

即時視覺模擬技術在交通安全設施檢測之應用

陳信雄¹、張學孔²、何金駒³

¹台大土木工程學研究所博士候選人

²台大土木工程學系暨研究所教授

³財團法人中華顧問工程司副總工程師

摘要

運用「同步工程」概念可以將規劃、設計、施工、營運、與管理機能加以整合，提昇規劃設計工作之正確性、效率性、並降低成本。「即時視覺模擬技術」為同步工程之重要工具，設計者透過此系統可以各種角度觀看設計結果，並模擬系統運作之情形，如發現必須修改之處，可立即進行修改，並得知修正後之結果。由於交通工程設計必須考慮的限制因素非常多，除了地形與地質等因素，尚受到經費與環保等人文因素影響。因此道路寬度、坡度、彎度等工程設計必須與標誌、標線、號誌、護欄等交通安全與管制設施應充分配合，始能達到提高運輸效率和行車安全之目的。本文主旨為介紹台大土木工程學研究所發展之即時視覺模擬系統—4-D VAST(Visualization Analysis and Simulation Tool)，該系統運用電腦繪圖模擬及影像處理之技術，建立一輔助規劃設計與評估之工具，以協助工程師在進行道路設計時，針對標誌、標線、號誌、防眩板、隔音牆、槽化島、防撞護欄等交通工程與安全設施及其周遭的景觀，藉著視覺模擬的功能檢測這些交通工程設施的視覺效果、可辨識程度、以及對駕駛者的影響。本文首先說明同步工程與視覺模擬之原理與概念，並回顧視覺模擬技術在交通領域之應用狀況。其次介紹4-D VAST之設計概念、軟體架構、硬體架構、以及該系統的操作功能、與未來發展方向，最後提出結論與建議。

一、前言

「同步工程」(Concurrent Engineering)為近年來在設計與製造業的一項革命性概念，所謂「同步工程」即是將設計、研發、製造生產的機能加以整合，此有別於傳統的循序工程(Sequential Engineering)，即是將前述各步驟加以分開，循序進行。同步工程有如密切合作之團隊，透過良好之溝通協調、電腦輔助工具、通訊網路使產品在設計階段就獲致各專業領域之支援，使該產品在功能、成本、維修等特性上均可以完整考慮。同

步工程最終之設計產品馬上可以進行生產，因為在設計過程中已考慮生產之程序，透過同步工程可以使研發週期縮短、產品品質提昇、生產成本降低。「即時視覺模擬技術」(Real-time Graphic Simulation Technique)為同步工程之重要工具，如整合電腦輔助設計系統，即可提供設計者交談式編修之能力，設計者透過此系統可以各種角度觀看設計結果，並模擬系統運作之情形，如發現必須修改之處，可透過繪圖功能即時進行修改，並馬上得知修正後之結果。

交通工程領域中許多設計與規劃工作均無法以實驗來預估其結果，因此往往必須高度倚賴預測模式之精確性。然而，在規劃設計過程中也難以想像規劃或設計之結果，因此無法在規劃設計過程中仔細考慮各種細節，將造成後續工程與營運上之問題。同步工程與視覺模擬技術之整合，提供計畫在規劃設計階段即可將結果以圖形與影像形式顯現在規劃設計者之前，使得計畫參與者可以就其專業知識進行溝通與協調，對於若干缺失進行修改，而先進的系統並允許線上即時修改，及所謂交談式系統，因此可避免傳統循序式作業的缺失。

由於交通工程設計時所受到的限制因素非常多，除了地形與地質等因素，尚受到經費與環保等人文因素影響。因此道路寬度、坡度、彎度等工程設計必須與標誌、標線、號誌、護欄等交通管制設施應充分配合，始能達到提高運輸效率和行車安全之目的。而且上述各設施的設置與設計對行車安全有極為顯著的影響，以往道路工程師或管理人員過份依賴設置準則或規範，而忽略了駕駛者的視覺經驗和交通控制資訊之獲知與瞭解過程，使得許多設施無法發揮預定之功能。如何發展一套功能完備的輔助工具，方便使用者能將各種設施之不同尺寸、大小及擺設位置等等，配合景觀、道路實質狀況及交通狀況等，將駕駛者所可能接收到的視覺訊息，加以預先模擬，真實地展現出來，以協助各項交通工程設施得以適當地設置，實為目前所迫切需要的。本研究的主要目的，乃是利用電腦繪圖及視覺模擬的技術，建立一套公路環境模擬系統，以針對不同的行駛速度、車種、車流量、車道數來檢測現有及規劃中的公路交通工程設施，並進而以此電腦模擬系統改變其大小、間距、顏色、位置、材質等來評估這些設施，以選取最理想的設置與設計方式。

本文首先說明同步工程與視覺模擬之原理與概念，並回顧視覺模擬技術在交通領域之應用狀況。其次介紹4D VAST之設計概念、軟體架構、硬體架構、以及該系統的操作功能、與未來發展方向，最後提出結論與建議。

二、 同步工程概念與電腦視覺模擬

循序工程之傳統作業程序之分工組織及作業方式，固然使各部門專司其職可專精於其工作專業領域，但是隨著組織成長擴大及工作複雜度增加，部門間溝通困難造成嚴重隔閡，使整個系統效率降低而成本增加。運輸系統在發展過程中牽涉組織內外各部門之意見整合，而各階段工作也必須彼此密切配合，以使計劃能順利推動，達成規劃建設之既定目標，也就是縱向之階段間與橫向之部門間皆需有完善之配合，方能促使系統順利完成。但傳統的交通運輸系統與建造過程中，規劃、設計、建造、以至於營運管理各

階段皆有其分析應用之工具，各階段工具並無法應用至下階段。在缺乏能夠整合縱、橫向的規劃與設計工具狀況下，一般交通運輸公共工程建設較難獲得一個能夠考量「生命週期」(LifeCycle)及成本的最佳方案。同步工程觀念之引進正可以解決上述縱向與橫向整合之問題[1]。因此同步工程概念生產之產品可達到縮短時間、降低總成本、及品質提高等正面效益。

在同步工程的執行上，同步工程推展需靠各功能領域人員之隨時傳遞意見與溝通，電腦技術進步迅速且成功運用在整合各部門自動化領域，如電腦輔助設計系統、電腦輔助製造系統、電腦輔助設計工程、電腦輔助製程規劃等技術已在同步工程之資訊交流中扮演重要之角色。

張學孔與陳信雄[1]於1995年曾分析虛擬原型與同步工程技術在交通運輸領域之應用，其中虛擬原型(Virtual Prototyping)技術係利用電腦動畫產生所需觀看之設計物品或系統之平面或立體圖像，並可以模擬該目標物或系統之各種功能，並加上分析判斷與控制之程式，事先驗證測試設計觀念、各系統的功能、以及各系統間之整合與互動情形，進而進行必要之調整，確保整體設計之成功。虛擬原型最常採用之技術稱為「視覺模擬」(Visual Simulation)技術，此項技術之目的在建立一個新的使用者界面，使得使用者可以置身在電腦所欲表現的二度或三度空間資料庫內[1]。

電腦視覺模擬是虛擬實境技術中特別強調視覺感官接受的一種方式，由於人眼所看到現實世界的景物是立體的、有深度、陰影及運動，並可感受到真實物體所投射出來的色彩及亮度，而電腦視覺模擬即是藉由人類眼睛接受電腦視覺模擬顯示設備產生的替代光而使大腦有身處虛擬世界的真實感受。

電腦視覺模擬技術工具之基礎為類比式影片拍攝與數位化電腦處理技術，Landphair and Larse(1993)[2]依據視覺影像處理方式方式，將此技術區分為下列四類：

1. 影片(Vedio)：影片為記錄歷史性資料與瞬間狀況描述之最佳媒介，以交通運輸為例，影片拍攝即為說明運輸走廊現況與問題之最佳利器；此外，專業機構亦發展出各式編輯與特效處理之設備，以滿足使用者之特殊需要。
2. 影像套疊(Image Paint)：設計者將設計物件之影像與拍攝所得之背景畫面結合，此畫面可由相片掃描或由錄影帶中捕捉單一畫面而得，經套疊之影像組合可使用如影像處理軟體進行細部修改，使畫面達到設計者所需之擬真程度。影像套疊之優點在於處理速度快，而其缺點則為畫面品質受限於設備與軟體之處理能力，以及使用者之處理技術。
3. 影片套疊(Video Overlay)：影片套疊之處理技術與影像套疊相同，僅背景畫面由靜態相片轉變成動態之連續畫面；影片套疊多使用於交通問題分析與其他動態物件之模擬。影片套疊將影像套疊技術擴展至動態畫面，但仍限使用於單機攝影且鏡頭位置固定之情形。
4. 電腦動畫模擬(Computer Animation)：電腦動畫模擬合成之畫面均由以數值資料描述之物件組成，其鏡頭位置隨觀察者視點位置與路徑而變化。電腦動畫模擬為一最具處理彈性與精確度之視覺模擬方法，設計者擁有完整之視點移動控制權；相對地，其使用之設備因價格昂貴，亦僅提供專業人員使用。

公路幾何設計於視覺部份考量上，必須考慮人因工程、安全以及整體環境之因素，往往於平面設計圖中無法實際瞭解所設計之線形、交通標誌及相關設施之佈設及整體環境之協調性，使得規劃設計之工作缺乏效率而未能臻於完善。應用電腦視覺模擬技術可在公路設計進行整體性之考量，並可作為人因工程試驗平台，兼具經濟性、效率性與高確定性，並可依此結果作為工程師與業者或一般民眾最佳溝通之橋樑。

三、電腦視覺模擬技術在交通運輸之應用

駕駛者模擬技術為未來公路設計上之一個重要課題，以下介紹各國駕駛模擬器之發展經驗。

1. 美國NADS系統[3]

NADS系統發展目的為研究緊急狀況下之車輛行為，特別是重型工程和軍事車輛。系統中心為一影像產生器，其工作平台為具六個自由度的運動方式來模擬駕駛時之動作狀態。

2. 日本Mazda系統[4]

Mazda系統發展之目的在於研究未來之人車系統於緊急狀況下之行為模式，其特徵主要在駕駛者將會大幅提高對於所感識到的動作訊號之依賴程度來控制車輛，因此於設計模擬系統時主要考慮高績效與大振幅之橫向動作系統，與模擬視覺聽覺及控制感覺之系統。

3. 瑞典VIT系統[5]

瑞典之VIT駕駛模擬系統系統由瑞典道路安全協會所執行，其主要目的為研究車輛之動態運作狀態。該系統之圖像部份僅包括數個車道與幾個簡單的道路標誌與障礙物等，再加上路面標線及類似真實路面的粒狀道路鋪面，而此部份為該系統最大之缺點，因此該系統常用於探討酒精、毒品和麻醉性藥物在駕駛行為上的影響等實驗，以及駕駛人在光和聽覺方面之感受性。

4. 國內駕駛模擬系統之發展

國內現有之道路駕駛模擬系統發展，計有桃園中原駕駛訓練班駕駛模擬系統及公路局北訓中心的駕駛模擬系統[6]。中原駕駛訓練班模擬系統為將實際車輛之操作部份顯示於面板上，再配合道路上實地拍攝的錄影帶放映，由監察員檢視初學者之操作狀況是否可以配合錄影帶。公路局北區駕駛訓練中心的駕駛模擬系統[7]工作原理與中原駕駛訓練班之系統十分類似，其不同點為功能較多，且較能瞭解駕駛員之駕駛情況。

由以上電腦視覺模擬之功能來看，系統模擬無疑地是一種最有效的方法來處理複雜的駕駛行為與公路設計的問題，以求汽車功能、駕駛者行為與公路設計之互動關係能減少事故發生、改善車輛設計、增加道路容量、減少駕駛人壓力以達到最具安全與效率之目標。一般而言，車輛駕駛模擬系統之應用，具有下列四項優點：

1. 進行無法在實地道路上進行實驗的危險情境評估。
2. 可對特定研究主題大量地複雜研究狀況或環境。
3. 可正確量測人類控制反應的相關數據。
4. 可由對環境、車輛反應的經驗性控制練習，來找尋駕駛人的特性。

綜合本文上述說明，可將汽車駕駛模擬系統應用於道路環境研究之相關領域歸類如下：

1. 公路設計：包含(1)標誌、號誌與標線之設置之準則、(2)豎曲線與水平曲線之設計準則、(3)車道與路肩寬度之設計準則、(4)中央分隔與路邊護欄的設置準則、(5)照明強度或位置的設置準則、(6)道路周圍環境對駕駛者之影響、(7)道路設計對駕駛者間交互作用的影響、(8)隧道內包含照明部份的道路設計準則、(9)道路施工前的整體設計準則。
2. 道路施工區域的安全警告訊息對駕駛者之反應：包含(1)臨時交通控制裝置的施放準則、(2)駕駛者對於施工路段工作人員或設備移動的感識能力。
3. 路旁景觀與建築物對駕駛者之影響。
4. 不同天氣型態時的前方道路能見度對駕駛者之影響。
5. 地下道之設置準則。

電腦視覺模擬系統也可用於自動公路系統模擬(Automated Highway System Simulation)[8]，如配合自動公路系統(Automated Highway System, AHS)所研發之Smart Path微觀模擬軟體，此軟體可模擬自動公路系統開始運作之後，在不同的控制政策下，交通系統之運作情形，用以調整相關交控系統，有助於公路安全與效率的改進。電腦視覺模擬系統尚可應用於大眾運輸系統的規劃設計方面，例如「普林斯頓大眾運輸智慧視覺系統」(PITVS-Princeton Intelligent Transit Visualization System)[9]即為一例。此設計軟體提供大眾運輸計畫方案以3D圖形表現，並可作為運輸系統設計和分析之工具。

美國使用電腦視覺模擬技術於公路設計安全方面的發展情況，可以利用IHSDM模式來作一說明[10]。聯邦公路管理局(FHWA)在1980年代即提出優先研究及發展較佳的公路設計實務及準則，期能發展一種整合設計的過程，以充分應用現代電腦技術去同步計算績效及安全因子，並且有組織的考慮在建構高速公路時，同時考慮各種不同替選方案的成本效益及其安全性，考慮此種設計模式之方法即稱為IHSDM(Interactive Highways Safety Design Model)，IHSDM為設計輔助工具，將其分析結果反應在設計過程中，即可決定不同方案下，道路幾何及路外環境之配合狀況下對安全之衝擊；其目的在提供一種簡單的分析工具，提供混合平曲線、切面與鄰近路肩和邊坡之最適漸變方法，使駕駛人之安全得以保障。

運用電腦視覺模擬技術在電腦繪圖及影像處理上，可以輔助設計交通工程設施之設置情況，以協助設計者模擬駕駛者在高速公路上行駛所見之景象，並針對標誌、標線、號誌、防眩板、隔音牆、槽化島、防撞護欄等交通工程設施及其周遭的景觀，藉由視覺模擬的功能，檢測交通工程設施設置之合理性及協調性。進而利用此評估工具進行人因分析，以評估設施設置對駕駛者之影響。

四、VAST系統發展原理與架構

一、系統發展原理

VAST系統由台灣大學土木工程學研究所、中華顧問工程司、與美國ATR公司(Advanced Technology & Research Corp.)共同發展[11]，而研究計畫管理單位為台大慶零工業研究中心。

VAST是一套即時三維視覺模擬系統，本系統與三度空間模擬系統最大之差異在於能提供即時且互動式的視覺模擬功能，不僅可作為同步工程理論的溝通工具，也可以作為交通工程設施人因工程分析工具。VAST採用的設計原理稱為即時控制系統(Real-time Control System)概念，即整合圖形模擬與即時控制功能，其系統架構如圖1所示。即時控制系統將實體機械控制系統與電腦模擬系統加以整合，平時電腦系統會隨時蒐集作業現場之資訊，並進行各種評估分析，因此系統管理者無須待在作業現場，即可透過電腦系統了解作業顯廠中每一部機器之運作狀況。而當管理者欲擬定最適管理或控制策略時，可以先將替選方案輸入電腦中，利用即時控制系統的模擬功能，評估各種方案之績效並進行調整，挑選合適方案後，再將控制策略輸入電腦系統去執行。

運用即時控制系統概念之主要優點有下列六項：

- (1)設計者可以觀看其設計成果並隨時加以修改
- (2)可以避免許多重複性工作，如在規劃與設計階段所建立之資料，在後續施工與營運管理階段仍可以使用。
- (3)未來系統完工之後，可以將在分析階段所建立的模擬分析系統修改成為監控管理系統。
- (4)可以作為操作訓練工具，設計師可以模擬各種情境供受訓人員練習，縮短傳統實機操作訓練之時間。
- (5)透過模擬分析，可以在設計階段發掘系統各單元整合之問題，即刻予以解決，避免後續施工與營運方面之缺失。
- (6)在規劃與設計階段即可以設計內容，以符合系統設立之預期目標。

二、系統特性

VAST的作業平臺為SGI ONYX工作站，所採用的程式語言主要為C語言配合Performer程式庫。由於VAST所採用的軟硬體設備支援高效率的即時貼圖(Texture mapping)、抗鋸齒(Anti-alias)、與光線模擬(Lighting)功能，因此VAST可以提供擬真的視覺模擬效果，由於即時貼圖技術的引用，設計師可以應用最少的線條，配合物件表面影像圖片，即可構建出逼真的立體物件。目前本研究已完成第一階段的系統發展工作，現階段研發目標主要為環境視覺模擬功能之建立，運用貼圖、光線模擬、塗色等技術，使電腦模擬的影像逼近真實的環境影像。此外，本系統也提供各種移動瀏覽模式，包括定點觀賞、步行、駕車、與飛行模式，使用者並可以事先設定一行車路線，採用自動駕駛方式進行成果瀏覽。目前VAST共提供兩種車輛型式，包含小客車與大卡車，未來將陸續構建其他車種之立體模型。

在天色(Time of day)模擬方面，本系統提供使用者調整模擬的時點，當使用者變動模擬時點時，日光亮度與位置也隨之變動，因此，使用者可以選擇在清晨、中午、傍晚、或夜間來瀏覽設計成果。當選擇夜間駕駛時，使用者可以切換車頭燈開關，並可以選擇近燈或遠燈。為滿足台灣地區多霧的特性，目前已完成霧的模擬功能，使用者可以調整霧的濃淡，以及選擇各類型態的霧，以符合真實情況。除此之外，本系統亦發展公路幾何三維物件繪製功能，使用者僅需參照設計圖說，輸入公路幾何設計的控制點與相關設計參數，即可產生立體的公路幾何圖像。在後續的發展方面，VAST 最終發展目標為建立交談式交通設施修改與車流模擬功能，使用者可以在不同車流組成狀況下瀏覽設計成果，並隨時選定特定交通設施進行修改。

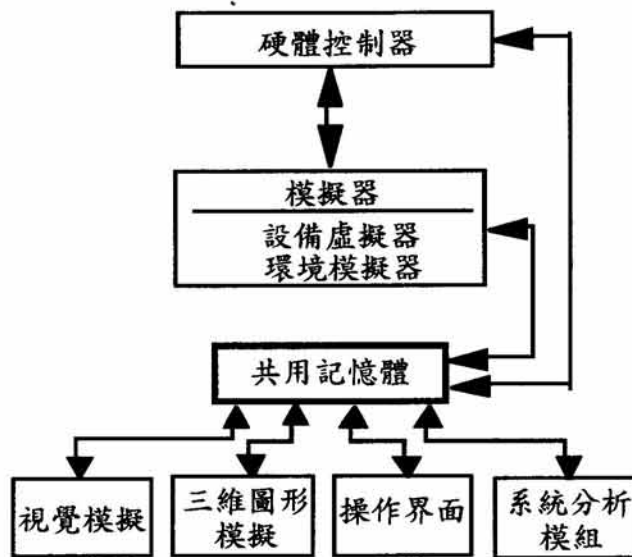


圖1. 即時控制系統(RCS)架構

三、硬體配備

VAST採用的硬體平臺為視算公司(IRIX Silicon Graphic Inc.)的ONYX繪圖工作站，該電腦每秒可以繪製百萬個以上的圖色多邊形，並且擁有專屬的高速繪圖界面，該界面擁有即時貼圖與抗鋸齒的高速繪圖功能，概要說明本系統採用之ONYX工作站主要配備如后[12]。

- (1)MIPS R4000中央處理單元一顆，速率為200MHz。
- (2)RealityEngine2高速繪圖界面。
- (3)64 mega bytes RAM。
- (4)IRIX 5.3 UNIX作業系統。
- (5)21吋高解析度彩色螢幕。
- (6)各式通訊界面、2個S-Video輸出埠、1個外接SCSI連接埠。
- (7)101鍵標準鍵盤，以及3鍵滑鼠。

(8)2GB 4mm磁帶機一部，4倍速唯讀光碟機一部，2GB與4.3GB硬碟機各一部。

上述的硬體配備可以滿足現階段VAST發展之需要，而目前本系統提供之功能屬於虛擬實境技術中的桌上型系統階級，即使用者需透過電腦螢幕來觀看模擬結果，未來可以配備顯示頭盔，提供立體化且高傳真的視覺模擬效果。此外本研究為配合立體物件之之構建，另整合多項硬體系統，構成一套完整的視覺模擬系統產製架構，各項硬體設備之關係如圖2所示。

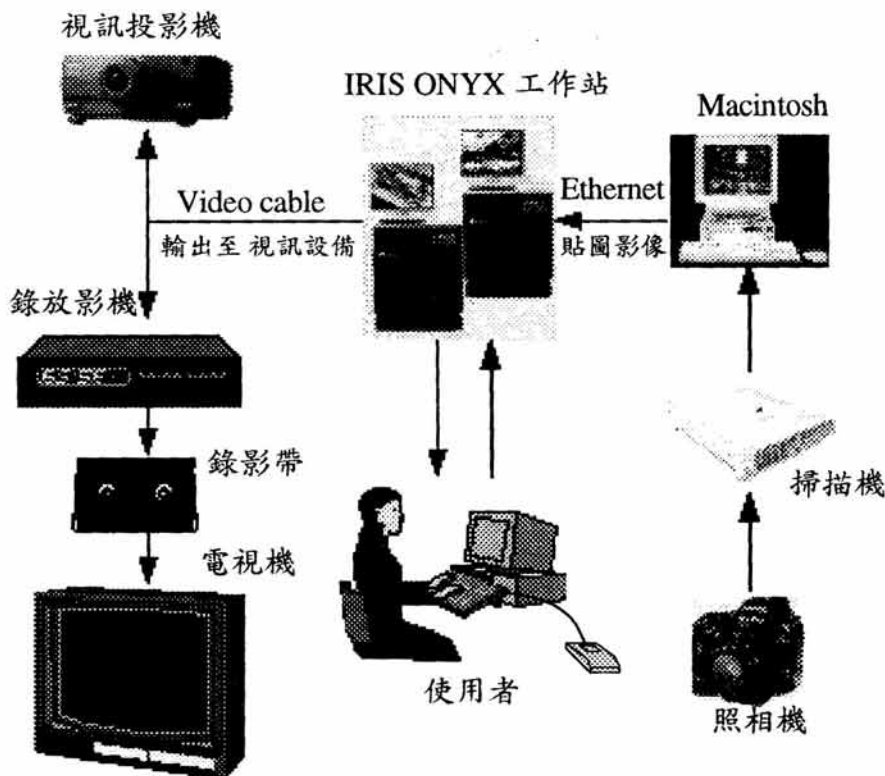


圖2. VAST硬體架構

四、軟體配備

如前面所述，VAST係採用C程式語言配合IRIS Performer程式庫所發展而成，IRIS Performer包含兩個主要的程式庫[13, 14]：「高效能繪圖程式庫」- libpr與「視覺模擬程式庫」- libpf，其中libpr為最低階的程式庫，提供最適化繪圖數學函數、系統狀態與記憶體控制、和由基礎性到即時性的各種繪圖函數；libpf為與視覺模擬環境之發展有關的高階程式庫，構建於libpr程式庫之上，提供三維物件資料庫構建與三維電腦圖形世界之顯現等相關程式函數。圖3說明IRIS Performer程式庫與IRIS系統系統軟體間之關係，其中IRIX為SGI系列工作站之UNIX作業系統名稱，本研究使用之作業系統版本為IRIX 5.3，而所謂的繪圖資料庫為IRIS Graphics Library (簡稱GL)[15]。由圖3可以了解Performer係構建於IRIX與IRIS GL之上，因此系統發展人員不僅可使用Performer所提供

之各種函數，也可以充分利用IRIX x-Window 與GL 等相關程式庫所提供之更多樣化的程式庫，例如程式設計師可以自行建立比libpf 更高階且更適合自己需求的程式庫或軟體工具，但是也可以利用libpf 所提供視覺模擬方面的發展環境(程式庫)。

IRIS Performer 也可以與其他應用程式加以整合，提供其他應用程式所需要的視覺模擬方面之服務，如在駕駛模擬系統之應用方面，其他應用程式可以先進行數值模擬運算，將相關之資料庫、參數值、與繪圖資料傳給IRIS Performer 進行快速且高效率的視覺模擬。

五、VAST操作功能

VAST 設計目標為提供一套功能完備的輔助工具，方便使用者能將各種設施之不同尺寸、大小及擺設位置等等，配合景觀、道路實質狀況及交通狀況等，將駕駛者所可能接收到的視覺訊息，加以預先模擬，真實地展現出來，以協助各項交通工程設施得以適當地設置，實為目前所迫切需要的。說明本系統之主要功能如后。

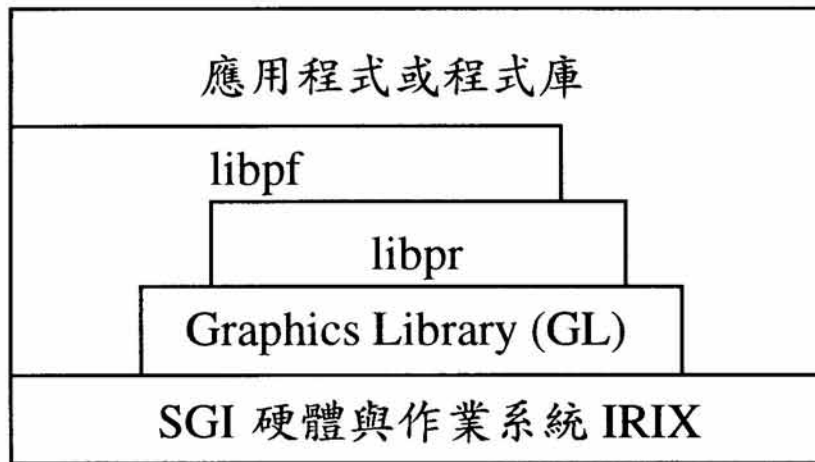


圖 3.VAST程式架構

1. 提供即時性瀏覽功能：使用者可指定任何路徑，在模擬的立體空間中，以各種角度與方式瀏覽設計成果，本系統具備之瀏覽方式包括：(1)定點模式、(2)步行模式、(3)即時駕駛瀏覽、(4)飛行模式、(5)自動駕駛，其中自動駕駛功能允許使用者選擇特定車種與特定路線，令車輛自動於事先設定之路線上自動行駛，使用者無須操縱車輛，可專心瀏覽周遭景物。由於使用高速公路之車輛種類繁多，不同車種之視點高度不同，因此視覺效果也有所差異，本系統亦具備模擬各種車種型式之功能。
2. 天候模擬功能：因為天候狀況會影響駕駛者之辨識能力，因此如能模擬各種天候變化，則系統之應用範圍會更加廣泛，本系統提供之天候模擬功能如下：(1)霧、(2)時間，其中時間模擬功能可模擬一天廿四小時之光線明暗情形。在夜間時刻由於天色昏暗，必須配合車燈模擬功能，因此可模擬車前燈之照明效果，並依據車輛遠/近光燈之差異，提供遠/近光燈之照明效果。

3. 視覺效果控制：目前提供可改變視野大小、網線顯示效果切換、貼圖效果切換、照明效果切換、以及車輛型式切換等，在車輛形式選擇方面，現階段已完成小汽車和卡車兩類車種。
4. 系統狀態顯示：由於在系統發展或虛擬場景構建過程中，常常必須視系統執行之效率與速度，進行細部之調整，如物件之簡化、LOD之調整、系統功能之調整等，因此可設定若干系統執行績效顯示功能，供系統發展者參考。目前本系統可以顯示CPU負載、繪圖界面負載、以及其他系統狀態資料之顯示。
5. 車輛運行資料顯示功能：由於每個人對於空間之感覺能力不同，因此系統如僅提供交通工程師視覺瀏覽功能，則工程師無法進行較精密之評估分析，因此有必要輔以相關數據，目前本系統可顯示之資料包含(1)目前視點所在之里程、(2)目前車輛之行駛速率、(3)加減速率，未來將增加視距顯示功能。
6. 交通工程設施修改功能：由於交通工程師在分析過程中常常必須進行標誌牌之調整工作，因此有必要提供標誌牌之編修功能，目前僅提供使用離線編修方式進行，未來將發展即時互動式編修功能，即使用者可即時選取相關設施進行修改。未來系統將提供使用者修改之項目包含(1)位置、(2)顏色、(3)尺寸大小、(4)角度、與(5)牌面之抽換。
7. 虛擬世界構建功能：目前僅提供座標點尋找功能，使用者可切換至上視圖，利用滑鼠游標尋找欲放置物件之座標點，再離開本系統，利用編輯物件參數檔的方式，將物件放入虛擬世界之中。未來將發展交談式虛擬世界構建功能，提供使用者方便且迅速的虛擬世界構建方式。

在虛擬世界構建方面，其流程如圖4所示，工程師必須先建立各相關物件的三維模型，一般可以使用如Wavefront、Multigen、或Coryphaeus Designer Workbench等專業3-D CAD軟體來構建相關物件模型，或者可自行使用C語言配合IRIS Performer程式庫來繪製相關物件。在貼圖材質製作方面，若可由實際物件攝影取得，則可取得物件之相片，經由掃描機數位化並適當編修後使用。若無法取得實物之影像資料，則可以利用繪圖軟體產生合適的影像圖形，再加以使用。

六、應用實例

本研究已完成北二高樹林收費站至龍潭假隧道間17.5公里之測試路段構建工作，完成之相關工作包含公路主體、護欄、中央分隔、邊坡、標鈕、標誌牌、收費站、隧道、地形、環境附屬物等，圖5為鶯歌交流道之模擬與實景對照圖，圖6為龍潭假隧道之模擬與實景對照圖，圖7為龍潭假隧道內之模擬與實景對照圖，圖8為半門架式標誌之模擬與實景對照圖，圖9為公共電話與里程標誌之模擬與實景對照圖，圖10為鶯歌系統交流道俯視之實景與模擬效果之比較。

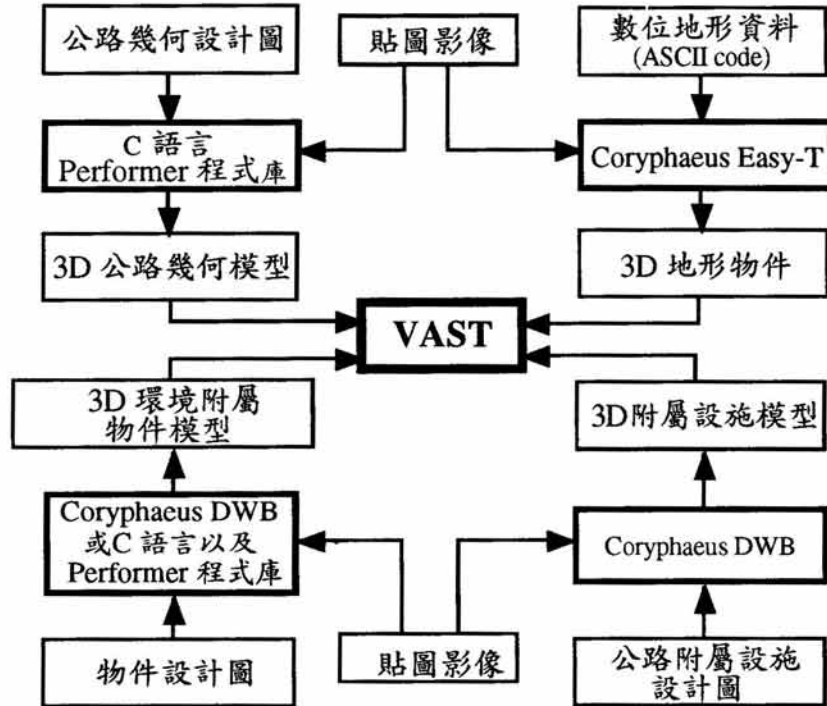


圖4. 虛擬世界構建流程

七、未來發展目標

考慮時間與預算之限制，擬分為兩個階段進行系統開發工作，茲說明各階段之發展目標與工作要項如后，第一與第二階段係本期研究範圍之工作項目。

一、第1階段：完成基礎平台之設計

第一期是以開發系統基礎作業平台為主，電腦圖形世界之建立用離線方式編輯相關參數檔來設定虛擬世界中各座標點所需顯示之物件的功能，使用者並可以在此項基礎平臺上使用系統提供之控制設備如鍵盤、滑鼠等，以「步行」、「駕車」、「飛行」、「自動循跡駕駛」等模式，瀏覽所建立之電腦虛擬世界。

二、第2階段：系統使用界面之改善

本期研究之目標在於系統使用界面之改善，如提供構建電腦虛擬圖形世界之輔助工具程式，分別說明如后：

1. 提昇電腦虛擬圖形世界之構建效率
2. 三維物件模型庫之建立
3. 人機界面之改善
4. 展現更多交通工程分析數據，如視距、曲率、車輛間距等。

三、第3階段：車流模擬功能

本其研究重點為發展具備駕駛行為之車流模式與即時視覺模擬之整合模組，即視覺化車流模擬模組，此項系統可以作為設施揀側、駕駛訓練。駕駛行為分析、與人因工程研究之有效工具。

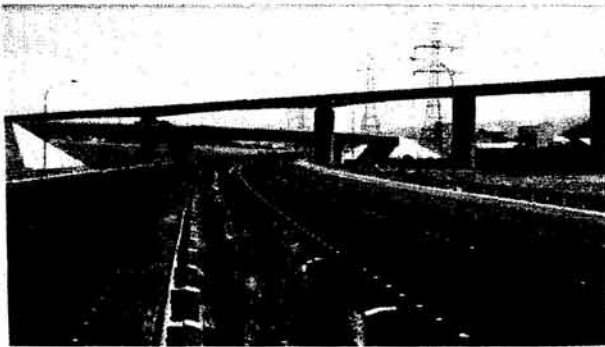


圖6. 鶯歌系統交流道之實景與模擬效果之比較

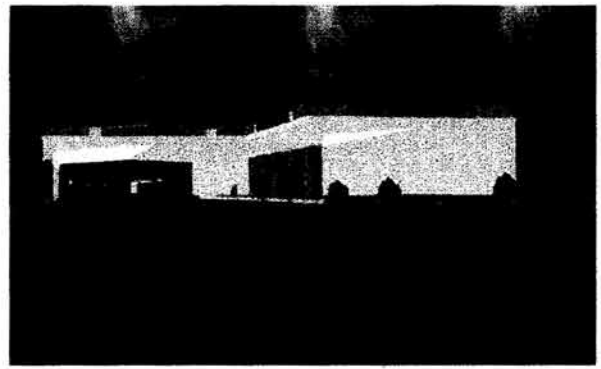
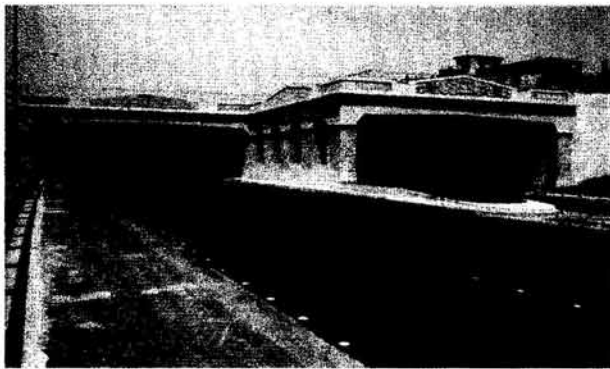


圖7. 龍潭假隧道之實景與模擬效果之比較

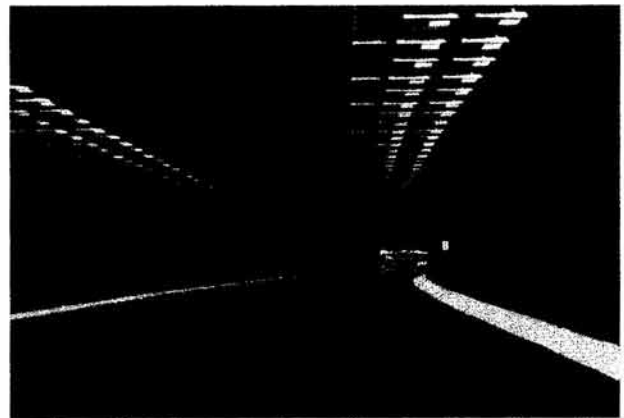


圖8. 龍潭假隧道內之實景與模擬效果之比較

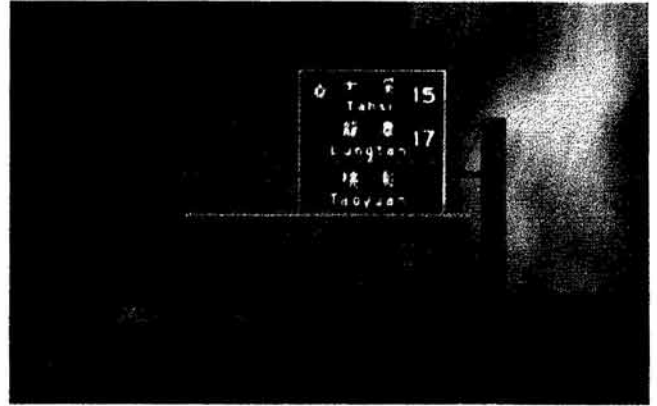
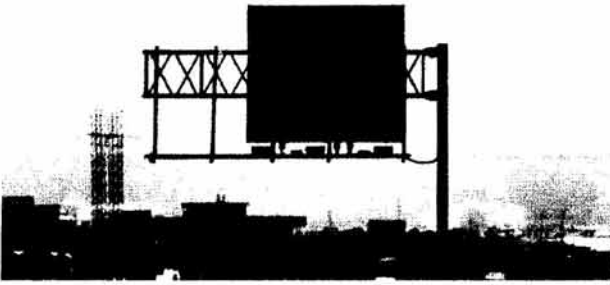


圖8. 半門架式之實景與模擬效果之比較

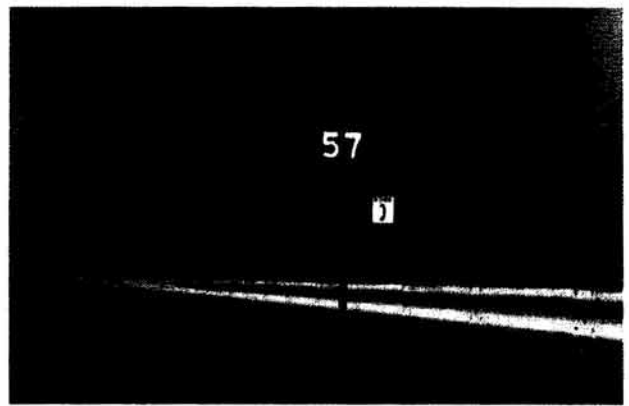
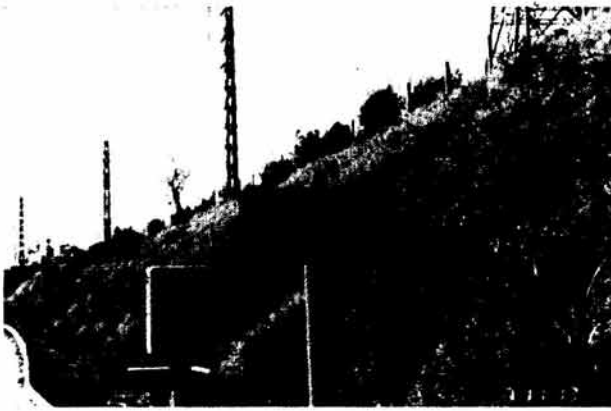


圖9. 公共電話與里程標誌之實景與模擬效果之比較



圖10. 鶯歌系統交流道俯視之實景與模擬效果之比較

八、結論與建議

同步工程概念、電腦視覺模擬、與電腦輔助繪圖技術之整合，可以使產品在規劃設計階段即能真實顯現，提昇產品研發速率、減少失誤、並降低研發成本。由於交通運輸計畫龐大，引用視覺模擬技術配合電腦輔助設計技術，可以使抽象且龐大之計畫案呈現在設計者眼前，設計者可據此發現潛在之問題，及時加以修正。

本研究完成系統雛型之設計工作，將系統命名為「4DVAST」(Visualization Analysis and Simulation Tool)，即為結合「即時」與「三度空間」而形成4D的視覺分析與模擬工具。本研究已完成北二高樹林收費站—龍潭假隧道間17.5公里之測試路段構建工作，完成之相關工作包含公路主體、護欄、中央分隔、邊坡、標鈕、標誌牌、收費站、隧道、地形、環境附屬物(房屋、樹木)等，未來可將各立體物件整理成公路設施立體圖庫，方便後續相關研究使用。

電腦視覺模擬在光線效果模擬方面之技術仍不成熟，比如影子與眩光等效果之模擬無法達到高效率與高品質之境界，目前有所謂光跡追蹤法之產生，可以解決上述問題，但運算效率不高且逼真程度低，因此無法運用於即時視覺模擬。因此，現階段在夜間車燈眩光效果與隧道照明模擬方面，均受限於技術程度而無法發展有效之分析工具，未來需配合相關硬體配備之研發，方能提昇其效率至實用程度。

由於傳統車流模擬分析均使用數值模擬或者簡單之圖形來顯示模擬結果，分析人員僅能由數據來揣摩模擬之真實程度，而視覺模擬技術之應用可以克服上述困難。透過視覺化車流模擬系統之建立，未來可應用於駕駛模擬器之開發，在教育訓練與娛樂之應用方面相當具有潛力。

電腦視覺模擬所虛擬之場景與真實環境仍有相當程度之差異，如現實世界之空氣污染嚴重，因此人眼所見戶外景物之色彩較為暗淡模糊，且景物顏色隨時均因環境之些微變化而有所不同，而電腦螢幕所展現之虛擬場景為一穩定的環境，若要求模擬場景與現場實景完全相同，往往需投入非常多之資源。因此相關研究在進行之前，必須就該研究所需進行之研究課題進行事前分析，研訂必須擬真之項目，將研究主力投注在該特定目標，以免形成資源浪費之情形。

參考文獻

- 1.張學孔、陳信雄，虛擬原型在交通運輸系統設計之應用，運輸，第30期，頁63-82，中華民國運輸學會，1995年12月。
- 2.Landphair, Harlow and Larsen, Terry, Evaluation and Development of Visualization Technology for Highway Transportation, Texas Transportation Institute and US D.O.T Federal Highway Administration, 1993.
- 3.Mills, R. , "Test Drive Without Leaving Home", Computer-Aided Engineering, No. 1, March, 1991.

4. Suetomi, T. et al., "The Driving Simulator with Large Amplitude Motion System," SAE paper 910113, 1991.
5. Gauriat, P. and Lechner, D., "Driving Simulators for Motor Vehicle Research," Research Transports Security English Issue, No. 8, 1994.
6. 張劭卿，汽車駕駛模擬系統之行車動態影像製作之研究，成功大學交通管理研究所碩士論文，1995年6月。
7. 劉英標、何志宏，國內汽車駕駛模擬系統之開發研究系統架構之規劃與建立，中華道路季刊第三十三卷第三期，1994年7月。
8. F. Eskafi, D. Khorramabadi, and P. Varaiya, "An Automated Highway System Simulator," Transportation Research, Vol.3, No.2, pp.1-17, 1995.
9. R. Wade Allen, T. J. Rosenthal, and D. H. Klyde, "Application of Vehicle Dynamic Modeling to Interactive Highway Safety Design," presented at the Transportation Research Board 74th Annual Meeting, Washington, D. C., January, 1995.
10. Sayers, Michael W. and Milk, Carrie, "Integration of Road Design with Vehicle Dynamics Models Through a Simulation Graphical User Interface," Transportation Research Board 74th Annual Meeting, Washington, D. C., January, 1995.
11. 張學孔，高速公路交通工程設施檢測之影像模擬系統規劃設計，中華顧問工程司委託研究計畫，台大慶齡工業研究中心，1996年10月。
12. POWER Onyx and Onyx Deskside Owner's Guide, Silicon Graphics, Inc., 1994.
13. IRIS Performer Reference Pages, Silicon Graphics, Inc., 1994.
14. IRIS Performer Programming Guide, Silicon Graphics, Inc., 1994.
15. Neider, Jackie, Davis, Tom and Woo, Mason, OpenGL Programming Guide, Addison Wiley Publishing Company, 1993.