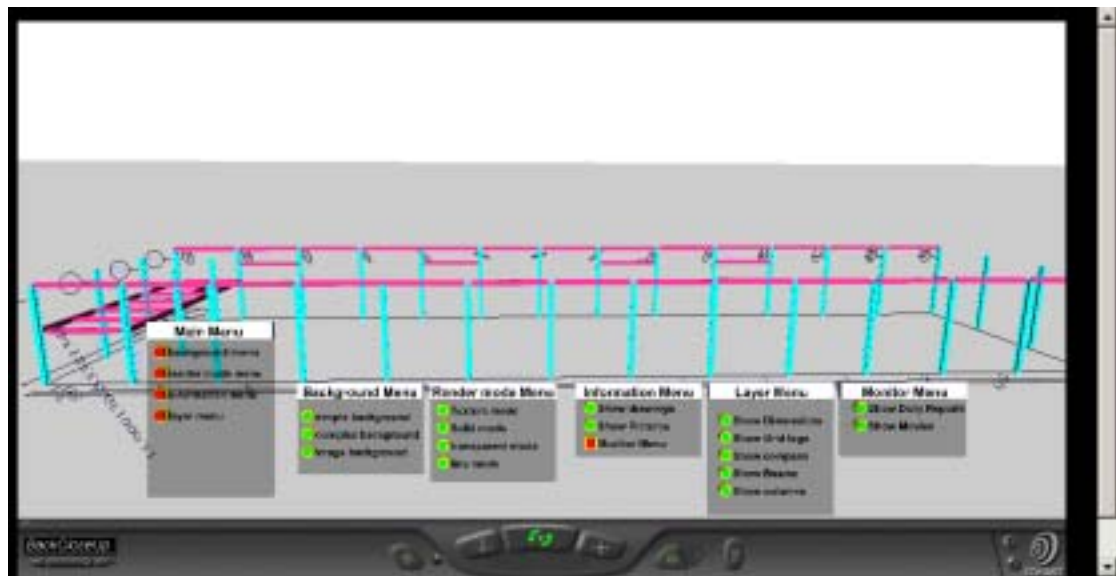
### 4.4 網路虛擬實境建構與呈現

在這個程序當中, 會從資料庫中擷取已儲存的建築專案資訊, 並建立成一互動式的虛擬實境。在本章中先說明專案虛擬實境場景, 再說明在場景中本研究所發展的原型節點。

#### 4.4.1 專案虛擬實境展現

專案建立完成後點選連結即可進入 3D 工程專案 ( 參照圖四-23 )。在虛擬實境專案中, 可以用主要選單 ( Main Menu ) 來控制其他選單的顯現與隱藏, 例如: 背景選單(background menu)、彩現模式選單等等。使用者也可以拖移每個選單, 並利用選單讓場景中的物件顯示出來或啟動某彩現模式。若有像是「每日施工報告」或是「施工情形」等影片資訊, 可以利用監視器上的播放按鈕與停止按鈕控

制播放與停止。

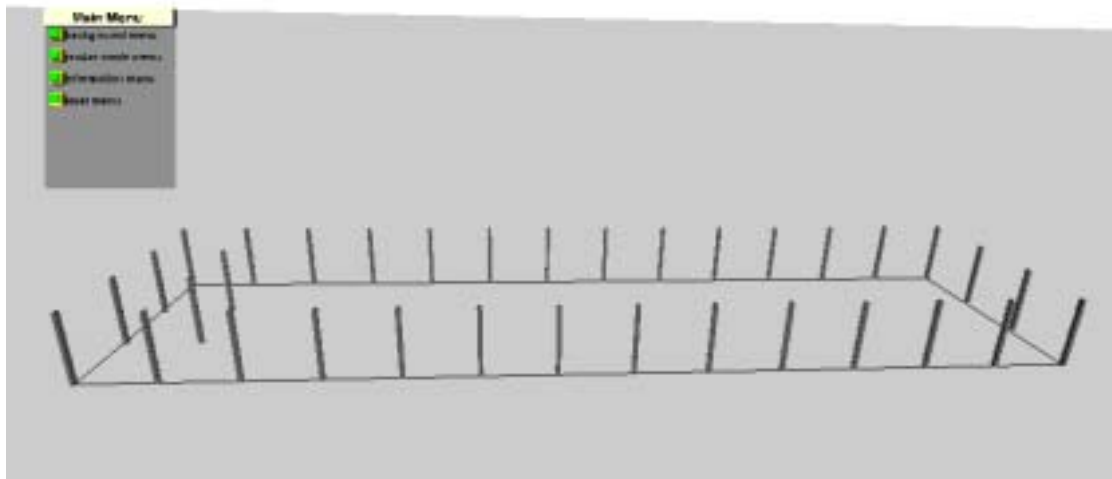


圖四-23 3D 工程專案

如圖四-24 所示，若畫面中有過多的物件干擾，可能使瀏覽者無法檢視只有柱的虛擬實境。利用圖層選單（Layer menu）將柱以外的物件隱藏，再使用主選單將其他選單隱藏，則可以得到一個較單純的環境，如圖四-25 所示。

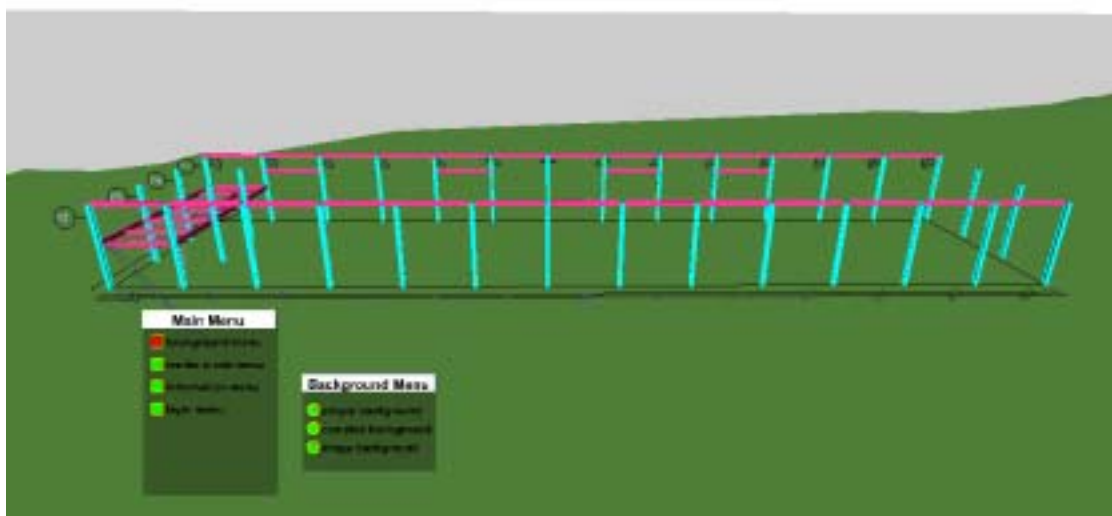


圖四-24 太多物件於畫面當中，干擾使用者瀏覽專案



圖四-25 單純柱虛擬實境畫面呈現

使用者可以利用背景選單控制「簡單背景（圖四-25）」、「複雜背景（圖四-26）」、「照片貼圖背景（參照圖四-27）」三種不同背景的顯現。此三種不同背景能夠讓設計團隊中不同領域的人員更加瞭解工程專案，例如：結構技師可能只須從背景中得知結構物佔地面積、結構的比例等資訊，因此可能只須要觀察「簡單背景」或是「複雜背景」；但建築師可能就須要從背景中得知工程專案與其周遭環境的關係與影響，因此除了「複雜背景」之外，可能還需要「照片貼圖背景」做更真實的模擬。

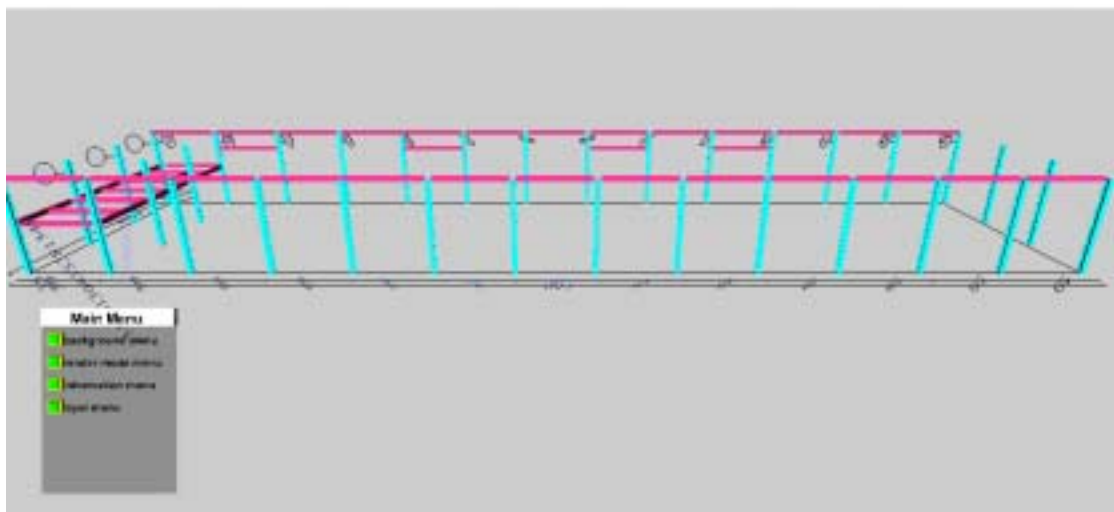


圖四-26 複雜背景

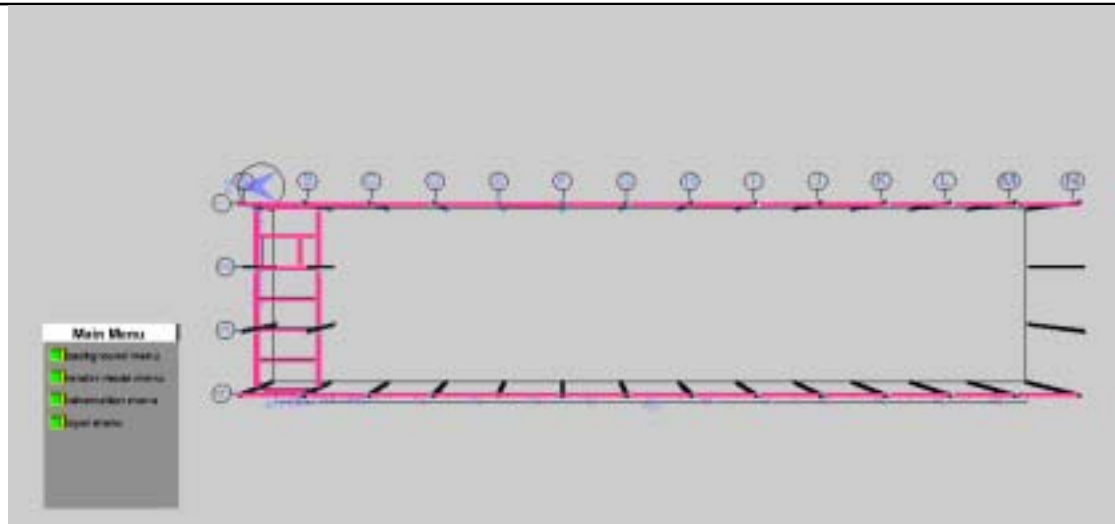


圖四-27 真實背景

由於系統建立虛擬實境場景時已建立不同的預設視角，瀏覽者可以透過「page down」與「page up」兩按鈕在不同視角間移動，圖四-20 為前視角，圖四-21 為俯視角。



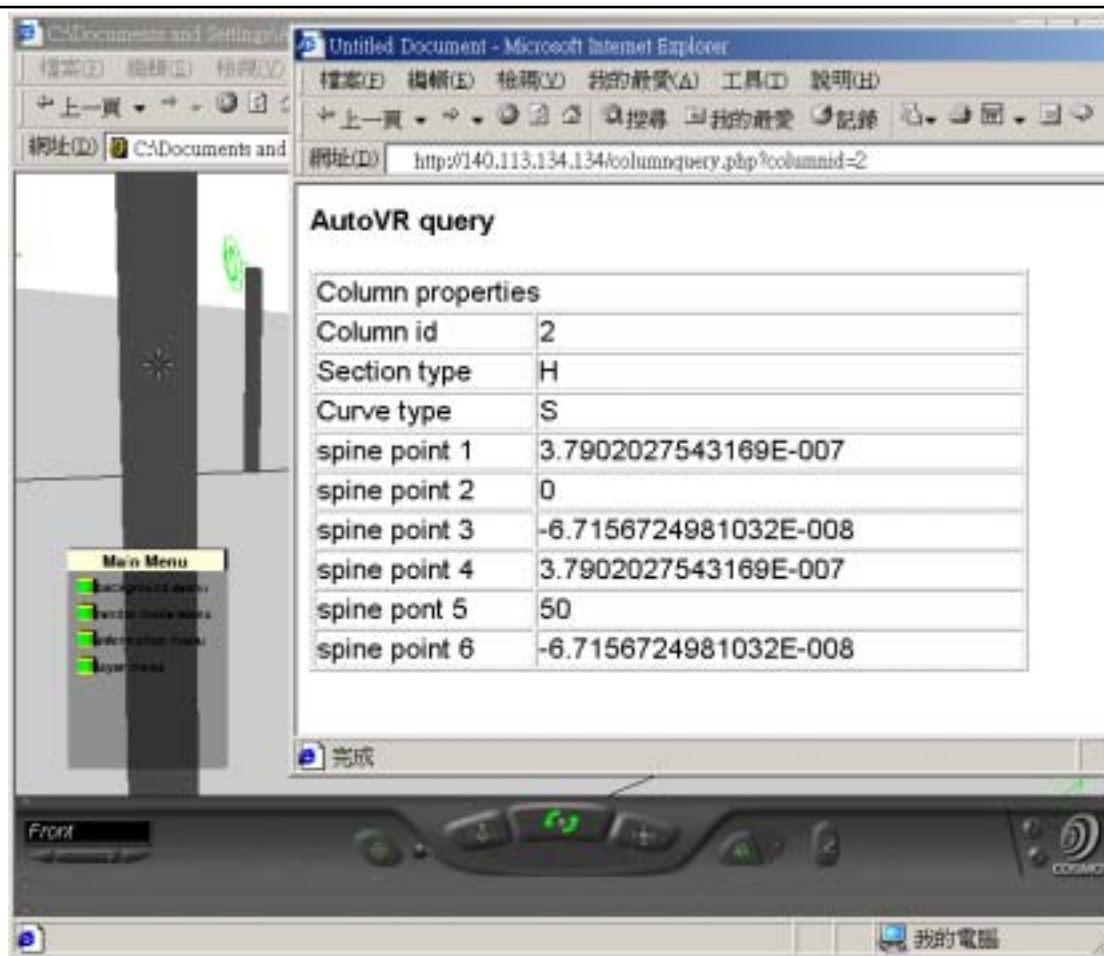
圖四-28 前視角虛擬實境



圖四-29 俯視角虛擬實境

AutoVR 所建立的虛擬實境環境除了能讓使用者在網頁中瀏覽之外，還能夠查詢資料庫中資料，並將顯示於新的視窗中，因此使用者除了在虛擬實境中能夠以二維的資訊輔助觀看 3D 物件，更能夠呼叫出更進一步詳細的資訊，讓設計團隊能夠更快速的掌握狀況以及進行溝通協調的工作，而不需要像以前要從一大疊二維平面圖集中慢慢搜尋所需要的檔案資料，圖四-30 顯示虛擬實境環境中點選一根柱的查詢結果。





圖四-30 虛擬實境中視覺查詢

#### 4.4.2 VRML PROTO node

在「3D 環境的呈現流程」當中可以分「建築構件」、「輔助說明構件」和「影音資訊物件」這三個部分來討論此流程所欲呈現的資訊。

在「建築構件」方面，因為在不同的建築物中所需要使用的鋼構斷面性質（section properties），與鋼構長度不一定會相同，在以往若要建立一個3D的鋼構，必須要先在系統中建立一個該斷面尺寸一單位長的鋼結構VRML檔案，然後再將此一單位長的鋼結構拉長插入3D場景中。所以若要涵蓋在CNS、ASTM、ACI等不同鋼結構規範中所有斷面形狀的鋼結構，就必須建立大量一單位長的虛擬鋼結構檔案。這樣龐大的資訊量不但會造成資料庫和系統空間的負荷，同時也無法建立使用者自定的鋼構斷面尺寸。此外，這種拉長插入的方式只適用於直線



的鋼結構，所以業界所使用的曲樑即無法建立。因此本研究即針對這幾項不足之處，發展樑與柱兩個新的PROTO節點，利用參數控制建立不同斷面性質以及線段形式和長度，用單一檔案描述所有斷面性質的鋼。

在「輔助說明構件」方面，雖然二維圖集所含有的資訊少於 3D 虛擬實境模型，但卻能讓使用者更容易維持方向感以及保有對物件大小比例關係的敏感度。因此本研究即嘗試將二維圖集中對於方向及比例關係有重要影響的圖元融入 3D 場景中。在二維圖集中，一個很重要的方向指標即是「指北針」，根據指北針所指出的方向能讓我們將圖集中的物件與真實世界的空間聯想在一起。而對於比例關係有很重要影響的就是「標註」，在 AutoCAD 中已有許多不同種類繪製標註的方法，像是對齊式標註（Aligned Dimension）、線性與旋轉標註（Linear and Rotated Dimension）、徑向與直徑式標註（Radial and Diameter Dimension）等等 [53]。此外，由網格標號（grid identity tags or grid indicator）所組成的柱網格線（column grid lines），可以讓我們了解建築物各個區域是如何被分割的。

在「影音資訊物件」方面，除了電腦幾何圖像之外，真實照片與影片能夠讓使用者了解更多工地現場或是施工情況方面的資訊，而將這些資訊呈現在 3D 場景中也是這個程序的一個重點。

「輔助說明構件」的種類包括指北針節點、標註節點、。

### 1) 指北針節點（compass\_p）

本研究發展的指北針節點示意圖如圖四-31 所示：

若要繪製一個指北針則需要 3 種資訊，第一個是指北針定位點 ( compass origin )，資料的格式是 SFVec3f，是由三維的浮點數向量以三個浮點數所組成，用來指定指北針在 3D 中的位置。第二個是北方方向 ( north direction )，資料格式也是 SFVec3f，用來指定北方的位置。第三種資訊則是 xyz 三個方向的放大係數，可以讓使用者自定指北針的大小，這個輸入值是可彈性選擇的，若無設定則使用預設值 ( 1, 1, 1 )，表示不改變形狀大小比例。

80



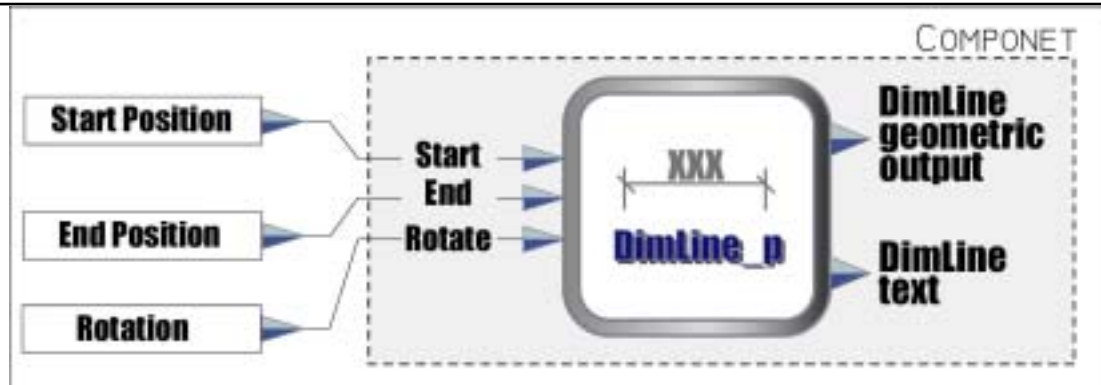
圖四-32 虛擬實境中的指北針

在外部原型節點使用的宣告碼如下：

```
EXTERNPROTO compass[  
  field SFVec3f compassOrigin  
  field SFVec3f northDirection  
  field SFVec3f scale  
]"compass_p.wrl"
```

## 2) 標註節點 (dimline\_p)

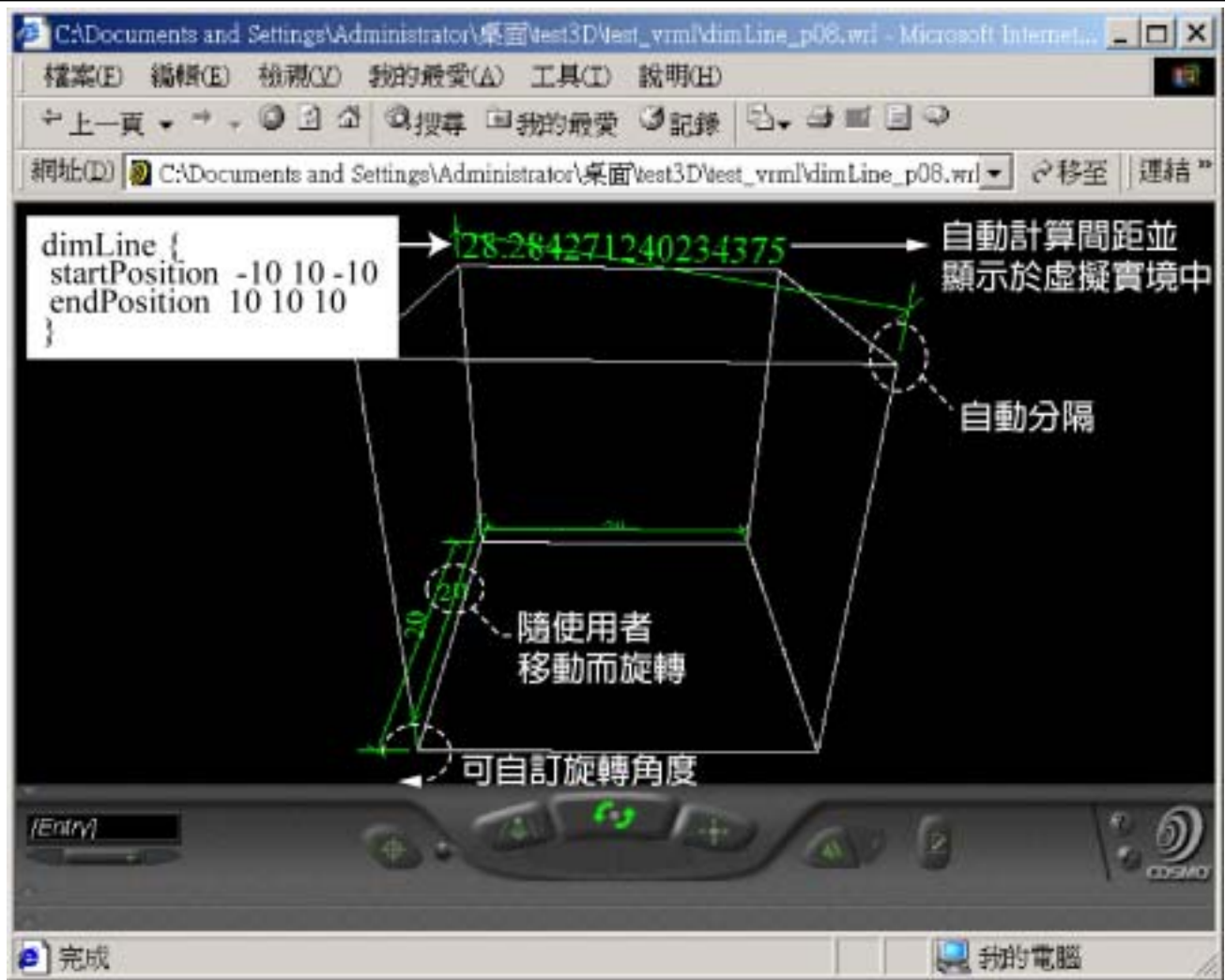
標註節點示意圖如圖四-33 所示：



圖四-33 標柱節點示意圖

繪製標註需要的資訊有三種，第一個是起點位置（start position），資料格式是 xyz 座標，指的是被標尺寸物件的起點；第二個是終點座標（end position），資料格式也是 xyz 座標，指的是被標尺寸物件的終點；第三個是旋轉量（rotation），資料格式是 SFRotation，由四個浮點數的值所組成，前三個值定義旋轉軸，最後一個直式以徑度表式的旋轉角度，例如，若對 x 軸旋轉 90 度，則表示為(1 0 0 1.57)。這個參數可以讓使用者或程式做進一步的調整，使標註能夠有更好的觀察角度，同時這個參數是可以彈性選擇的。

在標柱節點中，利用 JavaScript 使產生的標註自動與物件加入適當的分隔距離，並且會自動計算兩點間的距離且顯示在標註中。此外，使用 VRML 內建的「billboard node」，使兩點間距的數字會隨著使用者的移動而自動跟著旋轉，讓數字能以正面面向使用者（參見圖四-34）。



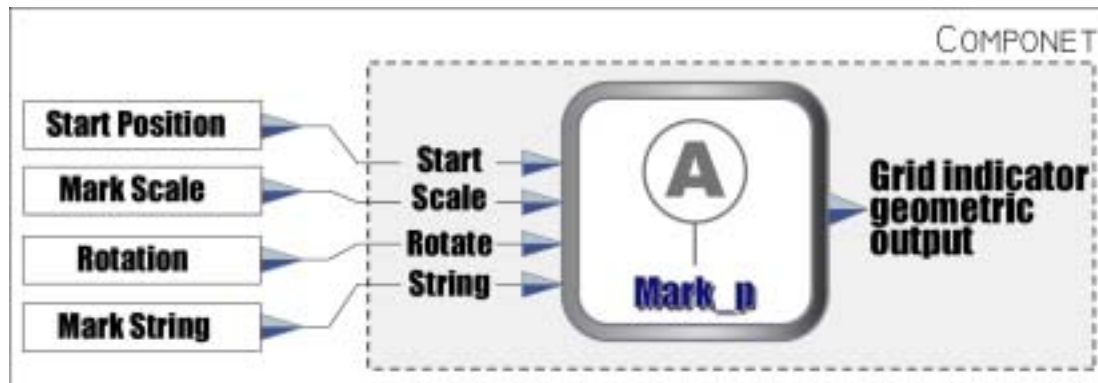
圖四-34 虛擬實境中的標柱節點

在外部原型節點使用的宣告碼如下：

```
EXTERNPROTO dimLine[  
    field SFVec3f startPosition  
    field SFVec3f endPosition  
    field SFRotation rotation  
]"dimLine_p.wrl"
```

### 3) 網格標籤節點 (mark\_p)

網格標籤節點示意圖如圖四-35 所示：



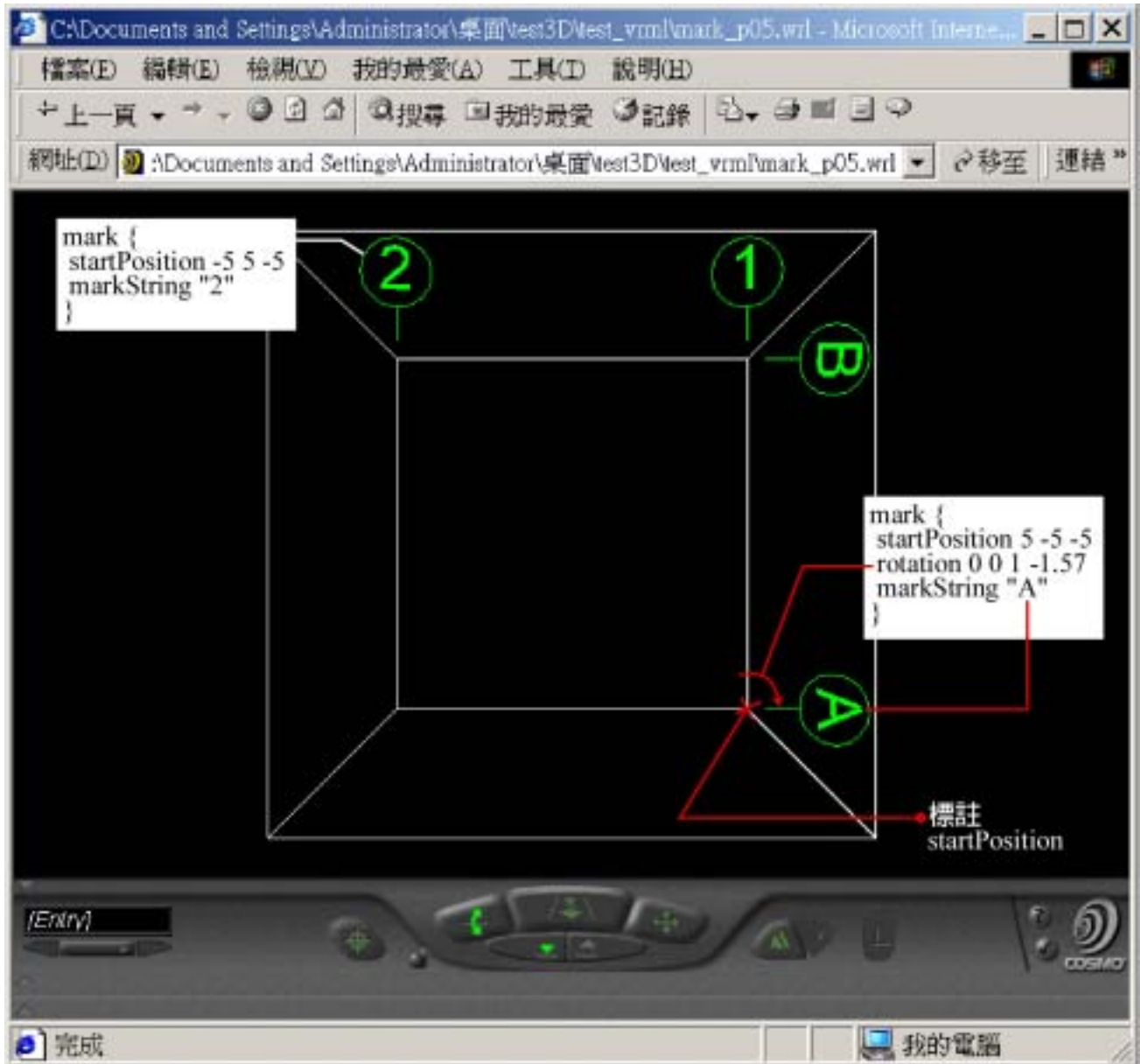
圖四-35 網格標籤節點示意圖

繪製網格標籤節點所需要的資料有四種，第一個是標籤要標註的位置 (start position)；第二個是標籤尺寸 (mark scale)，紀錄標籤的比例大小；第三個是旋轉量 (rotation)，表示標籤的旋轉角度，利用標註位置與旋轉量即可標註 3D 場景中任何方向；第四個是標籤字串 (mark string)，顯示標示內容。

為了不讓標籤的圖形影響到被標註的物件，此節點也利用 JavaScript 將標籤與被標註的位置加入自動間隔，而標籤字串也使用「billboard node」使文字內容能隨使用者移動仍能保持正面面向使用者（參見圖四-36）。

在外部原型節點使用的宣告碼如下：

```
EXTERNPROTO mark [  
    field SFVec3f startPosition  
    field SFVec3f markScale  
    field SFRotation rotation  
    field MFString markString  
]"mark_p.wrl"
```

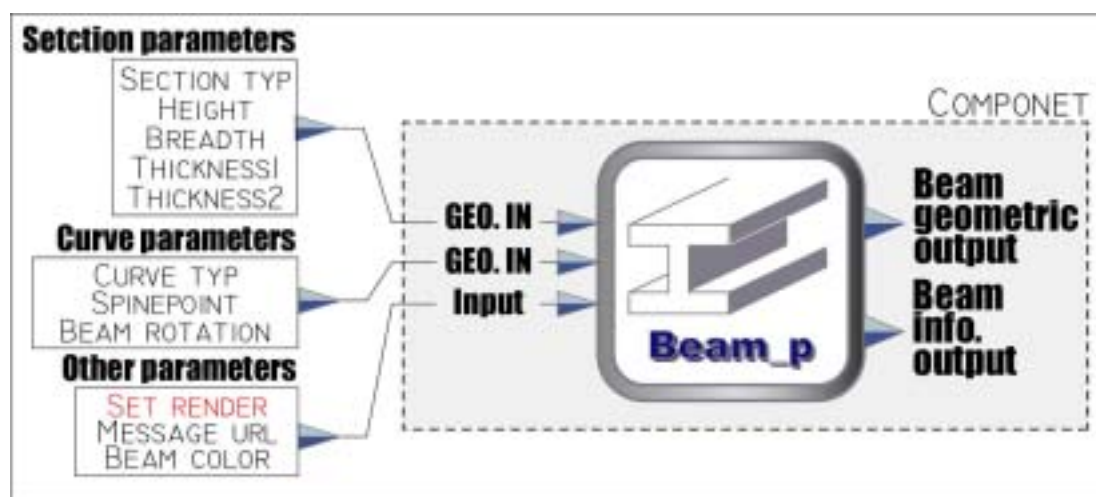


圖四-36 虛擬實境中的網格標籤



#### 4) 樑節點 (Beam\_p)

樑節點示意圖如圖四-37 所示：



圖四-37 樑節點示意圖

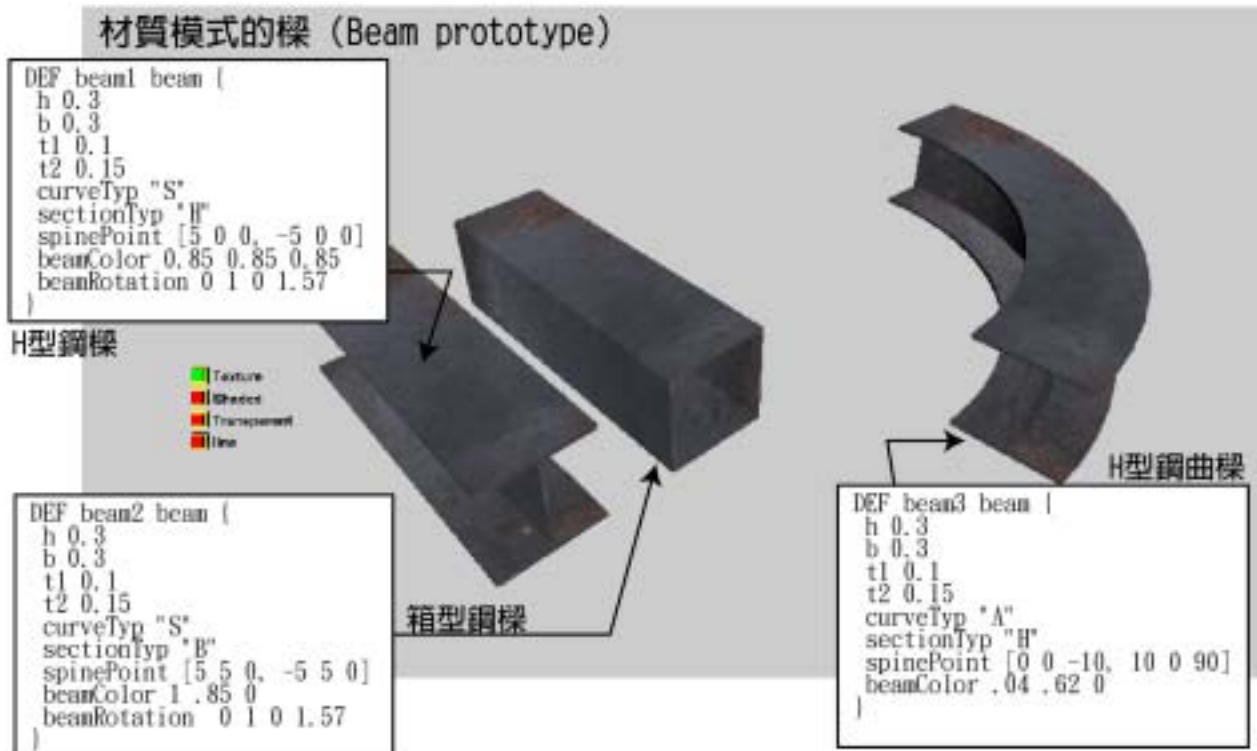
樑節點所需要的參數分為三類，如圖四-37 所示，第一類是「樑斷面的斷面性質參數」，包括樑的斷面種類 (section type) 樑深 (height) 樑寬 (breadth) 厚度 01 (thickness01) 厚度 02 (thickness02)；斷面種類目前有兩種模式可以輸入，第一種是“H”，表示 H 型鋼斷面，第二種是“B”代表箱型鋼斷面。若選取箱型鋼斷面則參數厚度 02 不會被使用到。

第二類是「樑長度曲線參數」，包括樑的長度曲線類型 (curve type) 線段點組合 (spine point) 樑旋轉量 (beam rotation) 目前長度曲線類型可以使用的模式有“S”(straight) 代表直線樑，而“A”(arc)則表示曲樑。線段點組合的資料格式是 MFVec3f，是由多組的三維浮點數所組成的向量集合。如果是在“S”模式下，則此集合的第一個向量 spine point[0]表示樑的起點，第二個向量 spine point[1]表示樑的終點。若是在“A”模式下，為了與 DXF 檔案對弧描述的資料型態一致，spine point[0]表示弧的中心點，spine point[1]的第一個值表示弧的半

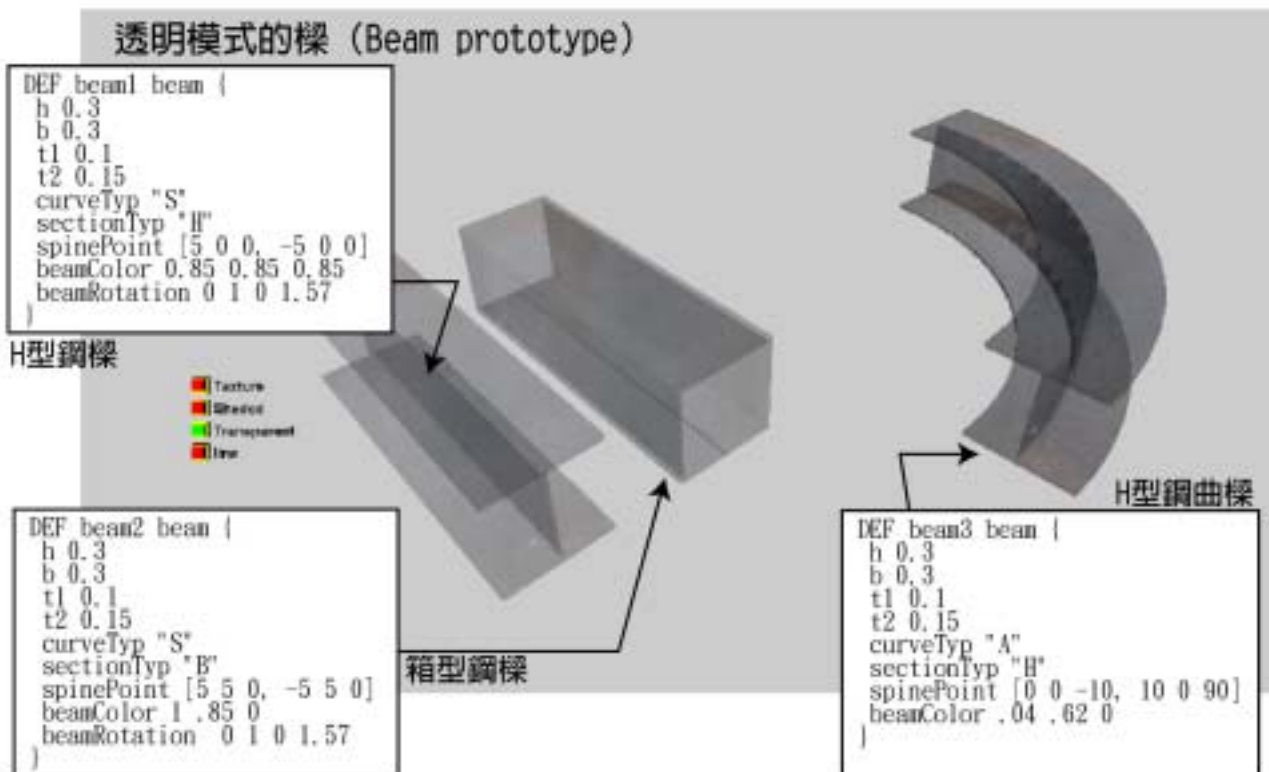


徑，spine point[1]的第二個值表示以角度（degree）描述的弧起始角度， spine point[1]的第三個值同樣是以角度表示的弧結束角度。

以上兩類參數都是表示樑的幾何形狀，第三類參數則有三個設定值：設定彩現模式（set render） 訊息資訊網址（message url）以及樑的顏色（beam color）。其中彩現模式的資料格式 SFInt32，是一個 32-bit 的整數值，表示樑目前彩現的狀態，“0”表示 beam 是以「材質模式(texture mode)」顯示，在 beam 的幾何物件上貼上材質圖，如此能讓本研究的 3D 環境有更擬真的視覺效果，更接近真實的環境；“1”表示 beam 是在「實體模式 (solid mode)」下顯示，此模式能夠讓使用者或程式依照各個樑的不同屬性而給予樑不同的顏色，這個模式還可以搭配圖層使用，使不同圖層的樑有不同的顏色；“2”所表示的模式是「透明模式 (transparent mode)」，此模式會將 beam 以透明的方式展現，讓使用者能夠從一個角度檢視一個物件的各個方向，甚至檢視物體的內部；“3”所表示的是「線條模式 (line mode)」，此模式只會以不同顏色的線條顯示樑，讓使用者能輕易地檢視物件的架構，而不會受到材質與形狀的影響，這個模式就如同使用者在其它結構分析軟體所輸入的模式一樣。而彩現的顯示還要搭配其它機制，例如按鈕的觸發，才能正確地顯示（參見圖四-38，四-39）。



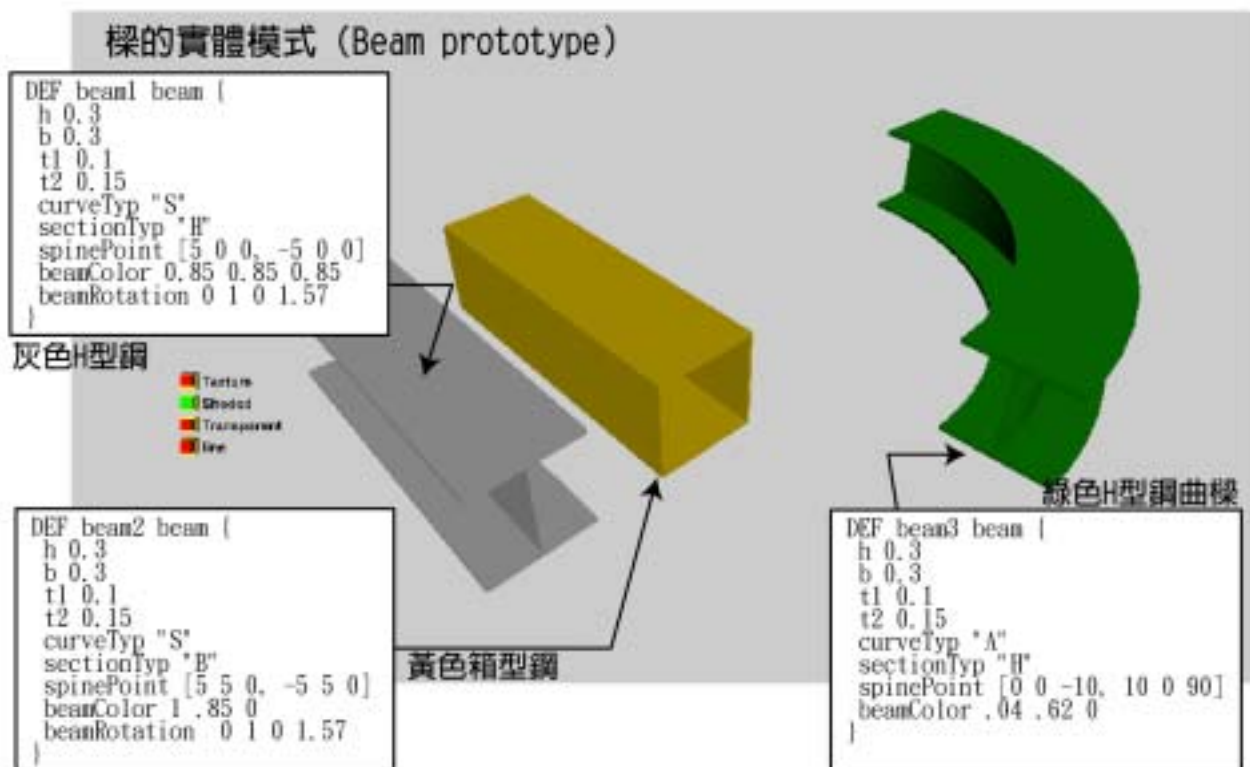
圖四-38 虛擬實境中樑的材質模式



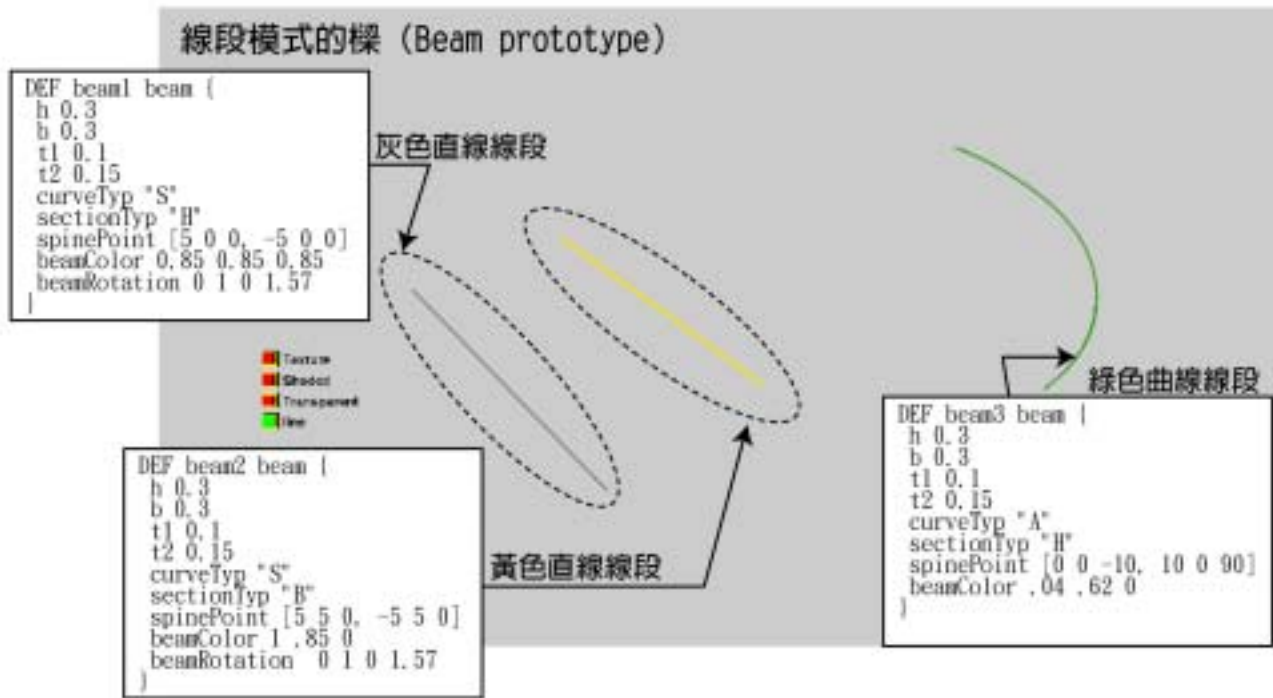
圖四-39 虛擬實境中樑的透明模式

訊息資訊網址讓使用者能夠在 VRML 的環境中點選某根樑，在系統資料庫查詢該樑的資訊，例如，斷面性質、長度、起點終點座標，最後將資料顯示在新的網頁上。

最後一個參數樑顏色用來描述樑的顏色，在此處設定的顏色會在「實體模式」,「線條模式」中顯示，其資料格式是 SFCOLOR, 是由三個浮點數所組成來分別表示紅色 (R)、綠色 (G)、藍色 (B) (參見圖四-40, 四-41)。



圖四-40 虛擬實境中樑的實體模式



圖四-41 虛擬實境中樑的線段模式

樑幾何形狀的建立方法是利用 VRML 內建的「extrusion node」，配合 JavaScript 將輸入的幾何參數加以計算，再傳回給「extrusion node」建立幾何形狀，而不同的彩現模式，是用「switch node」搭配彩現模式參數，判斷哪一種模式應該要被顯現。

在外部原型節點使用的宣告碼如下：

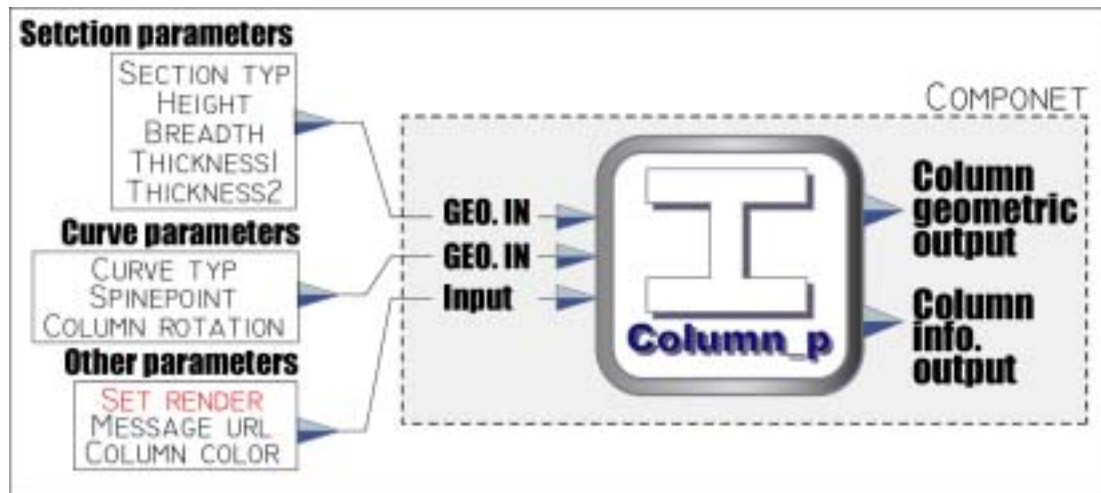
```

EXTERNPROTO beam [
  field SFFloat h #height
  field SFFloat b #breadth
  field SFFloat t1 #thickness 1
  field SFFloat t2 #thickness 2
  field SFString sectionTyp #section type: "H"-H beam, "B"-Box beam
  field SFString curveTyp #curve type: "S"-straight line, "A"-arc
  field MFString message_url
  field SFCOLOR beamColor
  field SFRotation beamRotation
  field MFVec3f spinePoint
  eventIn SFInt32 set_render # 0 - texture; 1 - solid; 2 - transparent; 3 - line
]

```

] "beam\_p.wrl"

### 5) 柱節點 (column\_p)

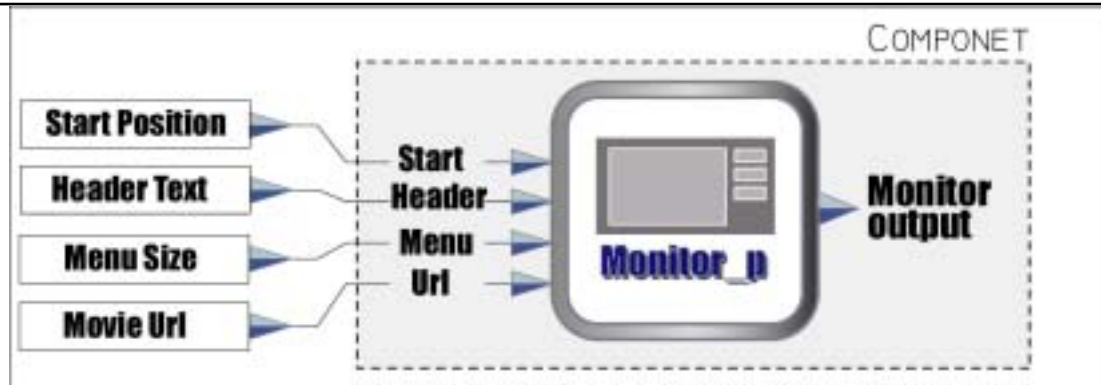


圖四-42 柱節點示意圖

柱節點的建立方法與樑節點相同，需要輸入的參數類型也大致相同，其實只要想辦法將樑旋轉 90 度就可以得到柱，而不需要特別另外獨立成為一個 node，但因為考量 VRML 檔案架構的完整性，以及日後修改資料時能夠清楚的分辨何者是樑何者是柱，本研究仍然將之獨立為一個節點（參見圖四-42）。

### 6) 監視器節點 (monitor\_p)

監視器節點示意圖如下所示：



圖四-43 監視器節點示意圖

由於現在網路的發達以及電腦數位媒材像是數位照片以及數位影片的盛行，因此能夠讓兩個使用者即使在相隔遙遠的情況下，仍能快速地知道對方目前的資訊動態。監視器節點的發展目的，就是為了建構一個能讓使用者更進一步地在虛擬實境的環境中，也可以快速地得到真實世界中諸如工地施工情況的影片，或是工地監工人員對業主的每日施工進度報告等資訊（參見圖四-35）。

建構一個監視器節點需要四種資訊：第一個是起始位置（start position），資料型態是 SFVec3f；第二個是檔案標題，資料型態是 SFString，是由字串所組成的，用來描述此監視器影片的標題，例如“每日施工報告（daily report）”、“施工情形（construction movies）”；第三個是標題尺寸大小（menu size），資料型態是 SFVec3f，用來描述標題的尺寸；第四個是影片網址（movie url），指定影片的來源，可以是一個網路的影片檔案，例如：靜態的資料內容 <http://140.113.134.134/infosource/dailyreport.mpeg>、動態網頁呼叫 [http://140.113.134.134/showmovie.php?movie=\\$dailyreport](http://140.113.134.134/showmovie.php?movie=$dailyreport)，或是本機磁碟中的影片資料，例如：infosource/dailyreport.mpeg。

為了讓使用者能在觀看影片的同時，仍舊能在 3D 場景中移動，監視器節點利用 VRML 內建的 ProximitySensor node 感應瀏覽者移動，再利用 VRML 中的 ROUTE，將瀏覽者的動作傳回監視器設定監視器的位移，如此監視器便能夠保持在一個畫面上，隨著瀏覽者的移動而跟著移動。且為了避免這些監視器擋住瀏

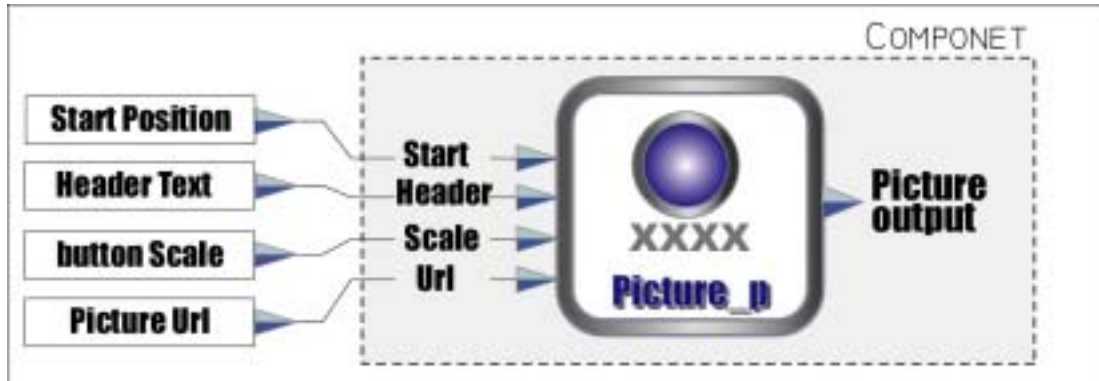


覽者的視線，可以利用 VRML 內建的「Plane sensor」，讓瀏覽者控制監視器擺設的位置（參見圖四-44）。



圖四-44 虛擬實境中的監視器節點

## 7) 照片節點 ( picture\_p )

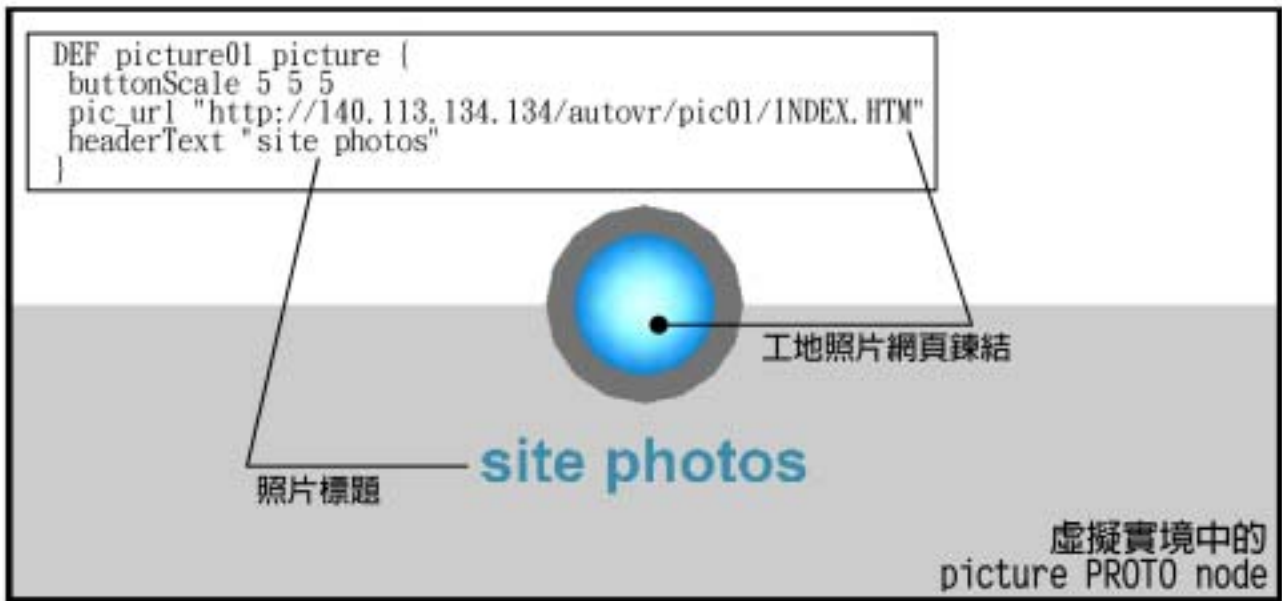


圖四-45 照片節點示意圖

照片節點的發展目的也與監視器節點相同,但展示的內容是靜態的照片或是工程施工圖檔。如圖四-45 所示,建構的參數有四,第一是起始位置 ( start position ), 描述照片節點放置的位置;第二是照片內容標題 ( header text ), 描述照片節點內容的標題;第三是按鈕尺寸 ( button scale ), 調整照片節點按鈕的大小;第四個是照片網址 ( picture url ), 表示照片的來源,例如:  
[http://140.113.134.134/showpicture.php?picture=\\$picture](http://140.113.134.134/showpicture.php?picture=$picture), 描述 picture 內容的存放位置。

因為照片節點是放置在照相機照相時的位置,例如:在一樓拍攝的照片就會將節點放置於一樓處,為了避免環境中有太多照片干擾,所以照片節點在 3D 環境中是放置按鈕,並以連結的方式呼叫資料庫,將照片顯示在新的網頁中 ( 參見圖四-46 )。





圖四-46 虛擬實境中照片連結按鈕

在外部原型節點使用的宣告碼如下：

```
EXTERNPROTO picture[  
  field MFString pic_url  
  field MFString headerText  
  field SFVec3f startPosition  
  field SFVec3f buttonScale  
]"picture_p.wrl"
```

## 4.5 討論

### 1) 影像識別與規則識別的比較

規則辨識的方式是利用圖集的特性簡化需要處理的資料量，由於建築營建圖檔是由規劃良好的規範所建立，所以能夠減少大量辨識的時間，然而在分類之後，仍然必須辨識圖形是否為某一建築物件。

而在圖形的繪製上有兩種作法，其一是利用線條直接繪製所有建築物件，其二是定義圖形區塊，再將定義好的圖形區塊插入圖檔中。此兩種作法導致識別方式產生極大差異的原因在於，圖形區塊會定義在圖形區塊節中，而且是定義單一

圖元，圖檔中該圖層的其它圖形區塊皆是根據同一圖元。然而直接繪製於圖檔的圖元，該圖層就有許多描述不同圖元的線條混雜，因此除非有特別的屬性，否則一般來說是以辨識圖形區塊較為方便。若能在繪圖時都盡量以圖形區塊插入圖檔，不但可以再利用圖形區塊，也會大幅減少繪製與資料辨識的時間。

## 2) 3D 環境建構方式與呈現方式比較

在建立 VRML 檔案方面，本研究以一個原型節點 (PROTO node) 產生各樣相同屬性但不同形狀的檔案，比起每個不同形狀的物件都需要用不同物件描述，本研究所使用的方法不但減輕資料庫的容量負荷，所建立出的 VRML 檔案也相對的較小。因為可以使用外部原型節點 (EXTERNPROTO node) 讓其它檔案指定原始的原型節點位置，因此利用原型節點建立 VRML 檔案的方式，只需要修改原始檔案而無需修改所有其它有參照引用的檔案，因此能夠更輕鬆地維護與增加其功能，例如：增加樑的斷面形式、曲線形式等等都只需要改變樑的原始來源檔。而這些原始檔也可以統一放置於一個資料夾內便於管理與應用。

在控制 3D 環境方面，延伸二維圖層概念以及顯示與隱藏的開關節點 (SWITCH node) 功能，能夠讓場景與瀏覽者之間有更好的互動。

## 第五章

### 結論與建議

#### 5.1 結論

本研究的主要目的在於建立一個「網路整合式的自動化虛擬實境建立系統」，讓傳統的二維電腦繪圖使用者能夠以一個經濟及快速的方式，建立具有「使用者互動」與「資料庫互動」的工程虛擬實境專案。使用者只需要上傳已繪製好的工程圖檔，並設定簡單的參數，此系統即能自動地建立工程虛擬實境專案。

總而言之，此系統的特性可以分為「虛擬實境建構流程」、「工程圖集辨識流程」、「網路架構與資料庫互動流程」三部分來敘述：

##### 1) 虛擬實境建構流程方面

- A. 我們利用 javascript 與 VRML 中內建的「externproto node」，依照 STEP 以及 IFC 的概念，建立了類似物件導向式的新節點（node）。只需要輸入節點的參數，就能夠產生該節點的形狀，而不需要以點線面的方式去建構這個節點，例如：我們只要將樑的物理參數輸入樑節點中，就能夠得到一個完整的樑結構。
- B. 這些節點中除了「結構物類節點」如樑、柱之外，還有「輔助說明類節點」、「工程資料類節點」。「輔助說明類節點」是針對 3D 環境的缺點而增加的 2D 圖元，「工程資料類節點」則是為了能讓真實與虛擬有所對照，避免使用者僅憑虛擬實境想像而產生誤解。
- C. 此外，為了避免同一時間內有過多的資訊存在 3D 環境中，干擾了使用者的注意力，本系統延伸了 2D 圖層的概念以及使用結構化的 3D 場景架構圖，讓使用者能夠自行控制資訊及物件的顯現。

## 2) 工程圖集辨識流程方面

因為本研究所定義的工程圖集研究領域，是 AutoCAD 的 DXF 電子檔案，而這種標籤式的檔案類型已包含點線面等基本圖元的資訊，所以本研究使用了有別於傳統影像處理類的辨識方法，來分析工程圖集當中，因特定繪圖標準而含有的圖集特性，藉此建立一些辨識的規則，再以這些規則將工程圖集中的資訊擷取出來。

## 3) 網路架構與資料庫互動流程方面

這個系統的所有程式流程都是建構在網路系統下，從圖檔上傳、圖檔辨識到虛擬實境建構都是以 PHP 所撰寫，而整個網站系統是以 3-Tier 的架構建立，並且將程式邏輯流程與呈現的內容分離，因此網站的使用與維護將更為便捷。同時為了能夠有更多的資料互動，圖檔的資料都會經由 PHP 儲存到類似於 IFC、STEP 架構的關連式 MySQL 資料庫中。

為了保護使用者的個人資料、工程圖檔資料以及專案資料，本系統也會對使用者作基本的認證，並將密碼作單向的加密儲存於資料庫內，使用者要瀏覽個人化的資料之前，必須先通過密碼認證。

由於建構上述三個流程所使用到的程式語言與系統皆是公開與免費的，因此幾乎不需要花費任何的軟體成本就能達成以往需要大量人力、物力、時間與經費才能完成的 3D 工程虛擬實境專案。

本系統利用現行傳統繪圖規範中的製圖規則，歸納出設計者有可能繪製的圖元，在圖檔中加以辨識擷取，並且以關聯式的方式儲存資料，建立「傳統分散(fragment)圖集」與「結構化資料」之間的關聯性，如此一來，資料將可轉檔成為各種圖形交換標準(product modeling standards)，不會使資料受限於某一種規範，使用者的資料將被更廣泛地應用。此外，建立「傳統分散圖集」與「結構化

資料」之間的關聯性同時能夠降低營建公司的成本，因為他們可以放心地使用新的軟體與設計方式，且不須擔心以往用傳統 CAD 所建立的圖檔資料無法再加以利用。

在網路系統部分，本研究系統所發展的AutoVR系統，除了可以建立如本研究一樣的整體系統網站，也可以製作成一個模組(module)，利用建構入口網站的內容管理系統(Content Management System, CMS)像是PHP-Nuke、Post-Nuke等，掛在使用者自己公司的網站系統下，那麼使用者還能輕易地加入自己之前發展的其它模組，擴大本系統的應用性。

在 3D 呈現方面，本系統所建構的 3D 環境結合了 2D 圖元的資訊，能夠呈現傳統 3D 環境所無法達到的效果。而且本研究的 3D 呈現環境能夠成為一個設計團隊的溝通環境，因為使用者可以控制許多不同的模式，讓設計團隊中不同領域的人員都可以藉由此 3D 環境向其他人員解釋其概念而不會含糊不清。例如：結構技師可以使用線段結構彩現模式向建築師與業主說明結構形式，若建築師有不瞭解之處，又能馬上跳回較熟悉的材質彩現模式觀察結構等等。而 3D 介面查詢更讓使用者不需要翻閱大量圖集資料，而能透過單一介面查詢所有欲查詢的資料，如此更能縮短溝通與協調的時間，加速工作效率。

這個研究是基於「圖檔資源再利用」、「減低 3D 製作成本」以及「增加 3D 製作效率」為出發點，並沒有限定必須在何種領域中使用，所以可以應用在工地的「網路監工」，使業主或是設計師等相關人員即使不在工地現場也能夠即時監控工程進度；若結合「電子商務」，也可計算 VRML 檔案或是資料庫中所需的材料，並進一步用網路跟廠商下訂單等等；已經進入營運階段的建築專案，則可以應用本系統在「裝修管理」或是建築物「展示系統」等方面，或是將本系統應用在「工程教育」上。

## 5.2 限制

雖然本系統建構出一個建立虛擬實境的快速流程，但本研究仍有許多不足之處，在此分述如下：

1)在「虛擬實境」方面，雖然本系統能讓使用者與 3D 環境作良好的互動，讓使用者更瞭解專案的意涵，但在土木營建領域中，圖集除了使觀看者本身更瞭解建築物之外，還是不同設計團隊之間的一個重要溝通橋樑，本研究的 3D 環境仍只能支援單一使用者瀏覽，而不能允許多位使用者同時在網路中的同一個 3D 環境下瀏覽，因此在這方面的能力還需要再加強。

本研究的 3D 環境中的 externproto 節點尚不足以進行施工模擬，例如：控制大型機具進出工地，以檢驗工地是否有容納空間。此項不足之處可以藉由增加不同種類的 externproto 節點或是 JavaScript 控制程式來克服。

2)在「辨識圖集資訊」上，雖然本系統先使用電腦繪圖規範的原則分析圖檔，減少了大量的資料處理量，但本研究判斷原則的數量及涵蓋的領域仍嫌不足，所以無法解讀大型建築專案所有領域的圖集。此外，雖本研究能讓使用者自行訂立其繪圖風格與標準，但仍然必須是以 AIA、CSI 或是 NCS 為基礎，無法完全地讓使用者建立一個與眾不同的繪圖標準。

本研究的辨識原則是在所有的工程圖檔都正確無誤的前提之下，因此並沒有建立圖集衝突檢查的機制，所以若圖檔本身具有衝突，例如柱與樑不相接，則 3D 環境也就無法正確地顯示。

3)在「網路環境」方面，本研究雖有建立基本的認證方式，但因為資料庫中的圖檔是設計公司或營建單位很重要的資產，所以單憑現在的認證與網頁保護機制仍不足以確保資料的安全性。

## 5.3 未來研究建議

針對本研究的議題而言，未來研究方向將會朝下列幾點繼續深入：

### 1) 多人的虛擬環境系統

目前的 VRML 環境只能提供單一使用者瀏覽，而我們可以更進一步地利用 Java 或 JavaScript 設計一個可以允許多人同時瀏覽的 VRML 環境，如此便能更有效率地讓一個建築計畫中不同團隊的設計人員，在不同地點也能夠即時地互動與溝通。

### 2) VRML 的設計環境

將本研究所發展的程序更進一步地設計成為一個設計環境，只要設定基本需求與上傳基本的建築柱線圖，例如平面圖與立面圖，經過解析辨識後系統自動依照規範建立細部設計方案與 3D 環境，並且允許使用者在網路的 3D 環境中直接修改建築專案，同時能夠依照所建立的 3D 場景自動生成細部設計圖或是施工圖集。

### 3) 建築營建圖檔的特性辨識機制

除了更深入地探討不同營建圖檔的特性之外，若能夠加上類神經網路或是其它的人工智慧系統輔助辨識，對於辨識的效能應會有所幫助。

### 4) 網路安全與認證

由於資料庫中的圖檔是設計公司或營建單位很重要的資產，所以網路安全性必須要做更進一步的安全認證與網路通訊保護措施，例如使用 Secure Sockets Layer(SSL 3.0)、Secure Hypertext Transfer Protocol(S-HTTP)或是正在起草案的 Transport Layer Security(TLS 1.0)建立私密、防篡改訊息和認證等保護措施。

## 參考文獻

- [1] D. Chitchian, E. G. M. Sauren, and J. Heeling, "Urban-CAD, A Design Application for Urbanism," presented at Proceedings of Computer Aided Architectural Design Futures 2001, Eindhoven, The Netherlands, 2001.
- [2] Y.-T. Liu, "Schematic-Designer: A knowledge-based CAD system for schematic design in architecture," *Design Studies*, vol. 12, pp. 151-167, 1991.
- [3] S. L. Hung and J. C. Jan, "Machine Learning in Engineering Analysis and Design: An Intergrated Fuzzy Neural Network Learning Model," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 14, pp. 207-219, 1999.
- [4] S. L. Hung and J. C. Jan, "Augment UFN Learning Model," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 14, pp. 15-22, 2000.
- [5] J. Wang and Y. Wang, "A VRML interface for a knowledge-based structural design system," presented at Information Visualisation, 2001. Proceedings. Fifth International Conference on, Dept. of Civil Eng., Tamkang Univ., Tamsui, Taiwan, 2001.
- [6] M. D. Gross, "The Electronic Cocktail Napkin - a computational environment for working with design diagrams," *Design Studies*, vol. 17, pp. 53-69, 1996.
- [7] M. D. Gross, E. Y.-L. Do, R. J. McCall, W. V. Citrin, P. Hamill, A. Warmack, and K. S. Kuczun, "Collaboration and coordination in architectural design: approaches to computer mediated team work," *Automation in Construction*, vol. 7, pp. 465-473, 1998.
- [8] E. Y.-L. Do, "VR sketchpad: Create Instant 3D Worlds by Sketching on a Transparent Window," presented at Proceedings of Computer Aided Architectural Design Futures 2001, Eindhoven, The Netherlands, 2001.
- [9] J. Underwood and M. Alshawi, "Forecasting building element maintenance within an integrated construction environment," *Automation in Construction*, vol. 9, pp. 169-184, 2000.
- [10] M. Dakan, "The NIBS National CAD Standards, v1: NIBS agrees to coordinate the incorporation of preexisting documents into a CAD standard," in *CADALYST Magazine*, 2000.
- [11] M. Middlebrook, "CAD Standards: The nitty-grittyReview CAD standards, with



- an emphasis on layer and file names," in *CADALYST Magazine*, 1998.
- [12] D. A. Campbell, "Architectural construction documents on the web: VRML as a case study," *Automation in Construction*, vol. 9, pp. 129-138, 2000.
- [13] T. Honjo and E. M. Lim, "Visualization of landscape by VRML system," *Landscape and Urban Planning*, vol. 55, pp. 175-183, 2001.
- [14] R. Lipman and K. Reed, "Using VRML in construction industry applications," presented at Proceedings of the Web3D-VRML 2000 fifth symposium on Virtual reality modeling language, Monterey, California, USA, 2000.
- [15] P. H. Won, "The comparison between visual thinking using computer and conventional media in the concept generation stages of design," *Automation in Construction*, vol. 10, pp. 319-325, 2001.
- [16] P. Eisenman, *Peter Eisenman 1989-1995*. Madrid: Arquitectura Viva(A & V), 1995.
- [17] J. F. Ragheb, "Frank Gehry, architect." New York: Guggenheim Museum Publications, 2001.
- [18] F. Dal Co, K. Forster, H. S. Arnold, f. Co, and F. O. Gehry, *Frank O. Gehry : the complete works*. New York: Monacelli Press, 1998.
- [19] 謝尚賢, "實現「營建資訊運籌管理」的資訊標準化技術," 營建資訊運籌管理研討會論文集, pp. 31-47, 1998.
- [20] R. Kasturi, S. T. Bow, W. El-Masri, J. Shah, J. R. Gattiker, and U. B. Mokate, "A system for interpretation of line drawings," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 12, pp. 978-992, 1990.
- [21] S. Ablameyko, V. Bereishik, and P. Foyer, "Recognizing engineering drawing entities: technology and results," presented at Image Processing and Its Applications, 1997., Sixth International Conference on, Inst. of Eng. Cybern., Byelorussia, 1997.
- [22] Y. Yu, A. Samal, and S. C. Seth, "A system for recognizing a large class of engineering drawings," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 19, pp. 868-890, 1997.
- [23] D. Loffredo, "Fundamentals of STEP Implementation," STEP Tools, Inc. <http://www.steptools.com/library/fundimpl.pdf>.
- [24] K. Yu, T. Froese, and F. Grobler, "International Alliance For Interoperability:

- IFCs," presented at Proceedings of the International Computing Congress on Computing in Civil Engineering, Boston, Massachusetts, 1998.
- [25] F. P. Tolman, "Product modeling standards for the building and construction industry: past, present and future," *Automation in Construction*, vol. 8, pp. 227-235, 1999.
- [26] R. Carey, G. Bell, and C. Marrin, "VRML97 Specification," in ISO/IEC 14772-1:1997, *Virtual Reality Modeling Language*.  
<http://www.vrml.org/Specifications/VRML97>, 1997.
- [27] H. Ando, A. Kubota, and T. Kiriya, "Study on the collaborative design process over the Internet: a case study on VRML 2.0 specification design," *Design Studies*, vol. 19, pp. 289-308, 1998.
- [28] W. Broll and T. Koop, "VRML: Today and Tomorrow," *Comput. & Graphics*, vol. 20, pp. 427-434, 1996.
- [29] J. Hartman and J. Wernecke, *The VRML 2.0 Handbook*: Addison-Wesley, 1996.
- [30] M. Buffa and J.-C. Lafon, "3D virtual warehouse on the Web," presented at Information Visualization, 2000. Proceedings. IEEE International Conference on, Lab. I3S, Sophia-Antipolis, France, 2000.
- [31] M. Shelbourn, G. Aouad, and M. Hoxley, "Multimedia in construction education: new dimensions," *Automation in Construction*, vol. 10, pp. 265-274, 2001.
- [32] E. Paquet and M. Rioux, "Nefertiti: a query by content system for three-dimensional model and image databases management," *Image and Vision Computing*, vol. 17, pp. 157-166, 1999.
- [33] K. Russ and A. Wetherelt, "Large-scale mine visualization using VRML," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 19, pp. 39-44, 1999.
- [34] T. Naka, Y. Mochizuki, and S. Asahara, "WonderSpace: web based humanoid animation," *Future Generation Computer Systems*, vol. 17, pp. 57-64, 2000.
- [35] S. H. Han and J. A. Turner, "An Architectural Approach to Virtual Reality Support of Multi-user Environments," presented at Proceedings of Computer Aided Architectural Design Futures 2001, Eindhoven, The Netherlands, 2001.
- [36] B. Huang and H. Lin, "A Java/CGI approach to developing a geographic virtual reality toolkit on the Internet," *Computers and Geosciences*, vol. 28, pp. 13-19, 2002.

- [37] Y.-T. Liu and R.-Y. Bai, "The Hsinchu experience: a computerized procedure for visual impact analysis and assessment," *Automation in Construction*, vol. 10, pp. 337-343, 2001.
- [38] A. L. Ames, D. R. Nadeau, and J. L. Moreland, *The VRML 2.0 sourcebook, Second Edition ed: John Wiley & Sons, Inc.*, 1997.
- [39] L. Jin and Z. Wen, "Adorning VRML worlds with environmental aspects," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 21, pp. 6-9, 2001.
- [40] M. Lawton, "Advancing 3D through VRML on the Web," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 19, pp. 4-5, 1999.
- [41] M. Middlebrook, "AEC Layer Debate- AIA Sets the Standard. AEC layer standards and practices update," in *CADALYST Magazine*, vol. June 2001, 2001.
- [42] *Graphisoft*, *Productivity tools for archiCAD*. Budapest: *Graphisoft*, 2000.
- [43] B. Rattenbury, *ArchiCAD project framework*. Budapest: *Graphisoft*, 2000.
- [44] R. Shepherd, *Mastering AutoCAD AEC*, 4th ed. England: *Longman*, 1996.
- [45] T. Boardman, *3ds max 4 Fundamentals*. Indianapolis, Ind.: *New Riders Publishing*, 2001.
- [46] K. Abe, H. Saito, and S. Ozawa, "3-D drawing system via hand motion recognition from two cameras," presented at *Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on*, Dept. of Inf. & Comput. Sci., Keio Univ., Yokohama, Japan, 2000.
- [47] T. Igarashi and D. Cosgrove, "Adaptive unwrapping for interactive texture painting," presented at *Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics*, 2001.
- [48] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka, "Teddy: a sketching interface for 3D freeform design," presented at *Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 1999.
- [49] S. Ablameyko, V. Bereishik, O. Frantskevich, M. Homenko, and N. Paramonova, "Algorithms for recognition of the main engineering drawing entities," presented at *Document Analysis and Recognition, 1997.*, *Proceedings of the Fourth International Conference on*, Inst. of Eng. Cybern., Acad. of Sci., Minsk, Byelorussia, 1997.

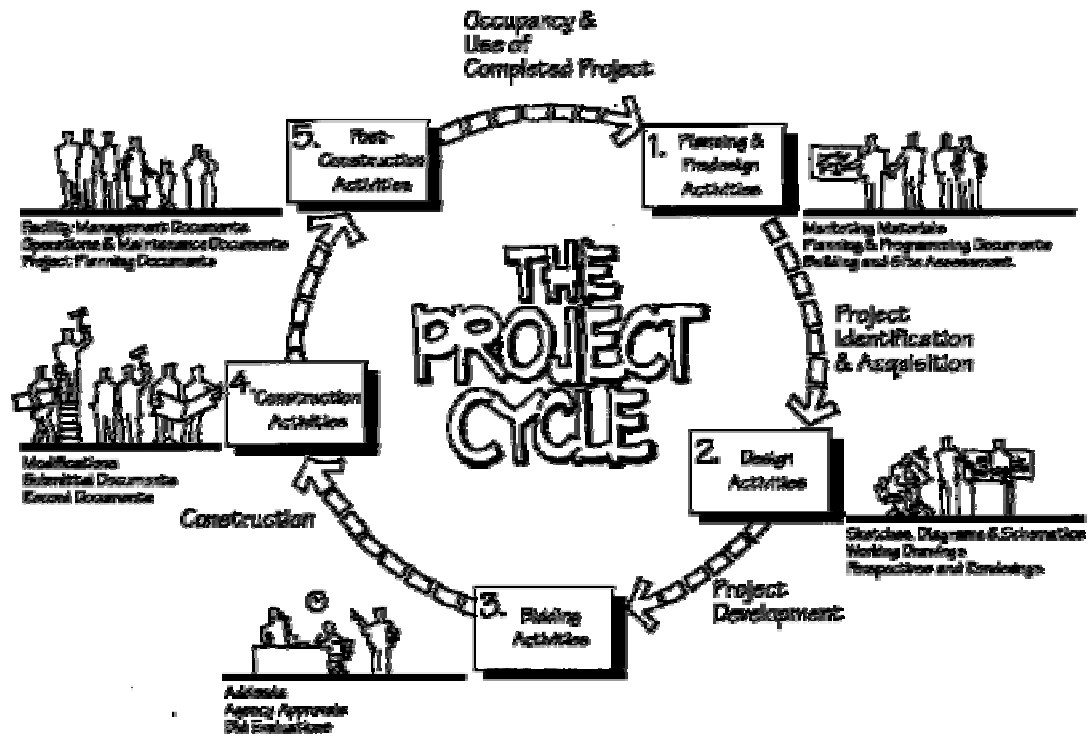
- [50] C. Howie, J. Kunz, T. Binford, T. Chen, and K. H. Law, "Computer interpretation of process and instrumentation drawings," *Advances in Engineering Software*, vol. 29, pp. 563-570, 1998.
- [51] N. Cherukuri and J. L. Prince, "An automatic network generator for design verification of electronic packages," presented at Multi-Chip Module Conference, 1995. MCMC-95, Proceedings., 1995 IEEE, Dept. of Electr. & Comput. Eng., Arizona Univ., Tucson, AZ, USA, 1995.
- [52] L. Welling and L. Thomson, *PHP and MySQL Web Development: Sams Publishing*, 2001.
- [53] Autodesk, "AutoCAD 2000 DXF Reference,"  
<http://www.autodesk.com/techpubs/autocad/dxf/>.
- [54] 嚴子翔, "整合全球資訊網與視覺化環境於房屋結構設計平台之初步研究," 土木研究所碩士論文: 交通大學, 1991.
- [55] T. Kolenda, "front pannel proto node,"  
<http://eivind.imm.dtu.dk/staff/thko/vrml.html>.
- [56] G. Seidman, "proto nodes," <http://zing.ncsl.nist.gov/~gseidman/vrml/repos/>.
- [57] NCS, "NCS Online Presentation,"  
<http://www.nationalcadstandard.org/NCSpres2.pdf>.

## 附錄 A 不同種類圖集的分類

在建築物的設計規劃中，會有許多種類的圖集，若依照功能類別分類，則有：建築專案中一般資訊的說明圖集(*General Information for the project and drawing set*)、土木工程圖集(*Civil Engineering*)、景觀工程圖集(*Landscaping*)、建築圖集(*Architectural*)、結構工程圖集(*Structural Engineering*)、機械或空調工程圖集(*Mechanical – HVAC*)、電機設備圖集(*Electrical Engineering*)和電信通信圖集(*Telecommunications*)等類別；依照建築專案的生命週期來分類的話(參照附錄圖 1)，不同時期就需要不同功能、不同種類的圖集，略述如下：

1. 規劃與設計初期階段 (*Planning and Predesign Activities*) 所需要的可能是基地分析圖、功能需求圖等圖集。
2. 設計階段 (*Design Activities*) 所需要的可能是大量的概念設計圖、設計草圖、初步設計圖等讓不同設計團隊能夠了解同一建築意涵的圖集。
3. 估價階段 (*Bidding Activities*) 可能並不需要圖表而需要估價報表等財務方面的資料。
4. 營建施工階段 (*Construction Activities*) 所需要的可能是施工圖集 (*working drawings*)，以及詳細設計圖 (*detail design drawings*) 幫助施工者理解建築結構的圖集資料。
5. 營建後期階段 (*Post-Construction Activities*) 所需要的可能是竣工圖集的與施工圖集相似的圖集資料。

由上述的資料可以得知，營建施工階段的圖集能較完整的敘述建築物，變動的程度也不會太大，此階段的圖集不像設計初期時的圖集只是藍圖與概念。因此營建施工階段的圖集例如：詳細設計圖或是施工圖集，較符合本研究目前的研究目的。



附錄圖 1 在建築專案中不同階段所需要的資訊[57]