

94-20-7127
MOTC-IOT-93-H2DB004

視覺化港灣環境資訊系統 (第三年)



交通部運輸研究所
國立高雄應用科技大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

94-20-7127
MOTC-IOT-93-H2DB004

視覺化港灣環境資訊系統 (第三年)

著者：邱永芳、李良輝、薛憲文、蔡金吉

交通部運輸研究所
國立高雄應用科技大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

視覺化港灣環境資訊系統
(第三年)

交通部運輸研究所

GPN : 1009400772

定價 : 200 元

國家圖書館出版品預行編目資料

視覺化港灣環境資訊系統(第三年) / 邱永芳等
著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所,
民94

面 ; 公分

參考書目:面

ISBN 986-00-0687-3(平裝)

1. 航運 - 管理 - 自動化 2. 地理資訊系統

557.43029

94004833

視覺化港灣環境資訊系統 (第三年)

著 者：邱永芳、李良輝、薛憲文、蔡金吉

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版/中心出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十四年三月

印 刷 者：飛燕印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

三民書局重南店：臺北市重慶南路一段 61 號 4 樓・電話：(02)23617511

三民書局復北店：臺北市復興北路 386 號 4 樓・電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：臺北市八德路三段 10 號 B1・電話：(02)25787542

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號・電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓・電話：(07)3324910

GPN : 1009400772

ISBN : 986-00-0687-3 (平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：視覺化港灣環境資訊系統 (第三年)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN 986-00-0687-3 (平裝)	政府出版品統一編號 1009400772	運輸研究所出版品編號 94-20-7127	計畫編號 93-H2DB004
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳主任 計畫主持人：邱永芳主任 研究人員：蔡金吉 聯絡電話：04-26587221 傳真號碼：04-26571329		合作研究單位：國立高雄應用科技大學 計畫主持人：李良輝副教授 研究人員：薛憲文、林奕翔、黃明哲 地址：高雄市三民區建工路 415 號 聯絡電話：07-3814526 轉 5256	
研究期間 自 93 年 03 月 至 93 年 10 月			
關鍵詞：3S 技術；虛擬實境；影像處理			
摘要： 本計畫之目的在運用地理資訊系統、全球衛星定位系統與遙感探測(合稱 3S)所獲得之高解析度衛星影像等技術，運用電腦繪圖與虛擬實境技術，以視覺化的方法展現及分析港灣內船舶航行以及港灣的自然環境資訊(如港灣地形、海底地形、潮汐、波浪、潮流、風、霧....等)對船舶航行影響，以提供港務機關最直接有效且科學化的港灣航運管理。 本計畫共分三年執行，第一、二年主要工作已經完成高雄、臺中港三度空間視覺化導航系統雛形，第三年度則延續現有系統發展，進行性能提昇與擴充。所使用之作業系統為個人型電腦(Windows NT)，軟體工具則採用目前被公認為最專業之建模工具 MultiGen 及虛擬實境系統 VEGA。 本研究已完成工作內容包括： 1. 臺中港港區船舶航行避碰與管理系統。 2. 建構臺中港港區三度空間港灣導覽系統。 3. 擴充現有花蓮港賞鯨船船舶定位管理系統，設計登船人員基本資料自動化登錄機制。 4. 建立基隆港與花蓮港港灣模型，並精進高雄港與臺中港港灣模型之細緻程度。 5. 評估現有各種信號傳送(通信)系統，提出長距離信號傳送解決方案。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
94 年 3 月	204	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
機密等級： ☐限閱 ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 (解密【限】條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密) ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Visualized Environmental Information System of Harbor (III)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-0687-3 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009400772	IOT SERIAL NUMBER 94-20-7127	PROJECT NUMBER 93 – H2DB004
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yuang-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho, Liang-sheng PROJECT STAFF: Lin, Yi-hsian, Tsai, Chin-chi PHONE: (04) 26587221 FAX: (04) 26571329			PROJECT PERIOD FROM March 2004 TO October 2004
RESEARCH AGENCY: NATIONAL KAOHSIUNG UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee, Liang-hwei PROJECT STAFF: Shyue, Shiahn-wern; Lin, Yi-shang; Huang, Ming-jer ADDRESS: 415 Chien Kung Road, Kaohsiung 807, Taiwan (R.O.C) PHONE: (07) 3814526 ext. 5256			
KEY WORDS: 3S Techniques, Virtual Reality, Image Processing			
ABSTRACT The purpose of this research is to integrate the techniques of Geographical Information System (GIS), and Global Positioning System (GPS) with the high resolution satellite imagery obtained by Remote Sensing (RS), and further use the Computer Graphics and Virtual Reality technologies so as to visualize the landscape of a harbor. In the meantime, we also demonstrated and analyzed the effects of natural environmental factors (e.g., harbor topography, tides, waves, winds, fogs, etc.) on the safety levels of shipping, and provided port authorities with a useful tool for scientific harbor shipping management purposes. This present research is the last stage of the three-year project. We have established the fundamental 3D model of Kaohsiung and Taichung Harbors. This year we continue to upgrade and refine previous researches. The software used in this research is Windows-based MultiGen modeling tools and VEGA real-time simulation system operated at desktop PCs. In this year, we have conducted the following task items and obtained corresponding results: 1. Investigate the mathematical model of Ship Collision Avoidance and Shipping Management System in Taichung Harbor. 2. Design a 3D harbor tour-guiding system of Taichung Harbor. 3. Implement an automatic tourism's information acquisition system to extend the existing whale-watching boat management system of Hualian Harbor. 4. Construct 3D harbor models of Keeiung and Hualian Harbors and refine the specification for the models of Kaohsiung and Taichung Harbors. 5. Submit appropriate solutions for long-range wireless signal transmission based on the assessment of the existing systems.			
DATE OF PUBLICATION March 2005	NUMBER OF PAGES 204	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	VI
表目錄	X
第一章 前言	1-1
1.1 整體計畫回顧	1-2
1.2 研究對象與範圍	1-11
1.2.1 工作範圍	1-11
第二章 虛擬實境 (即時模擬)關鍵技術	2-1
2.1 場景三維建模技術	2-3
2.2 VEGA 系統簡介	2-8
2.3 HLA 分散式虛擬場景環境	2-9
2.4 即時場景產生和顯示	2-21
第三章 港灣模型與場景模型之製作	3-1
3.1 三維建模的基本演算法	3-1
3.2 地形建模與分析系統	3-3
3.3 自然環境特效主控台	3-4
3.4 多船模擬之網路通訊架構	3-7
3.5 人機介面設計	3-8
3.6 電子海圖之航路規劃與記錄分析功能	3-8
3.7 大區域資料庫管理(LADBM)	3-8
3.8 高雄港港灣模型精進與台中港場景與模型製作	3-10
第四章 船舶避碰與管理系統關鍵技術	4-1
4.1 船舶動態監控管理系統之規劃與設計	4-1
4.2 船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計	4-4
第五章 多船模擬之規劃與設計	5-1

5.1 DIS/HLA 通信協定與理論基礎	5-1
5.2 Vega/Lynx 設定	5-4
5.3 Vega 程式設計	5-16
5.4 實務探討	5-17
第六章 基於LoD之大規模圖像即時瀏覽	6-1
6.1 前言	6-1
6.2 多層次精細度之地形顯像技術	6-6
6.2.1 與視點無關之地形的多層次精細度模型	6-6
6.2.2 具視點相依之地形的多層次精細度模型	6-8
6.2.3 三角不規則網格架構	6-10
6.2.4 規則方格系統	6-10
6.3 即時最佳化可適性網格(ROAM)演算法	6-12
6.4 鑽石型結構-ROAM 演算法的改進	6-16
6.5 分割時產生的網格裂縫問題	6-18
6.6 ROAM之地形顯示例	6-19
6.7 海岸圖像大規模地形製作與貼圖	6-22
第七章 系統規劃與設計	7-1
7.1 設計船舶動態監控系統	7-2
7.2 設計三度空間港灣導覽系統	7-4
7.3 船舶 GPS 定位管理系統	7-6
7.3.1 GPS 定位系統設計與操作	7-6
7.3.2 船舶 GPS 定位管理系統設計	7-10
7.3.3 船舶登船人員管理系統	7-14
7.4 建立即時模擬所需之港灣模型	7-17
7.5 設計多船模擬與雷達子系統之即時模擬系統	7-24
7.6 規劃信號傳送(通信)系統	7-25
第八章 本年度研究成果	8-1
8.1 雙船模擬模式與虛擬港灣模擬系統整合	8-1
8.2 「虛擬港灣模擬系統」與船舶動力模型之整合	8-5

8.3 「虛擬港灣模擬系統」與「自然環境主控台」之整合	8-8
8.4 臺中港船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計	8-12
8.5 花蓮港灣模型建模	8-17
8.6 船舶定位管理系統之自動化資料識別	8-23
第九章 結論與建議	9-1
9.1 結論	9-1
9.2 建議	9-2
參考文獻	10-1
附錄一：期中審查意見處理情形表	11-1
附錄二：期末審查意見處理情形表	11-5
附錄三：期末簡報資料	11-9

圖目錄

圖 1.1 臺中港港灣圖台建模(一)	1-6
圖 1.2 臺中港港灣圖台建模(二)	1-6
圖 1.3 臺中港港區虛擬導覽	1-7
圖 1.4 高雄港模擬系統在融入式全景投影設備顯示情形	1-8
圖 1.5 不同電腦上顯示雙船模擬的情形	1-9
圖 1.6 船舶 GPS 定位管理系統伺服器電腦顯示情形	1-10
圖 1.7 臺中港影像	1-11
圖 1.8 基隆港與花蓮港之圖像	1-12
圖 2.1 場景資料庫的生成過程	2-13
圖 2.2 港區之三維場景	2-22
圖 3.1 VEGA 模擬系統中雲、霧的大氣模式	3-5
圖 3.2 單船模擬系統	3-7
圖 3.3 LADBM 的 AOI 處理程序	3-10
圖 3.4 港口模型與 VEGA 與海洋模組特效製結合	3-11
圖 3.5 高雄港區建物實景與建模(一)	3-12
圖 3.6 高雄港區建物模型與建模(二)	3-12
圖 3.7 高雄港現場建物實景	3-13
圖 3.8 高雄港建物建模	3-13
圖 3.9 高雄港燈塔實景	3-14
圖 3.10 高雄港燈塔建模	3-14
圖 3.11 高雄港港場景建模	3-15
圖 3.12 高雄港港灣圖臺建模	3-15
圖 3.13 高雄港港區實景與建模	3-16
圖 3.14 臺中港港灣圖臺建模(1)	3-16
圖 3.15 臺中港港灣圖臺建模(2)	3-17
圖 3.16 臺中港港區虛擬導覽	3-17
圖 4.1 船舶避碰行動時機的優化模型	4-9

圖 4.2 船舶自動避碰決策系統架構圖	4-9
圖 5.1 網路單元體 Vega 物件與 Vega 遊戲者之間的關係圖	5-2
圖 5.2 VEGA 系統中 DIS/HLA 架構	5-3
圖 5.3 Vega 系統 DIS 控制面板	5-4
圖 5.4 Vega 系統 HLA 控制面板	5-5
圖 5.5 DIS-HLA 控制面板選擇網路狀態中的傳送資料選項	5-5
圖 5.6 DIS-HLA 控制面板選擇網路狀態中的接收資料選項	5-6
圖 5.7 DIS-HLA 內連單元體映對設定畫面	5-10
圖 5.8 DIS 過濾器設定畫面	5-11
圖 5.9 HLA 過濾器設定畫面	5-12
圖 5.10 DIS 坐標系統設定畫面	5-14
圖 5.11 Vega DIS/HLA 基本程式架構	5-16
圖 5.12 在第一台電腦上顯示雙船模擬的情形	5-18
圖 5.13 在第二台電腦上顯示雙船模擬的情形	5-18
圖 6.1 多層次精細度模型的四元樹	6-7
圖 6.2 階層式的多層次精細度模型	6-8
圖 6.3 DEM 網格的分別方式	6-12
圖 6.4 ROAM 基本三角形結構(Level 0-5 三角二元樹)	6-14
圖 6.5 ROAM 檢查索引值步驟	6-15
圖 6.6 在一個鑽石結構上進行分割	6-16
圖 6.7 基本鑽石型三角二元樹結構分割	6-16
圖 6.8 三角二元樹結構之分割與合併操作	6-17
圖 6.9 強制分割操作	6-18
圖 6.10 網格上的裂縫	6-18
圖 6.11 Roam 之地形範例一	6-20
圖 6.12 Roam 之地形範例二	6-20
圖 6.13 Roam 地形之三角網，暗色調部份為視點外	6-20
圖 6.14 Roam 地形之三角網及貼凸顯示	6-21
圖 6.15 臺灣海岸線切割示意圖	6-22

圖 6.16 臺中港的拼貼過程	6-25
圖 6.17 三維地形瀏覽	6-25
圖 7.1 系統硬體架構圖	7-1
圖 7.2 臺中港三度空間港灣導覽系統示意圖	7-5
圖 7.3 筆記型電腦系統	7-9
圖 7.4 GPS 操作界面	7-9
圖 7.5 船隻定位系統管理中心	7-11
圖 7.6 船載終端	7-11
圖 7.7 花蓮港圖像展示例一	7-13
圖 7.8 圖像展示例二	7-13
圖 7.9 全民健保卡外觀與相關資訊	7-14
圖 7.10 出海人員基本資料獲取系統示意圖	7-16
圖 7.11 MultiGen Creator 的 OpenFlight 階層式模型格式	7-17
圖 7.12 完成貼圖後之碼頭貨櫃示意圖	7-19
圖 7.13 完成後之花蓮港碼頭模型	7-19
圖 7.14 港灣燈塔模型製作過程	7-20
圖 7.15 吊臂模型	7-20
圖 7.16 雷達模擬子模組所模擬的場景	7-25
圖 8.1 完成整合之「虛擬港灣模擬系統」、「多船模擬控制系統」 與「虛擬環境控制台」在不同電腦上模擬情形	8-1
圖 8.2 以 TCP 通信協定設計之「虛擬港灣模擬系統」架構圖	8-6
圖 8.3 以 UDP 定設計之「虛擬港灣模擬系統」架構圖	8-7
圖 8.4 臺中港虛擬港灣模擬系統與國外學術研究單位公佈之船舶 動力模式 C++程式碼進行整合測試情形	8-8
圖 8.5 臺中港「虛擬港灣模擬系統」模擬系統	8-9
圖 8.6 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣 模擬系統」模擬系統整合(白天/黃昏)	8-9
圖 8.7 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣 模擬系統」模擬系統整合(白天/夜晚)	8-10

圖 8.8 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣 模擬系統」模擬系統整合情形(霧的效應)	8-10
圖 8.9 自然環境控制台加入快速設定 6 級海象功能	8-11
圖 8.10 以虛擬港灣系統與多船模擬架構整合系統為基礎，將系統 輸出之雙船即時模擬座標資料，提供「船舶自動避碰決 策支援系統」所需雙船基本資料	8-13
圖 8.11 「船舶自動避碰決策支援系統」系統架構圖	8-13
圖 8.12 地理位置(一)	8-17
圖 8.13 地理位置(二)	8-17
圖 8.14 花蓮港港務局大樓	8-18
圖 8.15 花蓮海巡警備單位	8-18
圖 8.16 雜項建物	8-18
圖 8.17 水泥碼頭設施(1)	8-18
圖 8.18 水泥碼頭設施(2)	8-19
圖 8.19 進港紅色燈塔	8-19
圖 8.20 消波塊	8-19
圖 8.21 倉庫	8-19
圖 8.22 花蓮港模型	8-20
圖 8.23 高雄港模型精進(一)	8-21
圖 8.24 高雄港模型精進(二)	8-21
圖 8.25 花蓮港瀏覽	8-22
圖 8.26 基隆港瀏覽	8-22
圖 8.27 全民健保卡身分證號與姓名欄位資訊提取作業流程	8-24
圖 8.28 全民健保卡掃描影像的灰度值直方圖	8-25
圖 8.29 英文與數字提取、正規化與緊縮重排過程	8-26

表目錄

表 2.1 模型資料庫分類表	2-14
表 8.1 開啟 DIS/HLA 模組後所需設定的參數	8-2
表 8.2 雙船模擬參數設定	8-3

第一章 前 言

臺灣位於西太平洋海岸濱亞洲大陸棚交界，南通南中國海，北接琉球群島，不但在海洋環境上地處重要地位，在地理位置上也位於花彩列島中心，居亞太航運樞紐，因此，港務機構對港灣自然環境資訊的掌握充分與否，直接影響港灣航運的經營。多年來交通部運輸研究所港灣研究技術研究中心已經投注大量經費在港灣海洋環境的量測與研究，這些成果也已建構及整合於環境資料庫中，但仍缺乏直接應用在港灣航運管理的視覺化工具。

全球定位系統(GPS)、遙感探測(RS)及地理資訊系統(GIS)等 3S 技術的整合帶動了空間資訊科學的新發展趨勢，3S 所探測的資料雖然都是真實世界的資訊，然而，3S 的表現方式多為平面，且其功能多半侷限在決策分析輔助方面，隨著電腦科技的日新月異，3S 科技已經逐漸與電腦模擬技術整合，發展成為「虛擬地理資訊系統」。以往受限於電腦功能與 3S 技術發展限制，電腦模擬應用系統所依賴的虛擬實境技術，一直無法提供接近真實世界的場景，現在，借重 3S 的技術與其所展現的真實世界資訊，例如遙感探測所探測的真實世界縮影，GPS 可決定觀光船動態位置，GIS 技術可將遙感探測、地圖與觀光船動態資料結合...等，可使虛擬實境所模擬的場景更接近真實世界且更具內涵。

本研究之目的即在運用 3S 技術，整合港灣海洋環境與海岸地理資訊，並運用電腦繪圖與虛擬實境(Virtual Reality)技術，以視覺化的方法展現及分析進出港船舶航行以及港灣的自然環境資訊(如港灣地形、海底地形、潮汐、波浪、潮流、風、霧...等) 對船舶航行影響，以提供有效且科學化的港灣環境及導航資訊。

「視覺化港灣環境資訊系統」開發的基礎工作，必須在電腦系統中建立一個與真實世界十分接近的虛擬港灣電腦模型，這個模型的建構基

礎在於濱海港灣地區的高解析度影像資料與數值地形高程模型之整合；除了傳統航空攝影所獲得的彩色影像外，高精度商用高解析度衛星影像可即時提供海岸地區虛擬港灣電腦模型的基礎材質。另外，港灣環境中包括船體、目標船、港口人工建築物（房屋、倉庫、碼頭等）、港口裝卸機械、導航設施（燈塔、浮筒等）等則可透過三維建模技術予以完成，同時配合紋理貼圖工作、細節層次模型(Level of Detail, LOD)之建立及三維模型之瀏覽等即可完成視覺化之港灣環境模型。

1.1 整體計畫回顧

本計畫共分三年執行，第一、二年主要工作已經完成臺東富岡、綠島漁港與高雄、臺中港三度空間視覺化導航系統雛形，第三年度則延續現有系統發展，進行性能提昇與擴充。本(第三)年度工作主要在運用虛擬實境與即時模擬技術精進與擴充第一、二年度之成果。所使用之作業系統為個人型電腦(Windows NT) 軟體工具則採用目前被公認為最專業之建模工具 MultiGen 及虛擬實境系統 VEGA。

本計畫第一、二年度完成之工作項目分述如下：

1.第一年度 (91 年度)

- (1) 整合富岡漁港與綠島之間之水深、潮汐、導航與海流資料等各種海洋環境資料庫。其中水深資料來源包括海軍海洋測量局出版包括富岡與綠島之五萬分一與富岡漁港海圖內之水深資料、國科會海科中心資料庫內之水深資料；潮汐資料以海軍海洋測量局出版之潮汐表與中央氣象局海象測報中心網路發行之富岡漁港潮汐預報資料為主；導航資料以本案所使用海圖刊行之航行安全資料為主，包括助礙航標、暗礁、磁羅經、潮信等；海流資料以國科會海科中心資料為主。
- (2) 以地理資訊系統整合前項資料，並與高解析度衛星海岸與港灣影

像，製作一套可顯示衛星影像與海洋環境資訊之平面圖台，以便於使用者查詢相關資訊與整合 GPS 資料。平面圖台的製作以精確的數值海圖與海洋環境資料庫為背景圖資，並且能顯示動態符號。

使用 GIS 開發元件的優點是可以直接使 GIS 的功能，在一張地圖上顯示多個圖層，並提供放大、縮小、平移、屬性查詢與不同比例尺顯示不同精度圖層等多項 GIS 基本功能，除了向量圖檔之外，也可以整合如衛星影像的影像圖層，更可增加平面圖台的閱讀性。

- (3) 建立船舶所使用之全球衛星定位系統接收介面，並將船舶定位資料與平面圖台海洋環境資訊系統結合。一般 GIS 開發元件都支援動態符號之顯示，程式開發者不需自行處理符號移動位置後留下的符號殘影等細節問題。「視覺化港灣導航資訊系統」中的動態符號的位置獲得是直接接收 GPS 位置顯示在數值圖上。
- (4) 建立三度空間的視覺化資訊系統，包括建立港灣模型及屬性資料。對「視覺化港灣導航資訊系統」而言，當艦船靠近陸地時，其時機多半為進出港，因此必須製作「港灣模型」。「港灣模型」必須架構在前面所建立的數值地形模型上，以 VRMap 2.0 軟體為例，可以運用港灣碼頭的平面圖，直接在其所產生的數值地形模型上直接「開挖」碼頭，並在碼頭上運用房屋、建築物的平面圖，自動產生房屋的方塊後，再到現場拍攝房屋的外貌，以貼圖的方式，貼在每棟房屋建物的外表以求真實感。
- (5) 將上述各項成果整合成一套完整之平面及三度空間船舶位置接收與顯示之港灣導航系統。在環境背景資訊功能方面，可以透過網路系統監控海洋或氣候數值模式結果，並經由平面圖台將環境動態參數輸入到視效系統中，例如可以將潮汐潮流預報模式產生之潮高或潮流以及天氣預報模式的風場資料，輸入視效系統

中，即可模擬真實的海洋環境狀況，並且呈現在視效系統中。

2.第二年度 (92 年度)

(1) 提昇系統效能

完成高雄港港灣模型細部修正工作，以一公尺高解析度衛星影像與數值地形高程資料建立高雄港港灣模型圖台，提昇高雄港港灣模型逼真程度。運用大型模型資料庫管理技術，降低模擬系統初始化之時間，提高系統模擬整體效能。並運用相同技術建立臺中港港灣模型。

(2) 建立自然環境模式主控台

第一年度的「高雄港視覺化港灣導航資訊系統」系統內，已包含雲、霧、晨昏日夜及波浪等基本模式。本年度將擴充現有系統，增加自然環境模式主控台，可依據各種假想的天候條件，即時設定各種自然環境條件，並將天候狀況錄製下來，以便於回播時保持相同的天候狀況。

在潮汐與波浪模擬部分，將預留與電子潮汐表及港灣波浪模式整合介面，以便於未來擴充系統功能使用。在天候狀況部分，則增加與天氣預報系統整合之介面，以便於未來與真實天氣狀況結合使用。

(3) 設計模擬系統人機介面

本年度將採用真實的船舶操控組件(包括舵輪與速度操控桿)設計人機介面，使用者在操作系統時，不必以滑鼠或搖桿來操控船舶運動。在顯示系統方面，以融入式全景投影機顯示模擬系統場景與操船情形，可提供操船模擬者身歷其境的感受。

(4) 航路規劃與記錄分析

以現有電子海圖系統為基礎，增加航路規劃功能，讓操船模擬系統使用者，可在進行模擬之前，於電子海圖系統上規劃預定航路。使用者可以依據電子海圖上之規劃航線進行操船模擬，並設計船舶操控船位記錄功能，以便於模擬結束後，依據記錄之船位與規劃之航線進行操船效能評估。

(5) 建構網路基礎之多船模擬模式

本年度亦將擴充原有系統功能，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。設立操船模擬教官台，同時透過網路，對所有參與模擬之操船模擬系統下達天候與日夜晨昏狀況，或設定自動航行的船隻，以測評參與操船模擬學員對處理避碰情形。並精進電子海圖顯示系統功能，使能同時顯示與記錄多船操作情形。

具體而言，本計畫第一、二年工作主要以 VEGA 即時模擬系統完成臺東富岡、綠島漁港、高雄港及臺中港三度空間視覺化導航系統雛形，工作成果包括：

1.以 3S 技術整合衛星影像資料

運用遙感探測技術對高雄港港灣地區 Ikonos 與 QuickBird 高解析度衛星影像進行影像融合 (Fusion)、正射糾正、影像切割等處理步驟。

所謂影像融合是指將高解析度多光譜(Multi-Spectrum)衛星影像之影像色彩資訊，運用影像融合技術將其與高解析度全色片(PAN)影像空間幾何資訊結合，產生與PAN影像相同空間解析度之全彩影像，以提供製作高解析度衛星影像之港灣模型基礎圖台。

完成影像融合程序之高解析度彩色衛星影像，運用前項步驟求解之

衛星軌道參數與數值地形高程資料，對衛星影像所有像元(Pixel)進行逐點正射糾正，以完成具備地理坐標系統(Geo-Coded)之高解析度衛星影像。

最後，依據「視覺化港灣環境資訊系統」所需港灣範圍，運用大型模型資料庫管理(LADBM：Large Area Database Management)技術，以地形崎嶇變化程度，將整個港灣模型切割成適當的模型單元，並依據模型單元涵蓋範圍切割衛星影像。

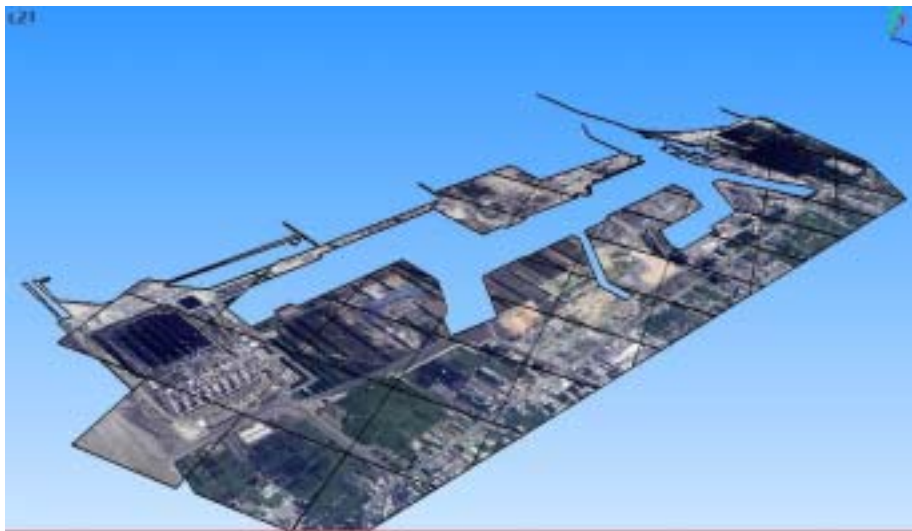


圖1.1 臺中港港灣圖台建模(一)

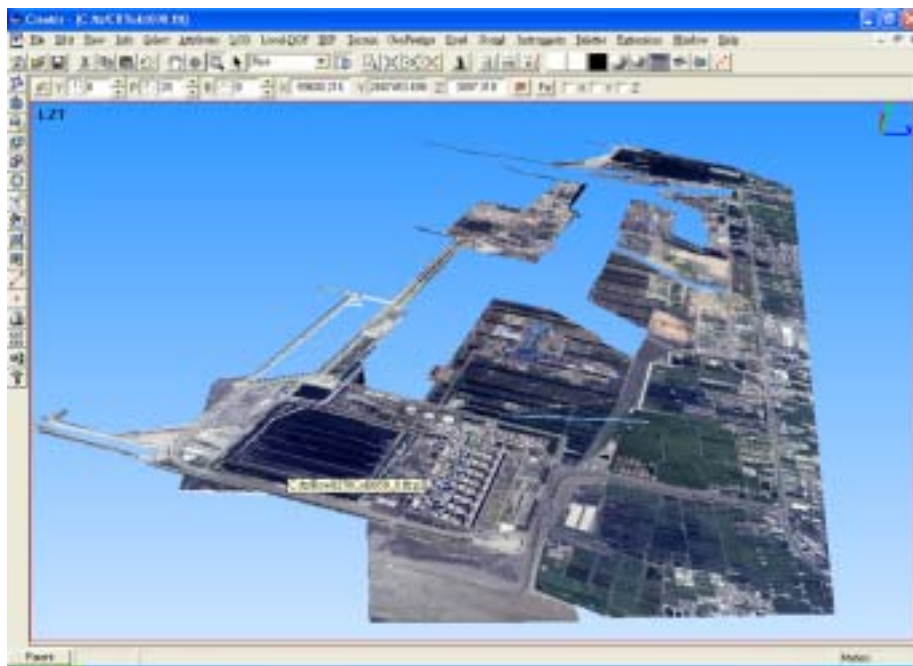


圖 1.2 臺中港港灣圖台建模(二)

2.港區視覺化港灣導航資訊系統

第一年度完成包括富岡、綠島漁港與高雄港灣模型，分別以彩色航攝影像(富岡、綠島)及以高解析度之IKONOS彩色衛星影像(高雄、臺中港)配合數值地形高程資料(DEM)製作基礎圖台。此外，並在基礎圖台上建立碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。

第二年度完成高雄港港灣模型細部修正工作，以一公尺高解析度衛星影像與數值地形高程資料建立高雄港港灣模型圖台，提昇高雄港港灣模型逼真程度，利用地理資訊系統內圖資，重新整理高雄港附近之壽山、世貿大樓、雙子星大樓等重要明顯地標之位置。並運用大型模型資料庫管理技術，降低模擬系統初始化之時間，提高系統模擬整體效能。並運用相同技術建立臺中港港灣模型。



圖1.3 臺中港港區虛擬導覽

第二年度已初步開發自然環境模式主控台，可動態改變模擬系統內之自然環境特效已包含雲、霧、晨昏日夜及波浪等基本模式的設定參數介面。例如本系統的自然環境參數雲層採用採用晴朗清晰的天氣（可見範圍50000公尺），雲層採用絞鏈狀雲層模式(Hinged Cloud)，海洋特效採用固定波向（方位角45度）與二級海象（波浪週期6.5秒，波高8.5英尺）。

傳統的虛擬實境技術在視覺沉浸度的設計技術上，多半採用頭盔或立體眼鏡，這兩種方式都與真實世界脫節，且容易造成使用者頭暈不適的情形。目前，可採用一種全景投影，將模擬系統場景第二年度已將模擬系統場景影像投影在一個大型半圓形碗狀的投影螢幕上，操船模擬者不需藉助頭盔即可具有身歷其境的感覺。（圖1.4）

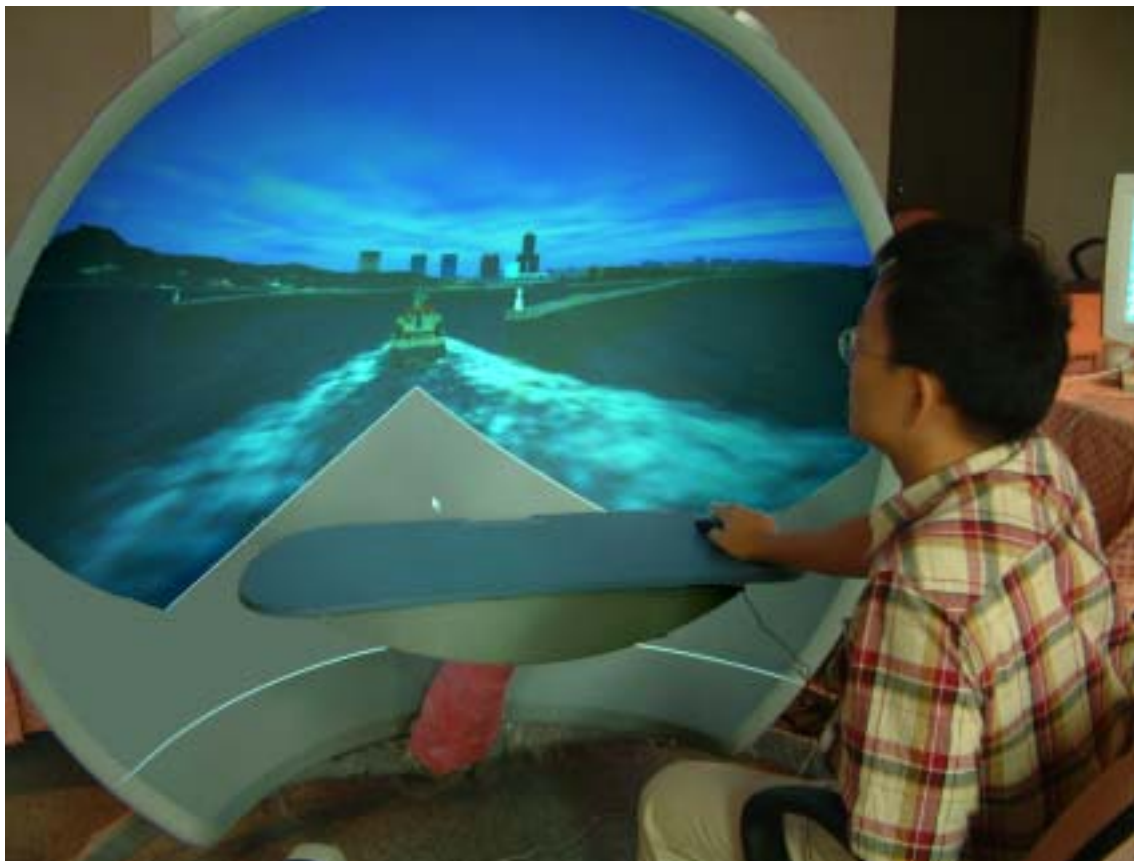


圖 1.4 高雄港模擬系統在融入式全景投影設備顯示情形。

3. 衛星影像電子海圖與航路規劃與記錄分析

運用地理資訊系統元件，設計衛星影像電子海圖，可同步顯示三度空間模擬系統船位所在位置。系統包含Quick Bird全彩高解析度衛星影像底圖(平面解析度0.7公尺)與高雄港港內水深、海岸線、碼頭等向量圖資訊。

以現有電子海圖系統為基礎，增加航路規劃功能，讓操船模擬系統使用者，可在進行模擬之前，於電子海圖系統上規劃預定航路。使用者可以依據電子海圖上之規劃航線進行操船模擬，並設計船舶操控船位記錄功能，以便於模擬結束後，依據記錄之船位與規劃之航線進行操船效能評估。

4. 建構網路基礎之多船模擬模式

第二年度亦已擴充原有港灣資訊系統功能，採用VEGA即時模擬系統DIS/HLA分散式模擬通信架構，初步完成透過網路系統進行雙船的操船模擬相關研究與系統設計。

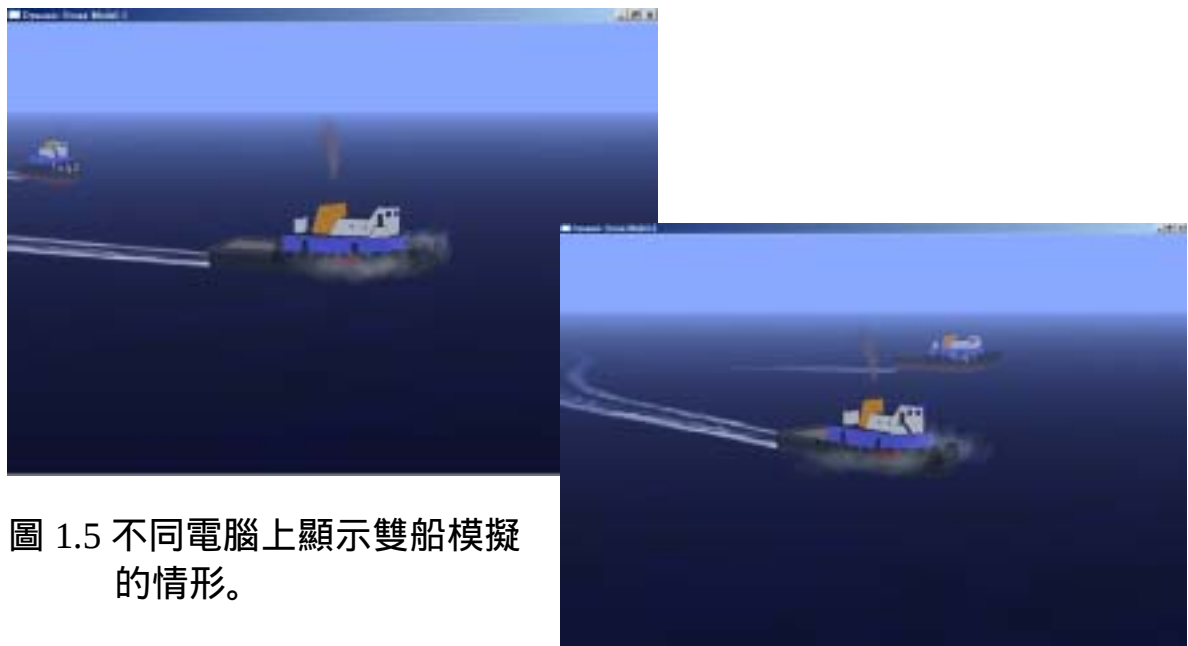


圖 1.5 不同電腦上顯示雙船模擬的情形。

5.船舶 GPS 定位管理系統基礎研究

第二年度依據第一年度建立之衛星影像電子海圖，研究開發設計GPS定位系統與船舶GPS定位管理系統。船隻定位系統管理中心可通過GSM通信網與移動中的船隻進行通話、簡訊傳輸和資料傳輸，完成船隻定位、航管、監控、報警等功能，並能夠在電子海圖上顯示船隻的位置。

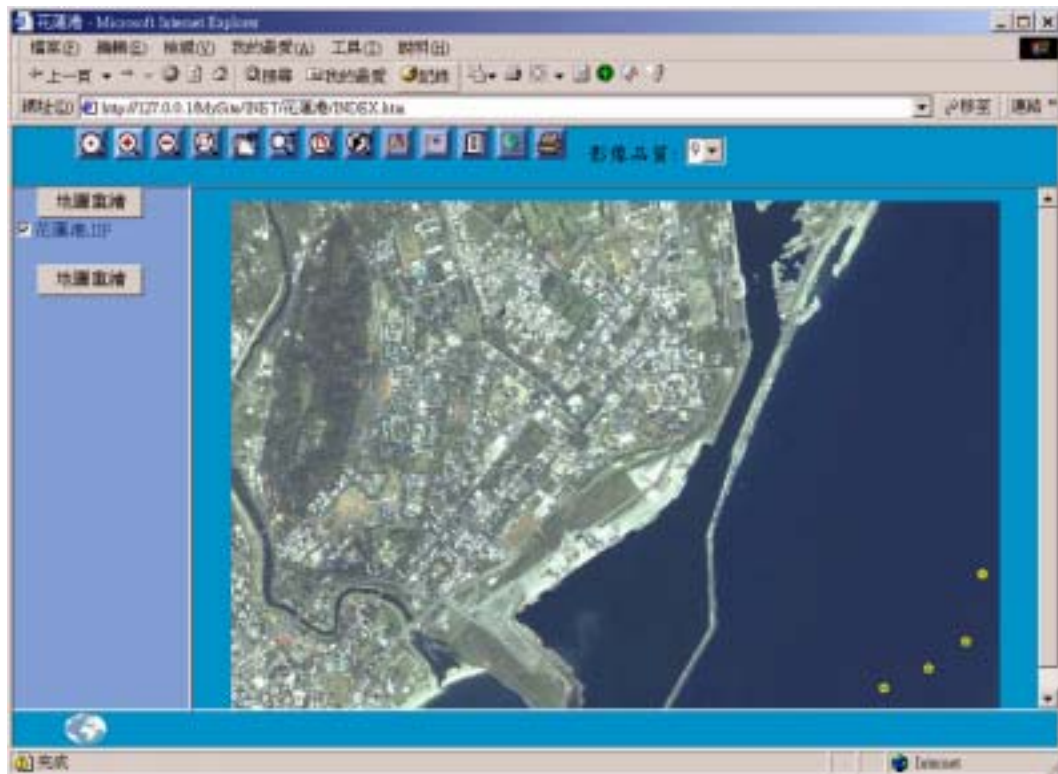


圖1.6 船舶GPS定位管理系統伺服器電腦顯示情形

1.2 本年度研究對象與範圍

1.2.1 工作範圍

本年度將延續第一、二年之研究成果，依據製作高雄港與臺中港之經驗，建置基隆、花蓮港港灣模型，並結合多船操作與船舶GPS定位管理系統，完成臺中港港區船舶航行避碰與管理系統設計。並結合語音及描述性屬性資料，建構三度空間港灣導覽系統。圖1.7為臺中港影像。



圖1.7臺中港影像

基隆、花蓮港之圖像如圖1.8所示。

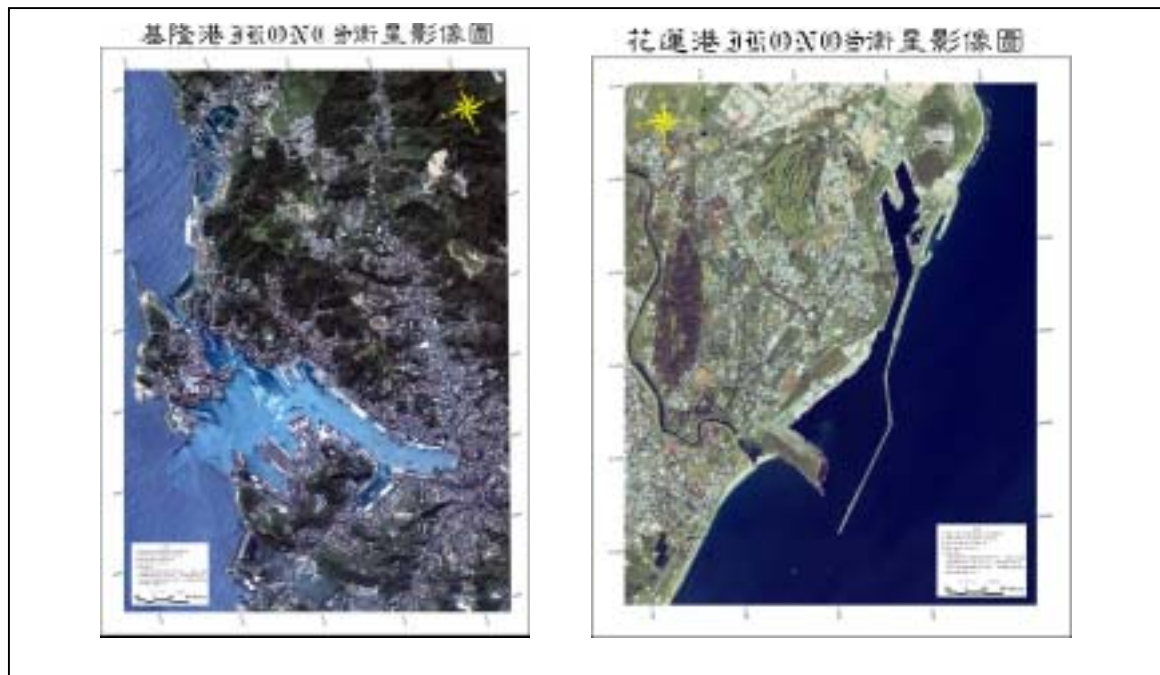


圖1.8 基隆港與花蓮港之圖像

第二章 虛擬實境 (即時模擬)關鍵技術

虛擬實境(Virtual Reality , VR)是人類與計算機和極其複雜的數據進行交互的一種方法。有些人不贊成使用虛擬現實這個詞，認為它有點自相矛盾。曾經用過或是仍在使用的一些與 VR 表述相同範疇的術語有虛擬環境(Virtual Environments), 同步環境(Synthetic Environments) 人造空間(Cyber Space), 人工現實(Artificial Reality) 模擬器技術(Simulator Technology)等。它們表達的均是同一概念，不過虛擬實境目前用的更普遍。理想的 VR 系統應具有如下的幾個特點:

- 1.多媒體資訊感知性：VR 系統具有感知視、聽、觸、嗅、味等多種資訊的能力;
- 2.沉浸感(Immersive)：用戶將感覺不到身體所處的外部環境而“融合”到虛擬世界中去;
- 3.交互性(Interactive)：用戶可通過三維交互設備直接控制虛擬世界中的對象;
- 4.自主性(Autonomy)：VR 世界中的物體可按各自的模型和規則自主運動。

雖然在理論上 VR 系統應具有上述的特徵，但由於實現時會因各種條件的限制而有所差異。根據交互介面的不同，可將 VR 系統分為幾種不同的類型：

- (1) 世界之窗(Windows World System(WbW))：這種系統使用普通的計算機監視器來顯示虛擬世界，用戶通過鍵盤、滑鼠來控制在虛擬世界中的運動，如同通過窗戶觀察世界一樣。這個概念來自於 Ivan Sutherland 於 1965 年的文章“ The Ultimate Display”這也是目前應用最多、實現最方便、最經濟的一類 VR 系統。
- (2) 視頻映射(Video Mapping): 這是 WbW 系統的一個變種，它使用視頻輸入設備將用戶的身影與虛擬世界的圖像合成在一起，用戶通過監視器來觀察自身與世界的交互。
- (3) 沉浸式系統(Immersive Systems) 這種系統完全將用戶的視角及感

覺包容在虛擬世界內部，用戶所看到、聽到、碰到乃至聞到和嘗到的都是虛擬世界中的物體。這是最理想的 VR 系統。這種系統的一種實現方案是使用頭盔顯示器提供視場和音效，另外一種方法就是用多個投影顯示建造一個“洞穴(Cave)”或房間，觀察者站在其中。

- (4) 遙控系統(Telepresence)這種系統不同於完全由計算機生成虛擬世界的系統，它是真實世界的反映。這種技術是把真實世界中的遠程傳感器與操作者的感覺聯繫起來。比如用在異地帶有攝影機的機器人處理危險情況、醫生用內視鏡做手術等。
- (5) 混合系統(Mixed Reality)：是遙控系統和 VR 系統的整合。這種技術將計算機產生的圖像與真實世界的圖像合成在一起。比如醫生在做腦外科手術時看到的可能是預先用 CT 掃描獲得的圖像與即時超音波掃描圖像的疊合圖像；或者戰鬥機駕駛員看到的是地圖(Map)與資料(Data)的合成圖像等。

從技術上來看，VR 是現代科技的集大成者，它涉及到諸多技術領域如圖形圖像處理、即時分佈系統、資料庫、立體環繞音響、跟蹤定位裝置等等。在硬體上，實現較理想的 VR 系統需要有頭盔顯示器、數據手套/數據服、高性能計算機等。在軟體上，VR 軟件的基本組成包括輸入處理、仿真引擎、聲音處理、虛擬世界的渲染、觸覺與力回饋的處理、其他知覺的處理、世界資料庫等。對於一個系統，軟體是靈魂。而對於 VR 系統的軟體，其核心是仿真引擎。VR 系統依賴於模擬(仿真)引擎來推動虛擬世界時間的流逝，處理交互事件、對象的行為，模擬自然規律並決定虛擬世界的狀態。總而言之，模擬引擎是整個 VR 系統的控制核心，沒有模擬引擎的驅動，這個系統就不可能表現出類似或等同於真實世界的特徵。所以從本質上來說，VR 系統也是一種模擬(仿真)系統。

VR 系統是現代科技綜合體，但模擬領域關心的不是圖形 / 圖像處理、定位跟蹤設備等，而是模擬建模方法論，建構過程的顯示，建構結果的分析與展現等。因此其他領域的研究成果拿來應用即可。因此，在

模擬領域值得進一步研究的與虛擬實境有關的問題有：

- (1) 虛擬實境模擬系統的建模方法，
- (2) 具有可操作性的虛擬實境模擬系統的實現工具。

近年來，即時模擬(Real Time Simulation)系統發展技術，隨著個人電腦硬體發展日新月異而有全新的面貌，其發展與本研究相關的關鍵技術包括場景三維建模技術、VEGA 系統、HLA 分散式虛擬場景環境等項目作一扼要的說明。

2.1 場景三維建模技術

為了給使用者建立一個能使他感受到身歷其境和沉浸其中的環境，必要的條件之一就是根據需要能在虛擬系統中逼真地顯示出可觀世界中的一切物件。例如，能顯示出山川河谷、魚蟲鳥獸、花草樹木、五官軀體、車船路橋、廣廈樓宇等物件的三維圖像。不只是要求所顯示的物件在外形上與真實物件酷似，而且要求它們在形態、光照、質感等方面都十分逼真。

虛擬環境的建模是整個場景模擬(仿真)系統建立的基礎，主要包括三維視覺建模和三維聽覺建模。其中，視覺建模主要包括幾何建模(Geometric Modeling) 動態建模(Kinematical Modeling) 物理建模(Physical Modeling) 物件行為建模(Object Behavior Modeling) 及模型分割(Model Segmentation) 等。聽覺建模通常只是把交互的聲音回應增加到使用者和物件的活動中。場景仿真環境建模與傳統CAD和動畫建模有著本質上的不同(儘管我們可以利用某些CAD的工具，例如AutoCAD軟體)。其主要差別有：

- 場景仿真建模中要說明的內容比CAD系統建模要多，除說明造型外還要說明許多系統連接，如自由度(DOF, Degree of Freedom)
- 由於要即時運行三維模型，其建模方法與以造型為主的建模有很大的不同，大多用其他技術(如紋理)而不是增加幾何造型複雜度

來提高逼真度。

1.幾何建模(Geometric Modeling)

物件的幾何模型是用來描述物件內部固有的幾何性質的抽象模型，所表示的內容包括：

- 物件中基本的輪廓和形狀，以及反映基本表面特點的屬性，如顏色。
- 基元間的連接性，即基元結構或物件的拓撲特性。連接性的描述可以用矩陣、樹、網路等。
- 應用中要求的數值和說明資訊。這些資訊不一定是與幾何形狀有關的，例如基元的名稱，基元的物理特性等等。

物件中基元的輪廓和形狀可以用點、直線、多邊形圖形、曲線或曲面方程式，甚至圖像等等方法表示，到底用什麼方法表示取決於對儲存和計算平衡的綜合考慮：抽象的表示利於儲存，但使用時需要重新計算；具體的表示可以節省生成的計算時間，但儲存和訪問儲存所需用的時間和空間開銷比較大。

幾何模型一般可以表示成分層結構，因而我們有可能使用由頂向底的方法將一個幾何物件分解，也可以使用由底向頂的構造方法重構一個幾何物件。

(1) 物件形狀

物件形狀能通過 PHIGS、Standard 或 GL、XGL 等圖形庫從頭創建，但一般都要利用一定的建模工具。最簡便的方法就是使用傳統的 CAD 軟體，如 AutoCAD 或 3DS 交互地建立物件模型。當然，得到高品質的三維視覺化資料庫的最好方法，是通過使用專門的場景建模工具，如 MultiGen、Vega 或 VRT3。

(2) 物件外表

虛擬物件外表的真實感主要取決於它的表面反射和紋理。以前，提高一個物件真實感的主要辦法是增加物體的多邊形細節。在需要即時模擬時，增加多邊形會使圖形處理速度變得緩慢。現代圖形硬體平台具有即時紋理處理能力，例如 SGI Onyx2 工作站允許三維的圖像資料覆蓋到多邊形上。這意味著在維持圖形速度的同時，可利用少量的多邊形和紋理增強真實感。紋理中的最小元素被稱為紋理元素(Texel)。每個紋理元素由紅、綠、藍、亮度和紋理透明度(Alpha)組成。

紋理給場景仿真帶來了許多好處。首先，它增加了細節水平以及景物的真實感。其次，由於透視變換，紋理提供了更好的三維線索。最後，紋理大大減少了場景多邊形的數目，因而提高了重顯示(Refresh)率。

紋理能用下面兩種方法產生：一個是用圖像繪製軟體交互地創建編輯和儲存紋理點陣圖。例如常用的 Photoshop 軟體；另一個是用照片拍下所需的紋理，然後掃描得到。目前，已有商品化的紋理資料庫出售。很多高級的圖形平臺，通過提供複雜的即時紋理硬體來提高真實感。

2.動態建模(Kinematic al Modeling)

僅僅建立靜態的三維幾何體對場景仿真來講還是不夠的。在虛擬環境中，物體的特性涉及到位置改變、碰撞、捕獲、縮放、表面變形等等。

(1) 物體位置

物體位置包括物體的移動、旋轉和縮放。在場景仿真中，我們不僅對絕對坐標感興趣，也對三維物件相對坐標感興趣。對每個物件都給予一個坐標系統，稱之為物件坐標系統。這個坐標系統的位置隨物體的移動而改變。

(2) 碰撞檢測

在場景仿真系統中，我們經常需要檢查物件 A 是否與物件 B 碰撞，例如使用者的手是否已觸到了虛擬的球。碰撞檢測需要計算兩個物體的相對位置。如果要對兩個物件上的每一個點都做碰撞計算，就要花許多時間。因而，許多場景仿真系統在即時計算中，有時採用矩形邊界檢測以節省時間，但往往把精確性給犧牲了。事實上，這種方法類似光線跟蹤技術中的包圍盒技術。

3.物理建模(Physical Modeling)

虛擬物件物理建模包括定義物件的質量、重量、慣性、表面紋理、光滑或粗糙、硬度、形狀改變模式（橡皮帶或塑膠）等等，這些特性與幾何建模和行為規則結合起來，形成更真實的虛擬物理模型。

電腦物理仿真傳統上作為數量分析和預測的工具，具有一定的作用。建立仿真系統需要物理學與電腦圖形學配合。

帶有高速3D圖形功能的高性能電腦的出現為重要的物理仿真提供了硬體基礎，並且可以在交互過程內看到結果。這個發展為人們找到了許多新奇的和令人激動的物理學方法，例如使用者在虛擬世界完成物理實驗，或者給帶有物理求解的抽象數學提供視覺化的圖形介面。

因為我們習慣瞭解真實世界的操作技巧，因此，使用物理仿真作為交互環境的感覺，是這些物體模型為真實物體的抽象。例如在自動控制系統中的數學模型就是對控制系統特性的抽象和概括。傳統的仿真建模階段與實際仿真執行是完全分離的，前者包括人工推導和系統運動方程式。增加仿真可以預先提供模型的操作能力，但是這個能力的限制之一是沒有動態建立新模型的能力以及修改已經存在的模型，例如在玩具世界的組合和虛擬機械的實驗中，增加新的區塊，產生和中斷聯繫，不同的區塊可方便地連接和分離等等。

動態建立虛擬物體物件的關鍵在於適當地動態約束處理，將簡

單的物件合併成複雜的物件，如可以用來表示一些拼圖和滑梯等物件，或者將一堆零件裝配成機器。動態約束也允許使用者定義所期望的物件的形式和行為。

在物理系統中增加或刪除約束將從結構上改變系統運動方程，約束的改變導致力的變化。交互環境必須反映這些變化，可以自動地求解新的運動方程，並且沒有明顯的滯後現象發生。

4.物件行為建模(Object Behavior Modeling)

除了物件運動和物理特性對使用者行為直接反應的數學建模外，我們還可以建立與使用者輸入無關的物件行為模型。

行為，簡單地說是指動態實體的活動、變化以及與周圍環境和其他動態實體之間的動態關係。它的目標是類比不同的動態物件(例如：植物、動物、飛機、船舶等)的行為。虛擬環境中實體的行為可劃分為『確定性的』和『非確定性的』兩種基本類型。描述某一實體的行為是『確定性的』是指：它的狀態是時間的一元函數；也就是說，我們可以確定實體在任意給定的仿真過程中的完整狀態。『非確定性的』是指：其行為是不可預見的，具有一定智慧的實體，如人、動物，其行為是不可預見的。行為模型定義了agent的內部行為和外部行為，及其活動的特徵。內部行為是指agent本身所特有的活動行為，外部行為是指該agent與周圍環境及其他agent有關的交互行為。

例如，在VRT系統中有一個虛擬的辦公室，牆上有一口鐘，窗口有溫度計，桌上有日曆本。時間和日期將隨電腦系統的時間而改變，溫度將隨外部溫度與電腦相連而顯示當時的實際溫度。每當使用者『走過』辦公室時，時鐘、日曆和溫度計數據都將改變。這使得虛擬物體具有一定程度的與使用者行為無關的『智慧』。

虛擬環境的幾何體和物理建模所得到的是一個非常複雜的模型，大量的多邊形使繪製速度大大減慢。如果現有RAM不能滿足繪製對大

量記憶體的需求，就會導致大量的記憶體交換，從而降低系統的交互速度。

這些問題在建築仿真中也出現了。因為要虛擬化整個大型建築的地板、辦公室、傢俱、走廊、樓梯等等，這樣一個模型可能有成千上萬的多邊形。同樣的問題也存在於虛擬外科手術的仿真上。我們知道，人的解剖結構是非常複雜的，我們不可能在滿足交互速率的條件下以足夠的細節去繪製出整個人體的真實感圖形。

任何應用都可能面對建模複雜度問題。在建立模型中，可採用幾個辦法，如單元分割、變化細節和解析度顯示、脫線預先計算以及記憶體管理技術等，來提高系統運行的即時性。

2.2 VEGA 系統簡介

Vega是MultiGen-Paradigm公司最主要的工業軟體環境，用於即時視覺類比、虛擬實境和普通視覺應用。Vega將先進的模擬功能和易用工具相結合，對於複雜的應用，能夠提供快速、方便的建立、編輯和驅動工具。它能顯著地提高工作效率，同時大幅度減少原始程式的開發時間。

MultiGen-Paradigm還提供和Vega緊密結合的特殊應用模組，這些模組使Vega很容易滿足特殊模擬要求，例如海洋、紅外線、雷達、高級照明系統、動畫人物、大型地形資料庫管理、CAD資料登錄、DIS等等。

Vega具有良好的視覺化編程環境，便於程式師和非程式師使用。它使用一種X/Motif基礎的點擊式圖形視窗環境Lynx，可以快速、容易、顯著地改變應用性能、視頻通道、多CPU分配、視點、觀察者、特殊效果、一天中不同的時間、系統配置、模型、資料庫及其他，而不用編寫原始程式。Lynx可以擴展成包括新的、使用者定義的面板和功能，快速地滿足使用者的特殊要求。事實上，Lynx是強有力的和通用的，能在極短時間內開發出完整的即時應用，用Lynx動態預覽功能，您可以立刻看到操作的變化效果。

Vega還包括完整的C語言應用程式介面，為軟體人員提供最大限度的軟體控制和靈活性。即時模擬應用軟體發展人員更喜歡Vega，因為Vega提供了穩定、相容、易用的介面，使他們的開發、支持和維護工作更快和效率更高。Vega可以有效地減少在圖形程式設計上花費的時間。

Vega便於系統整合者處理重要的開發規劃，在預算內完成預定的功能效果。因為Vega的應用是內部清楚、緊密、高效的，所以它的可維護性和支援程度將會更好。LynX介面支持使用者對系統重新配置，即時地為開發系統提供更經濟的解決方案。

Vega支援多種模型資料庫輸入，允許多種資料格式綜合顯示，顯而易見，Vega還提供高效的CAD資料轉換。現在開發人員、工程師、設計師和規劃者可以用最新的即時模擬技術將他們的設計綜合起來。

Vega及其相關模組支援UNIX和NT平台。用Vega寫的應用程式可以相容跨平臺使用。在NT平臺上運行的Vega，包括AudioWorks 2是基於Microsoft的DirectSound之上的，支援OpenGL 3DStudio和VRML2.0資料庫格式。

NT上的Vega支援以下模組：特殊效果、音響環境生成、分佈交互仿真、大地景物資料庫管理、人體動作模擬、海浪模擬、面板儀錶座艙模擬、紅外感測器模擬、移動光源模擬等等。

Vega最大的優點是：它為非程式師實現一個場景仿真系統提供了捷徑，同時，它支援NT平臺，使高檔個人型電腦的使用者可以擁有自己所感興趣的場景仿真系統成為可能。但是，根據我們的經驗，對於專業的開發場景仿真系統的程式師而言，使用Vega，反而覺得很多基本的功能難以實現，相比IRIS Performer，缺少系統支援的強大的圖形庫。

2.3 HLA 分散式虛擬場景環境

分散交互仿真(Distributed Interactive SimulationDIS)是採用協調一

致的結構、標準、協定和資料庫、即時圖形圖像處理技術、仿真技術、系統工程技術的綜合與應用，透過區域網(LAN)和廣域網(WAN)之電腦網路技術將分散在不同地理位置的模擬器(Simulators)以及其他設備連成一個整體，可以形成一個在時間和空間上互相耦合的虛擬場景合成環境。分散交互仿真在工業、金融、商業、娛樂、軍事等領域均可得到廣泛應用。本計畫中提出利用分散交互仿真技術和場景仿真技術構造一個分散式虛擬場景環境的解決方案。

1. 分散交互仿真技術

受社會需求因素的推動和相關技術的牽引，電腦仿真技術有了很大的發展，仿真應用的方式也有了很大的變化，其中一個重要的特點是從集中式仿真發展到了分散交互仿真。分散交互仿真試圖使地理位置分佈的同構或異構(在功能或結構上)模擬器在一個時間和空間相一致的環境中實現互操作，以完成特定的仿真任務。分散交互仿真技術在電腦網路技術的基礎上融台了分散物件技術、分散構件技術、CORBA、中間物件技術、高層體系機構HLA等軟體新技術，從而能夠滿足複雜系統的仿真要求，因此廣泛地應用於軍事訓練、科學研究、工業培訓、協作工程設計及驗證、網上多人視頻遊戲等各個領域。

分佈交互仿真技術的發展經歷了仿真器網路(SIMNET)，分散交互仿真 (Dis trib uted Interac tive Simu latio n)協定，ALSP(Aggregate Level Simulation Protoc ol)協議等三個階段，目前已進入高階結構HLA(High Level Arc hitec ture)研究階段。

1983年，美國國防部高級技術研究計畫局(ARPA)和美國陸軍於80年代初開始進行SIMNET計畫。這項計畫的目的是要將分佈在不同地點的模擬器 用電腦網路聯結起來。80年代末SIMNET計畫結束時，它已發展成為一個大約含250個地面車輛模擬器和飛機飛行模擬器、通訊網絡、指揮所和資料處理設備等的互聯網路。它形成了世

界上第一個分散式虛擬場景環境。SIMNET計畫，使人們看到了發展模擬器聯網運行的光明前景，在SIMNET基礎上發展了異構性網路互聯的分布式交互仿真技術，其中的許多原則成為DIS的基礎。於1993年產生了IEEE1278-2.X系列的DIS標準。在IEEE1278-1993標準中對分散交互仿真作了以下的描述：

『DIS是對世界環境的一種合成表示，這種表示是時空耦合的，而世界環境的設計目的是為了在可操作的訓練中實現自主實體的交互。這個合成環境透過即時的資料單元交換而建立，這些資料單元在分散的自主仿真應用之間通過標準電腦通信服務進行傳送。這些自主仿真應用可能位於同一地點，也可能在地理上是分散的。』

DIS雖然在虛擬仿真方面得到了成功的應用，但其體系架構卻很難與其他類型的仿真進行交互應用。90年代初期，APRA資助MITRE研究設計聚集仿真協定(ALSP)，目的是將現有的不同的對抗仿真整合起來，以構成更複雜的系統用於高層訓練。ALSP在這方面做了一些努力，但仍不能滿足大規模仿真的需要。為了最大限度地共用建模與仿真技術及開發成果，需要進行建模和仿真開發過程的標準化工作。1995年10月，美國國防部仿真與建模辦公室DMSO為了在異構仿真系統之間提供更為強大的互操作性，制定了一個建模與仿真主計畫MSMP，它由高層體系結構HLA、任務空間概念模型CMMS和資料標準DS三個子目標構成。其中HLA(High Level Architecture)是核心，其目的是解決各類仿真系統之間的交互操作和可重複使用的問題。HLA的發展充分借鑒了DIS和ALSP的經驗，進一步擴展了DIS的概念和仿真範圍。2000年9月，HLA的三部分文檔即物件模型範本、介面規範和規則，被正式接收為IEEE1516、IEEE1516.1、IEEE1516.2標準。

高階仿真框架HLA具有更強的功能和更好的適應性，它能支援各種類型仿真混合應用；由於從更高的角度出發規定了仿真活動開

展全過程的一系列標準，因而具有更好的互操作和可重用性；高階仿真框架HLA應用了中間物件技術、分散物件技術和分散構件技術等當代軟體技術發展的最新成果，提供通用的仿真支援平臺，為仿真應用系統的開發提供了方便性；同時也提供資料過濾之機制，在仿真系統規模上能提供更好的支援，可以滿足複雜系統綜合仿真要求的仿真應用互操作性、可重用性、可伸縮性、即時性和協同性。

2. 基於 HLA 的分散式虛擬環境

虛擬環境中，存在著許多具有一定智慧的動態實體，例如，軍事類比應用中的飛機、坦克、士兵等。動態實體本身有許多特有的自主行為，它們之間存在許多複雜多樣的交互行為，我們引入分散式人工智慧研究中的Agent的概念，這些實體稱之為Agent。

多Agent虛擬環境 (Multi-Agent Virtual Environment簡稱MAVE) 指具有多個Agent交互作用的分散式虛擬環境。能否清晰準確地描述Agent的自主行為，以及Agent之間和Agent與所在環境之間的交互行為，是有效地表現虛擬環境中各個動態實體的關鍵因素之一。

系統的軟體框架結構主要由場景管理模組、模型庫管理模組、多媒體表現模組、仿真控制模組、資料庫管理模組等幾部分組成。

(1)場景管理模組

場景管理模組由建模和調度兩部分組成。建模是指場景資料庫的產生與製作，調度指場景資料的內外存置換。場景資料庫的生成過程如圖 2.1 所示，其主要步驟如下：

- 仿真應用資料之準備。資料來源的選擇與特定的仿真應用有關，一般來說，數值地圖資料及某些地形資料來源於不同比例尺的地圖。數位化資訊主要包括地形資料、數位化地形資料、紋理資料和三維實體模型等等。

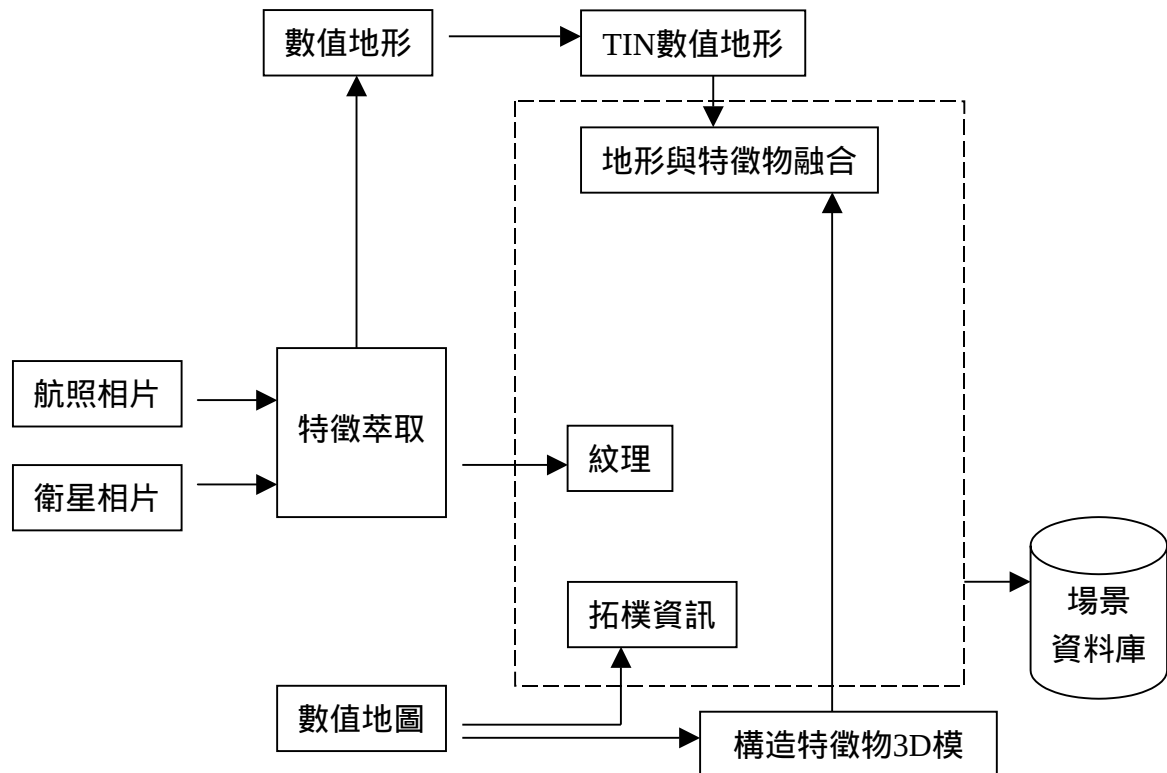


圖 2.1 場景資料庫的生成過程

- 對所搜集的各類資料進行一致性處理，去掉多餘的或相互衝突的資料。
- 特徵物 3D 模型的產生，如船舶、燈塔等。
- 地形模型的產生。地形原始資料是用規則網格表示的，存在大量的多餘資料，因而加重了圖形系統的負載，影響即時交互顯示。由網格(Grid)地形資料轉成不相交三角形網(TIN)以減少地形資料之負荷是必要的。
- 在地形表面加入特徵物，即特徵物與地形的整合。不同的特徵物與地形整合時會有不同的約制條件。
- 加入其他的 3D 模型，如建築物、燈塔、吊架等，產生場景資料庫。此時，可能還需要一些人工干預以去掉不合理的資料。

場景的調度，是場景管理中的一個關鍵技術。對於大規模的場景資料庫，一次全部載入記憶體是不實際的；而且圖形系統為

了保證操作之即時性，每幅繪製的多邊形也不能超過某個上限值。因此，對於大規模的場景，應當將其分塊後進行調度。

這一要求需要場景構建時的支持。首先應當根據圖形系統的限制估計出每個裝載模組的最大多邊形數目，為場景構造提供一個上限值，在產生特徵物及選取地形點時，一旦產生的多邊形數目超過這此一上限值，則不再選點。場景資料庫生成後提供給不同的仿真應用，由於其視域不同，而且對資料的精確要求亦不同，因此，不同的仿真實體的調度是不同的。

(2)模型庫管理模組

該模組用於儲存和管理模型庫的基本物件模型和組合物件模型。針對三維場景仿真應用，模型庫管理主要是模型類別的構造，包括模型類和行為類，以及一些共用的全域類等。如表 2.1 所示。

表 2.1 模型資料庫分類表

模型資料庫分類	模型類	靜態模型類	地形、地貌
		動態模型類	氣候環境
			特殊環境
			聲音
			動態實體
	行為類	自治行為類	
		交互行為類	原因類
			運動類
			控制類
	共用全域類		

模型類指仿真環境中產生和顯示的一切物件,包括靜態的和動態的模型物件。靜態物件相對全球座標其位置或形狀不隨時間發生變化,如地理環境,即仿真實體所依賴的物理環境,包括地形、地貌及地面上的各種特徵物(如道路、橋樑、房屋、機場、港口等);動態物件根據仿真任務及其隨著演練過程的進行,其位置、形狀有時均會隨機地發生變化,如各類軍事系統(如飛機、艦船);對全天候的戰場環境,還必須表現各種氣候條件(如白天、夜晚、雲、霧等),各種特殊效果(如海浪、爆炸、煙火等),以及場景中的各種聲音效果(如爆炸聲、飛機的轟鳴聲等)。不僅如此,還要表現在仿真過程中動態實體的運動屬性,它包括動態實體的位置、姿態,它們與地理環境之間產生的各種遮擋,各物體之間的碰撞等,這些都是在行為類中進行描述的。

行為類主要包括動態實體模型自身所特有的自治行為類和外界環境或其他物件間產生交互的行為類。交互行為類又包含產生某種動作的原因類、產生某種動作的運動類,以及參與對外界環境或其他物件交互的控制類。此外,還包括一些共用的全域類,如時鐘控制、聲音的初始化、鍵盤和滑鼠的交互控制、物件的座標轉換等。

(3)多媒體表現模組

該模組基於使用者所建立的多媒體仿真模型,完成對仿真過程和結果的多媒體表現和事後展示,以及在仿真過程中的即時交互和狀態查詢。為便於描述模型的動態行為和實時顯示,我們採用多 Agent 虛擬環境層次式表現框架。

(4)仿真控制模組

該模組完成對仿真模型的編譯、解釋和運行控制,完成對仿真結果的存取操作,並根據仿真模型的定義產生仿真的多媒體表現命令。它提供了良好的交互功能,支持使用者對仿真進程的外

部控制。在仿真運行過程中，使用者可以隨時暫停仿真進程，對實體物件的狀態變數進行查詢，並可根據需要適當修改、繼續、終止仿真進程。

(5)資料庫管理模組

該模組用於管理仿真資料，它支援對仿真物件模型的版本管理、仿真應用專案的管理、模型資料的管理和查詢、仿真實驗框架的管理和查詢、仿真物件多媒體屬性的管理等。它支持對仿真物件參數和狀態資料的存取，仿真結果資料的存儲、即時查詢和事後查詢，以及對仿真結果的統計分析和事後評估。

3. 環境模型的建模技術

場景仿真是否逼真和自然，關鍵在於對諸如陸地、水域、氣候、建築物、爆炸、煙火及其在仿真過程中研發出的各類聲音等環境模型的三維描述，即三維環境模型的建模技術。

- 描述虛擬場景環境的環境模型可分為地理環境模型、氣候環境模型、特殊環境模型、聲音模型、動態實體模型五種：
- 地理環境模型：包括地形、地貌、道路、橋樑、房屋、港口等；
- 氣候環境模型：包括白天、夜晚、雨、雷電、雲、霧等；
- 特殊環境模型：包括水波、爆炸、煙火等；
- 聲音模型：包括彈藥爆炸聲、運動武器的轟鳴聲、引擎聲、武器發火聲等；
- 動態實體模型：包括人、飛機、雷達、高炮、艦船、導彈等。

其中，地理環境模型也可稱為靜態環境模型；氣候環境模型、特殊環境模型、聲音模型、動態實體模型屬於動態環境模型範圍。下面將對這些模型的建模分別進行討論。

(1)靜態環境模型的幾何建模

靜態環境模型的幾何建模主要是描述地理環境模型物件的基本框架、形狀及其外表圖形。該圖形通過對三維地理實體的表面的測試，得到離散的座標資料，然後將這些資料用多邊形或三角形連接，從而構造得到物件的多邊形描述，通過物件多邊形的形象建模 (主要包括表面、顏色等處理)就得到了物件的幾何模型。

靜態環境幾何模型表達的內容包括:

- 靜態環境物件中基元的輪廓和形狀以及反映基元表面特點的屬性(如顏色等);
- 基元間的連接性，即基元結構或對家的拓撲特性。連接性的描述可以用矩陣、樹、網路等等;
- 應用中要求的數值和說明資訊，這些資訊不一定是和幾何形狀有關，例如基元的名稱、基元的物理特性等。

(a)幾何模型的分層結構

虛擬場景環境的地理環境模型從宏觀上方圓幾百甚至達上千公里，微觀上要涉及到具體環境模型物件(如某處建築物)及其內部結構。為了建模方便，一般將靜態環境模型的幾何模型表示成分層結構，即使用自上而下，從宏觀至微觀的方法將靜態環境模型某物件進行分解，形成環境模型分離體，分別對分離體物件進行建模，然後將各分離體物件連接、組合起來形成完整的環境模型。

(b)模型物件的圖形學表示

在構造環境模型分層結構後，利用場景仿真技術對環境模型中各個物件及其內部結構進行描述，以構成三維環境模

型實體，即環境模型物件的圖形學表示。環境模型物件的圖形學表示包括圖形基元的內部表示、圖形的幾何表示、圖形的圖像表示三種形式。

圖形基元的內部表示：包括點、直線、多邊形、曲線或曲面和圖像等。點通常用直角坐標系的座標 $P(x, y, z)$ 表示。直線的內部表示方法有兩種：網格表示和點陣表示。網格表示是按點陣表示圖像的方法，它對應於立即顯示模式；點陣表示是用直線的起點和終點座標表示線段，它對應於圖形庫和圖形庫函數的描述。

圖形的幾何表示：包括座標變換（平移、放大縮小、旋轉、剪切和齊次座標表達）曲線和曲面的擬合。

圖形的圖像表示：包括二維圖像表達和三維圖像表示。二維圖像表達就是二維資料矩陣表達，其中每一個矩陣元素代表對應點的灰度值。在二維圖像中所有的物件可以看作各種不同形狀、不同大小區域的構成，因而可以分為基於邊界和基於區域兩種表示方法。邊界表示的方法有鏈碼、折線逼近、Tourier 描繪子以及 B-Spline 函數逼近；區域表示中最自然的表示方法是空間佔有矩陣實現併行運算。三維圖像表示包括三維曲線表示和三維曲面表示。環境模型建模主要是環境模型物件的三維圖像表示。三維曲線表示是指三維 B-Spline 描繪的三維控制點序列；三維曲面表示分隱藏面和可顯示面兩種。

(2)氣候環境模型的形成

氣候環境模型的形成採用多層天空模式，自地向上，分為貼地霧景、下透明區、下過渡區、雲層、上過渡區和上透明區八個層次。上、下透明區為晴空紋理，作為整個天空的背景。在三維場景製作過程中，透過改變不同區域的寬度和明暗灰度

就形成了晴空、多雲、陰、多霧等不同的氣候環境模型。

- 晴空：把貼地霧景區域壓縮，下過渡區至上過渡區設置為零，也就是說，除小部分貼地霧景外，只剩下透明區；
- 多雲：將雲層區域加大，並增加雲處理。雲處理可以給背景貼雲層的紋理材質，也可以通過建雲的三維模型，然後顯示來實現；
- 陰：上、下透明區設置為零，下過渡區、雲層、上過渡區加大到擴充整個天空；
- 多霧：將貼地霧景擴充到整個天空。

此外，將背景的上、中、下區域的顏色進行調整，就可以實現白天、黃昏、夜晚的環境模型。

(3)特殊環境模型的建模

特殊環境模型包括雨、雪、霧、爆炸煙火等動態環境模型，其產生原理為：利用計算機圖形原理產生足以反映動態環境模型的微粒子，這些微粒子具有一定的物理特性(如質量、慣性)和運動特性(如沿某一方向能夠移動，在一定時刻、一定位置產生並在一定位置消失)，然後利用光照技術和美學原理對微粒子群進行渲染、著色和光照，就形成了動態的雨、煙火等動態環境模型。特殊環境模型生成的關鍵在於運動微粒子的動態生成技術及光照技術。

爆炸煙火的特殊效果也可以通過採用紋理映射的方法來獲得。火焰特殊效果環境建模，可將爆炸過程中火焰隨時間的變化而相應變化的情景拍出一序列照片，然後把這些照片通過掃描器輸入電腦，製成一系列紋理貼圖貼到不同的二維範本上，在仿真爆炸產生火焰的場景時，將映射有這一系列火焰紋

理的範本順序調出，反復顯示，就可生成連續的火焰特殊效果。爆炸時產生的煙霧特殊效果的處理與此十分類似。因為這種方法簡單方便，在實際應用中，大部分採用這種方法來獲得爆炸煙火的特殊效果環境。

(4)聲音環境的建模

仿真環境中聲音的加入採取聲音剪輯的方法，即將現場錄製好的聲音(如船舶引擎聲、各類武器發火聲、彈藥爆炸聲等)或利用多媒體技術擬合而成的聲音(如船舶碰撞聲音)輸入到電腦中作為音效檔案加以存儲。在仿真過程中，根據仿真任務及演練狀態觸發並播放各種聲音，按照實際情況和仿真過程的需要調節聲音的播放時間和強度。

(5)動態實體模型的建模

動態實體模型的建模包括參與演練各種實體幾何模型的建立及其在仿真過程中"行為"的模擬，如商船、貨輪、艦艇、沉船等實體的幾何結構以及它們的各種行為。

(a)實體模型的幾何建模層次

建造實體模型的幾何結構原理與靜態環境模型的幾何建模相似，包括實體模型的分層結構、實體物件的圖形學表示和實體外表紋理。實體模型的幾何結構可通過仿真系統中的建模工具交互地建立，也可以先使用傳統的 CAD 軟體(如 I-DEAS、AutoCAD 或 3DStudio)進行繪製，然後經過一定的圖形轉換格式轉換調入到仿真環境中，形成仿真系統中的實體。例如，Multigen 公司的 MultigenCreator 的輸入轉換工具文特 Alis /Wavefront AutoCAD DXF、3DStudio Inventor、OpenFlight 等。

(b)實體行為的建模

實體的行為實際上是在仿真的過程中其特性的改變，該特性涉及到位置變化、碰撞、縮放及表面變形等。實體位置包括實體及其各部位移動、轉動和縮放。實體在全球坐標系中有一個絕對座標值，其本身定義一個相對座標。改變絕對座標值形成實體的整體移動，實體各部位運動則由相對座標體現。建模時，在實體與全球坐標系及其有相對運動的層次間定義運動幅度並加上運動類型，運動量由仿真過程中運動學或動力學計算結果確定。碰撞檢測需要計算兩實體或實體與靜態環境物件的相對位置。檢測時可以對兩者上每一點都做碰撞計算，但計算量很大且計算時間長。為提高仿真系統的即時性，採用矩形邊界檢測的方法犧牲一定的精確性來節省計算時間。

行為模型包括以下特徵：對環境的感知、決定事務處理和進行通信。在這裡，我們稱動態實體為 Agent。良好的 Agent 行為描述方法，不僅易於描述動態實體與外界環境之間，以及動態實體間的錯綜複雜的交互關係，而且能有效即時地表現各種不同參數設置下的動態顯示過程，具有編程簡單、方便、可擴展性強、易於移植等特點。

2.4 即時場景產生和顯示

三維視景是一個集逼真性和即時性為一體的即時場景虛擬環境，其典型場景如圖2.2所示。

對於視覺化仿真中的虛擬環境而言，即時動態的三維圖形視覺效果是產生現實感覺的首要條件，由於生成具有真實感的三維動畫場景的計算量很大，同時虛擬環境也要求隨人所活動及時產生相應的畫面。事實上，在仿真視覺化的三維圖形應用中，系統不得不在圖像質量、精度、即時性以及與使用者交互的快速回應之間尋求一種平衡。因而三維動畫仿真的即時性和互動式訪問以及動態場景的形象逼真的顯示一直是場景

仿真的關鍵技術。



圖2.2 港區之三維場景

有兩種重要指標衡量仿真視覺化的效果和即時性。其一是動態特性，其二是交互延遲特性。自然的動態特性要求每秒生成和顯示30幀圖形畫面，至少不能少於10幀，否則將會產生嚴重的不連續和跳動感。交互延遲是影響使用者感覺的一個重要指標，對於人產生的交互動作，如飛行模擬時飛行位置、方向的控制，系統的圖形生成必須能立即作出反應並產生相應的環境和場景。其間的時間延遲不應大於0.1秒，最多不能大於1/4秒。以上兩種指標均依賴于系統產生圖形的速度，對於動態圖形效果而言，每幀圖形的生成時間局限於30~50毫秒；而對於交互延遲，除包含對於交互輸入及其處理時間外，圖形生成速度也是重要因素。此外，還要保證聲音與發音物件或事件同步。顯而易見，圖形生成速度是仿真視覺化的重要瓶頸。圖形生成速度主要取決於圖形處理的軟硬體體系結構，特別是硬體加速器的圖形處理能力，以及圖形生成所採用的各種加速技術。除此以外，還依賴於應用的因素、虛擬場景的複雜程度和圖形

生成所需的真實感程度日。

為此，可以採用可見性判定和消隱技術、細節層次模型、紋理映射技術、實例技術、單元分割技術等多種即時場景生成和顯示的軟體加速技術。

第三章 港灣模型與場景模型之製作

由於港灣模型及場景資料量相當龐大，過量的資料將直接影響系統運行之效能，但是過於簡略之資料將影響模型及場景之逼真程度，這是目前虛擬實境系統中必須面對與解決之問題，以取得兩者間之平衡。解決的方法除考量建模資料之內容多寡外，軟體技術之支援亦為重要因素。

3.1 三維建模的基本演算法

一個現實世界的地形，在表面上的點都為三維資料點。計算機圖形學的一些技術可以使用平面或簡單的曲面來對複雜的表面進行模擬。但是考慮到一些特殊的特性和某些實際存在的情況，一個地形可以被假設為自身不相交的表面，也可以假設它是一個有兩個變量的函數。目前應用計算機圖形技術，建模的方法有：網格化的高度場 (Height Field) 建模；細節層次 (Level of Detail, LOD) 建模；體素 (Volume Element) 建模等三種。

1. 網格化的高度場建模

該建模方法是傳統的地形建模方法。假設地形是一個有兩個變量的函數，即在每一坐標表示的點上，都有一個值 $f(x, y)$ 來表示該點的高度。考慮所有可能的情況用網格化的高度場分佈來獲得三維資訊。它按照表格的形式來表示地形，將每一個坐標點的高度值列成一個表格，成為高度場。取樣出來的點是一個用來對表面進行逼近的多邊形網格。在預取樣上，考慮到存儲的難易問題，具體可以採用等邊的雙三次面片和正方形矩陣兩種方法。

雙三次面片建模 (Triangulated Irregular Network Work) 是將坐標平面分割為一些三角形單元，在每個單元內定義一個雙三次面片。使用雙三次曲面來進行建模可以表現十分複雜的物體。相較而言，正方形矩陣方法更為方便，但它沒有考慮被逼近表面曲率的變化。在實際使用時，可作一定改進，對於正方形矩陣步長採用自適應調整。

當曲率較小時，將取樣間距調整得大一些；相反地，當曲率較大時，

要將間距調得小一些。這種取樣的自適應性既保證了要求的精度，又可以節省一些存儲空間。該方法被應用於某些船舶操縱模擬器視景資料產生中。

2. 細節層次建模

所謂細節層次(Level of Detail, LOD)模型方法，即為每個物體建立多個相似的模型，不同模型對物體的細節描述不同，對物體細節的描述越精確，模型就越複雜。LOD 模型是一種新的模型表示方法，改變了傳統的“圖像質量越精細越好”的片面觀點，而是依據視線的主方向、視線在景物表面的停留時間、景物離視點的遠近和景物在畫面上投影區域的大小等因素來決定景物應選擇的細節層次，以達到實時顯示圖形的目的。另外，通過對場景中每個圖形對象的重要性進行分析，使得最重要的圖形對象進行較高品質的繪制，而不重要的圖形對象則採用較低品質的繪制，在保證即時圖形顯示的前提下，相當程度地提高視覺效果。

在資料模型自動產生方面，基於網格重新劃分的多邊形模型簡化方法是常用的方法。該方法首先把一組新頂點分佈到原模型上，然後新老頂點形成中間網格，通過必要的拓撲結構一致性檢查移去老頂點，並進行局部的三角剖分操作，形成新的與原模型具有相同拓撲結構的網格模型。自適應遞歸劃分是曲面曲線產生的方法。將其與曲面擬合技術相結合，用不斷逼近的曲面片逼近所要簡化的物體模型，為規則四邊形網格表示物體建立起 B-spline 曲面表示的簡化模型。實現模式有基於規則四邊形網格表示物體的簡化多邊形模型的自動產生方法和基於能量函數最優化的網格簡化的累進網格產生方法。還有利用小波變換技術將多面體模型表示為多解析度形式，由此可以自動生成一系列連續的原模型的近似模型。該方法在船舶操縱模擬器視景中應用較多，且效果較好。

3. 體素建模

體素模型表示“體積元素(Volume Element)”，它與表示“圖示元素(Picture Element)的圖元比較相似。體素的目的是要表現體積資訊。前

面模擬實體模型的方法，要花費相當的時間和精力來創建多邊形或者是雙三次曲面。另一方面，取樣的方法也只是得到一些離散的點的資訊，並不能得到多邊形或者是其他解析的表面資訊。體素技術作為基於圖像繪制的方法，無疑將成為一種用來取代傳統的解析建模的手段。它是通過圖元所佔有的空間來表現物體或物體的集合。該表示方法的優點就是它非常簡單，並且幾乎直接包含了掃描設備可以提供給我們的一些資料。該建模方法可用兩種方法實現，一種是使用一個矩陣，它裏面的每一個單元都模擬一個小的空間體積。矩陣的入口有一個值來表示這個區域空間的一些屬性，如顏色或是密度等，它可以判斷空間體積是否已經被佔用，當單元格是空的時，它就表示相應的空間沒有被佔用。另一種是使用四元樹(Quad Trees)和八元樹(Octal Trees)來達到只給那些真正有用的單元分配存儲空間的建模方法。

空間佔用矩陣和四元/八元樹方法相比較，當場景空間佔用比較稀疏時，後一種方法可以有效地節省存儲空間。當然，這種節省也帶來資料結構的複雜化。但這種方法在顯示與模型資料一體化設計上更為靈活。因為它不會對渲染過程引起不便，相反，四元/八元樹還會對它有所幫助。特別是模擬動態的物體時，物體的一部分會相對於其他部分發生移動的情況。

3.2 地形建模與分析系統

為實現從世界現實到螢幕虛擬顯示，使我們能夠從不同角度和不同距離觀察圖像，以便能夠在 3D 程式中表現複雜的虛擬物體，選擇用來表現三維模型的數據結構要考慮某些因素——創建和操作的便利性、精度、存儲效率、對幾何體進行渲染的可程式性以及其他標準。由於完全實現所有的標準是不現實的，因此我們經常被迫要捨去一些標準來換取別的標準。在航海模擬器中地形產生的標準上，選擇一個有效的資料結構是十分重要的。

模擬系統基本上採用的是視景顯示與三維資料分離的技術路線。這

為有效更新三維資料提供了方便性，使得三維資料可重新設計和單獨產生。描述對象或實體可以採用基於線模型的資料結構、基於頂點的多邊形模型資料結構、基於邊的多邊形模型資料結構以及由雙三次曲面組成的模型資料結構等四種方法。操船模擬的視景資料大體上都採用一系列的基於頂點的多邊形模型數據結構多邊形來表示物體的方法。這樣的資料結構存儲效率、對幾何體進行渲染的可程式性都較好。

因此，在視景資料設計中，資料結構採用存儲效率高和可程式性好的基於頂點的多邊形模型資料檔格式。在地形的三維資料產生上，首先選用一些演算法和控制技術，建立適當的三維模型。模型建立以後，選配大量效果適當的圖片，從而達到逼真度很高的視覺效果。為此，結合目前相關領域的研究成果，建立地形建模與分析系統。

二維資料到三維資料是地形產生中的關鍵。為達到模擬器視景顯示的要求，選用不同的建模方法。總體的構思是，在整體上，可將 DTM 資料利用自適應的高度場模型對整個海圖區域建模，局部利用體素模型，而近航道側的岸線則採用細節層次模型。這樣做，不僅可以保證整個水域的岸線正確度(與其他模組相比)，近航道側岸線的資料準確和視景的細節效果，而且減少了工作量。

高度場的分佈決定了地形的三維效果，航道水域地形分佈的特點是在近水域側等高線的高程值為 0，其他高度場在原海圖沒有高度資訊的情況下，可以利用三次或以上光滑曲線來計算以控制山體輪廓的立體效果；也可以利用雙三次 Bazarier 曲面來產生高度場。

3.3 自然環境特效主控台

第一年度的「高雄港視覺化港灣環境資訊系統」系統內，已包含雲、霧、晨昏日夜及波浪等模式。本年度為擴充現有系統，增加自然環境模式主控台，可依據各種假想的天候條件，即時設定各種自然環境條件。以下以 VGEA 系統為例，討論自然環境主控台的內容與功能。

1. 雲、霧與光線模式

包括雲氣的大氣模式(Atmospheric Model)雲的型態與顏色，從圖3.1中我們可以看到雲、霧與光線模式之間的關係。



圖3.1 VEGA模擬系統中雲、霧的大氣模式

在模擬系統中的光源型態包括太陽光或月光，可定義其高度與方位，或以三度空間座標賦予其位置。一般而言，在虛擬世界場景光源表現上，可以用漫射(Ambient)與擴散(Diffuse)參數來設定光線對於場景真實程度的影響。VEGA則另外提供一種晨昏日夜模式(Time of Day Dependent)，來表現一天當中不同的光線明亮度，對場景真實程度的影響。

雲層的位置處於虛擬世界的一般可見範圍與光線之間，且雲層的上下各有轉化區域(transition zone) 在此區域內的雲層是以漸層方式定義其顏色變化，以增加雲層的真实程度。VEGA雲層模型主要有盒狀雲層(box cloud)與絞鏈狀雲層(hinged cloud)，絞鏈狀雲層具有較多的特殊效果，例如可模擬雲層移動的效果，並可對不同的光線參數隨之改變其顏色，以模擬類似朝陽或夕陽的特殊效果。

地面惡劣天氣(如暴風雨)或霧氣決定模擬場景的最大可見距離(visibility range) 這個距離是指隨著觀察者移動，動態改變其視域範圍內的環境特效。

2. 海洋環境特效

為逼真的海上模擬提供精美的特殊效果。所有的海上效果都可由

LynX或通過C語言API控制。Vega Marine支援海洋計算中多處理器，對於複雜的海洋環境，可以指定CPU並行處理圖形通道。Vega Marine產生即時動態的海洋模型，上面覆蓋著紋理、波浪的高度和週期都與海的狀態相一致，Vega Marine為各種海的狀態提供無與倫比的紋理設計。

- (1) 貼有紋理的即時動態海洋模型
- (2) 波浪高度和週期對應於不同的地質海洋狀態
- (3) 對海洋模型的計算支援多CPU的並行處理
- (4) 海洋效果包括：風、波浪、船尾航跡、船尾稜緣、船頭波浪、浮標、旋渦、拍岸浪花及漂浮物等

在海洋環境特效方面，至少包括潮汐與波浪等基本模組，並包括在不同海象(sea state)狀況下的波浪大小。海浪的模擬可以用波浪基本方程式加以描述：

$$\zeta = Tide + \zeta_0 \sum_{i=1}^{10} \cos(k_i \sin \chi + k_i \cos \chi) + \Omega_i \omega_s t + \varphi_i \quad (1)$$

式中

$Tide$ ：平均潮汐高度

$\zeta_0 = 0.112H_s$ 平均波浪能量， H_s 代表示性波高

$k_i = \frac{(\Omega_i \omega_s)^2}{g}$ 週波數（從分散關係式(dispersion relation)獲得）

g ：重力加速度

χ = 波向($0 \sim 2\pi$)

Ω_i = 第 i 個元素的角頻率

$\omega_s = \frac{2\pi}{T_s}$ = 某個海象的角頻率

φ_i = 第 i 個元素的相位角

上述波浪方程式內各元素的顯著波高、相位角可以與港灣研究中心現有波浪模式整合，本年度將預留此介面，以利未來發展擴充使用。

3.4 多船模擬之網路通訊架構

本研究運用 TCP/IP 網路通訊技術，開發適當之應用程式，直接與 VEGA 即時模擬系統結合，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。並精進電子海圖顯示系統功能，使能同時顯示與記錄多船操作情形。

每一個單船模擬系統均包含一個投影系統與電子海圖系統（圖 3.2）。多船操船模擬教官主控台主要功能在同時透過網路，對所有參與模擬之操船模擬系統下達天候與日夜晨昏狀況，以達多船模擬自然環境之一致性。並可設定場景內自動航行的船隻以測評參與操船模擬學員對處理避碰情形。

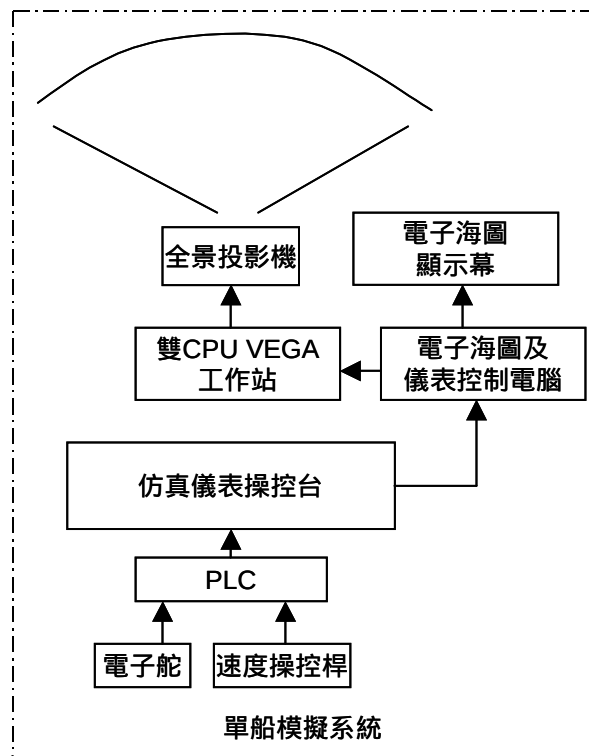


圖 3.2 單船模擬系統

本研究之多船模擬採用 DIS-HLA 通信協定，可以允許系統極具設定彈性之通信架構，不但可以處理稱為網路資料單元的 (PDU s : Protoc ol Data Units) DIS 網路訊息，也可以處理 HLA 的互動內容。

3.5 人機介面設計

以電腦滑鼠操作且在一般電腦螢幕上觀賞的導航模擬與資訊系統，無法提供操船模擬者身歷其境的感受，本年度將於模擬系統上提供較佳的人機互動介面設計，包括身歷其境的全景投影機與船舶操控仿真儀表介面設計。

傳統的虛擬實境技術在視覺沉浸度的設計技術上，多半採用頭盔或立體眼鏡，這兩種方式都與真實世界脫節，且容易造成使用者頭暈不適的情形。目前，可採用一種全景投影設備，將模擬系統場景影像投影在一個大型半圓形碗狀的投影螢幕上，使用者不需藉助頭盔即可具有身歷其境的感覺。

此種系統的原理，是將原本平面的影像，經過球面投影公式計算後，將經過計算的影像資料透過全景魚眼鏡頭，投射在半圓形曲面螢幕上，其視野範圍角度可以擴大到 135 度，大型的投影螢幕可到達 180 度。這部分已經完成相關的系統程式設計，可以將成果與港灣技術研究中心之投影螢幕整合。

3.6 電子海圖之航路規劃與記錄分析功能

以現有電子海圖系統為基礎，增加航路規劃功能，讓操船模擬系統使用者，可在進行模擬之前，於電子海圖系統上規劃預定航路。使用者可以依據電子海圖上之規劃航線進行操船模擬，並設計船舶操控船位記錄功能，以便於模擬結束後，依據記錄之船位與規劃之航線進行操船效能評估。

3.7 大區域資料庫管理(LADBM)

使用LADBM技術之優點如下：

1.可提昇模型逼真程度

本年度預計將現有高雄港港灣模型，改採1公尺解析度之數值地形模型與1公尺IKONOS彩色衛星影像作為港灣模型之基礎圖台。並且建立更詳盡之碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施，並增加港灣附近重要明顯之地標如中山大學、旗後、渡船頭等景觀。

2.減低模擬系統初始化之時間

因已對港灣模型進行適當之切割，故模擬初始化所需載入之模型容量大小，僅為起始視點位置附近景觀資料，僅佔原有模型之一小部分，可大幅改善系統初始化所需之時間。

3.提高系統模擬效能

LADBM保持觀察者在虛擬資料海洋中的中心位置並允許用戶定義它的規模。使用LADBM，在即時非同步資料庫處理過程中，在記憶體和存儲設備間對幾何元素和紋理的管理對用戶來說是透明的。這確保了系統的高性能、易用等特點，並有效的分配和使用昂貴的電腦系統記憶體。

LADBM模組讓我們輕鬆地運行大型複雜資料庫，並且動態的分配一個可移動的資料庫，地面坐標系統點採用雙精度類型，從而達到觀察者的最佳效果。當觀察者遠離資料庫的初始原點時，可消除了顯示上的任何跳動。

- (1) 簡化大規模的複雜地形資料庫
- (2) 動態分配一個可移動的地形資料庫
- (3) 地面座標點採用雙精度類型

(4) 可以支援 Vega-MP 的多處理版本

LADBM採用AOI原理，以視點位置視域範圍內所涵蓋之子模型，運用記憶體分頁配置原理，隨視點位置改變即時動態載入所需圖資，大幅提昇系統模擬效能。(圖3.3)

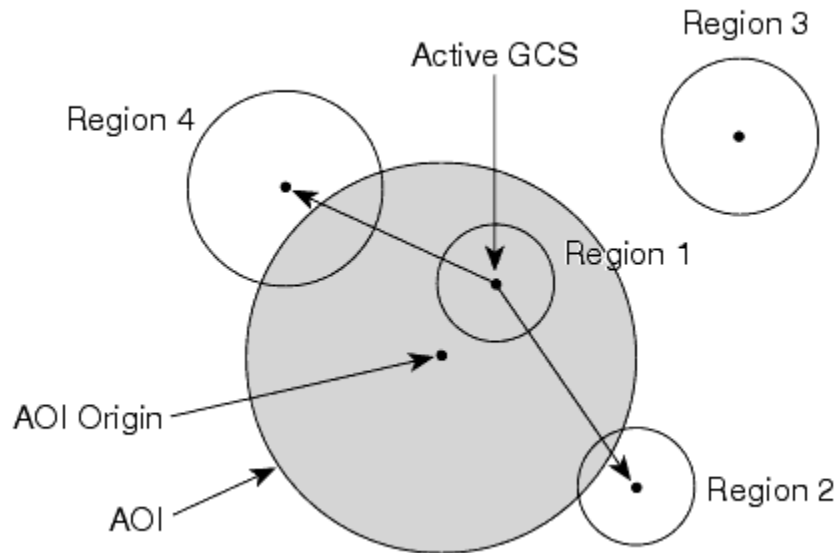


圖 3.3 LADBM 的 AOI 處理程序

3.8 高雄港港灣模型精進與臺中港場景與模型製作

為提升現有「高雄港視覺化港灣環境資訊系統」內三度空間場景之模擬效能，本計畫運用大型模型資料庫管理(LADBM)技術，修整高雄港港灣模型，並運用相同之技術製作臺中港港灣模型。

在三度空間視覺化模擬系統中的場景，是整個模擬系統是否逼真的關鍵因素，故必須在「場景逼真度」與「資料量過大」之間作權衡輕重之設計考量。在第一年度模擬系統中的高雄港港灣模型，採用3公尺解析度之數值地形模型與IKONOS衛星影像作為港灣模型之基礎圖台，並且在此圖台上建立碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施，並建立港灣附近重要明顯之地標如壽山、世貿大樓、雙子星大樓等（圖3.4）。

完成之港灣模型大小約在50MB左右，以目前個人電腦與繪圖顯示卡之性能與容量，雖能流暢顯示模擬場景，然而在載入港灣模型時，因需一次將整個模型讀入電腦記憶體中，需較久之時間進行模擬系統初始化，且對場景未來擴充性有極大之限制。

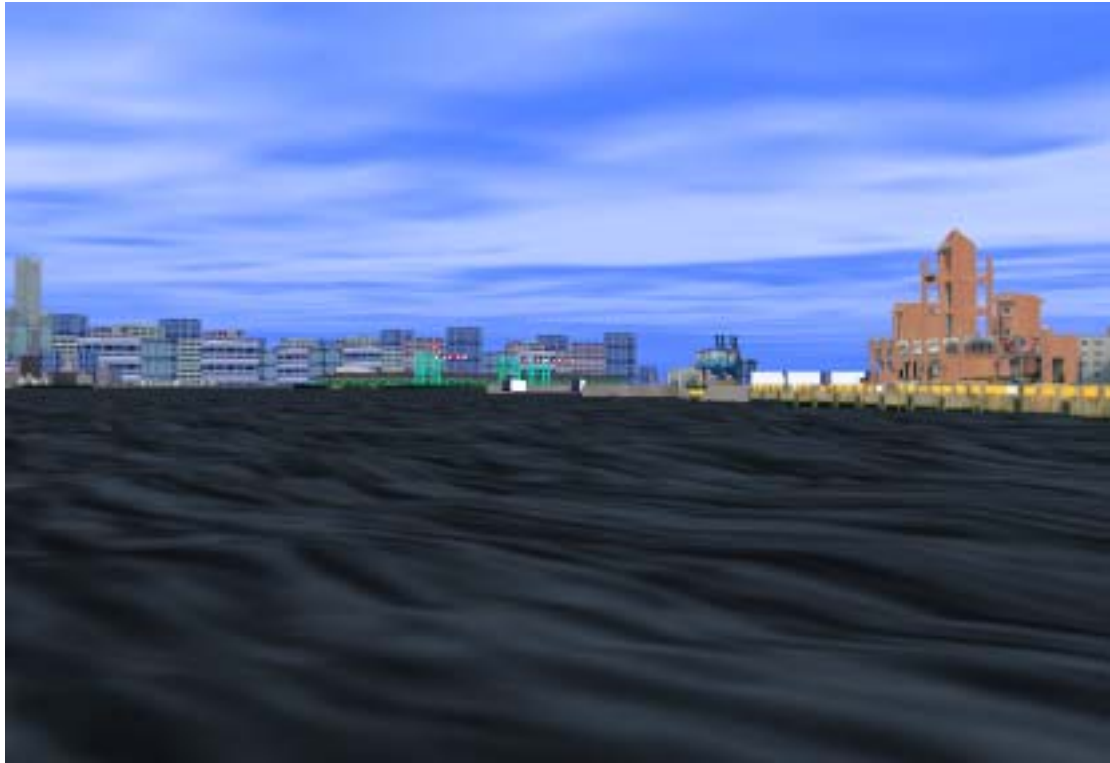


圖 3.4 港口模型與 VEGA 與海洋模組特效製結合

高雄港及臺中港模型之精進包括港灣模型及地形及地物場景等，使用影像改採目前最佳解析度之 Quick Bird 衛星影像及航拍影像，並以一體成形方式完成港灣模型之重製，如圖 3.5 至圖 3.16 所示。



圖 3.5 高雄港區建物實景與建模(一)

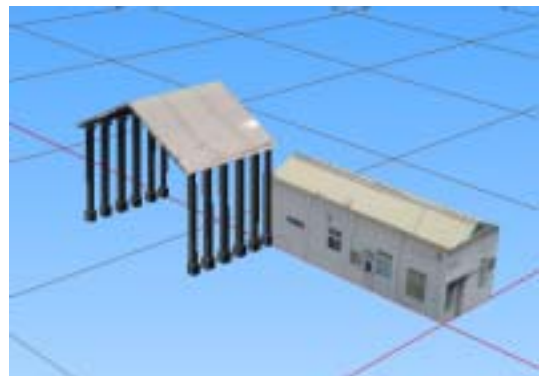
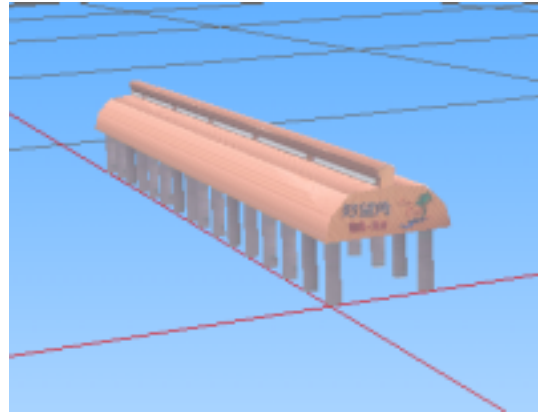


圖 3.6 高雄港區建物模型與建模(二)



圖 3.7 高雄港現場建物實景

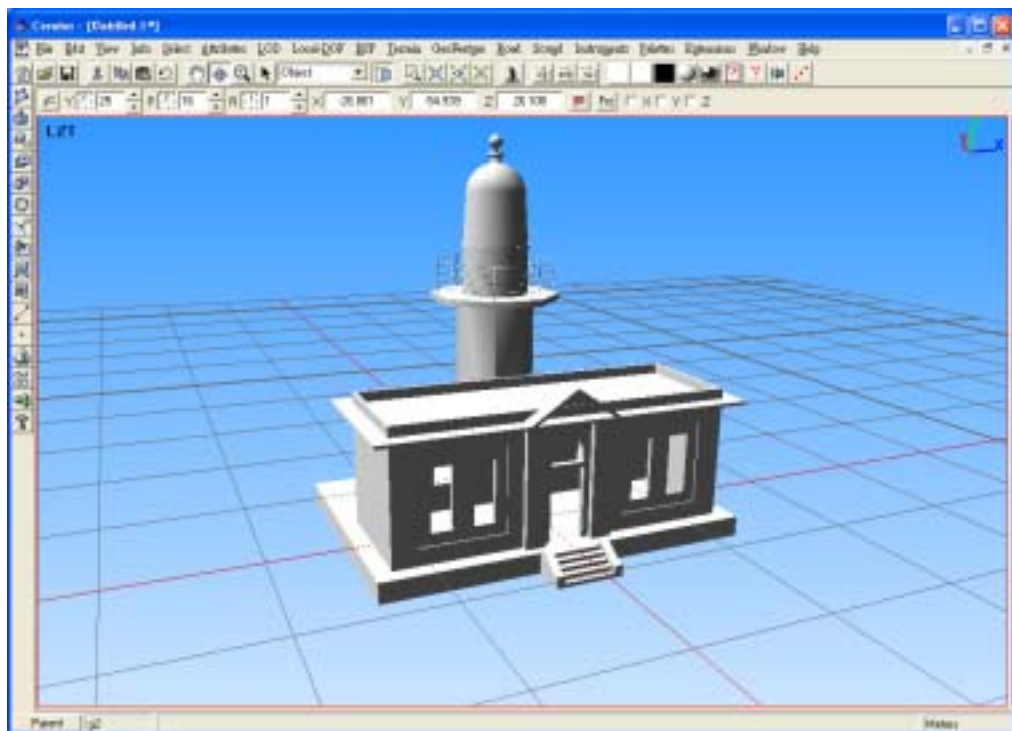


圖 3.8 高雄港建物建模



圖 3.9 高雄港燈塔實景

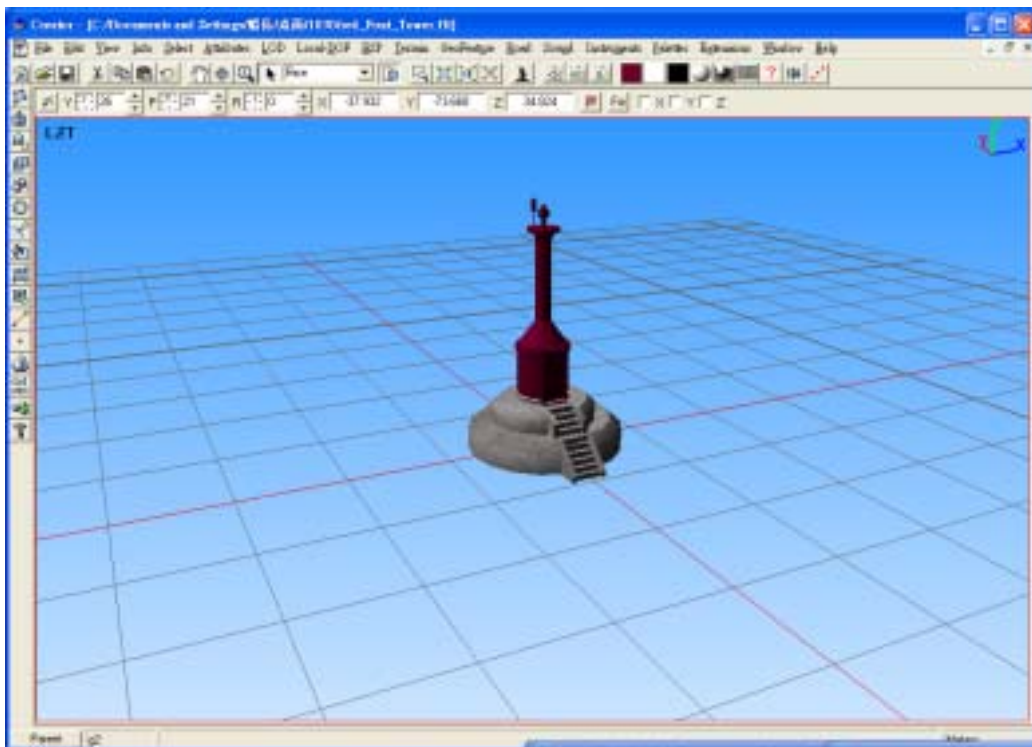


圖 3.10 高雄港燈塔建模

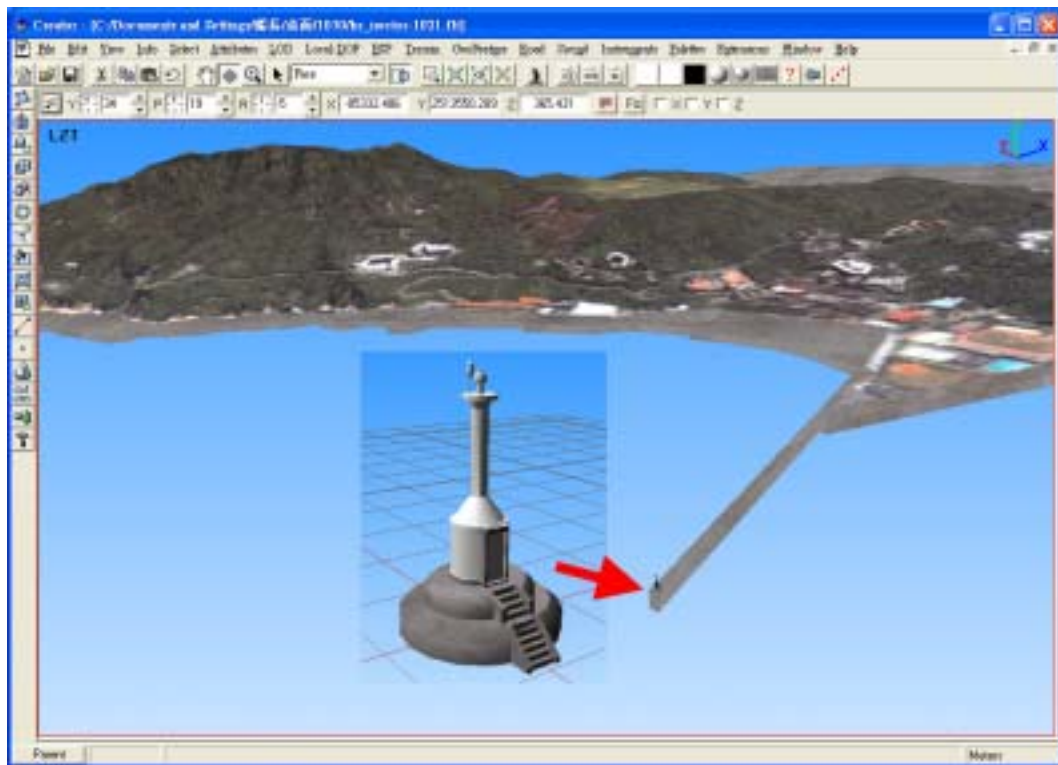


圖 3.11 高雄港港場景建模

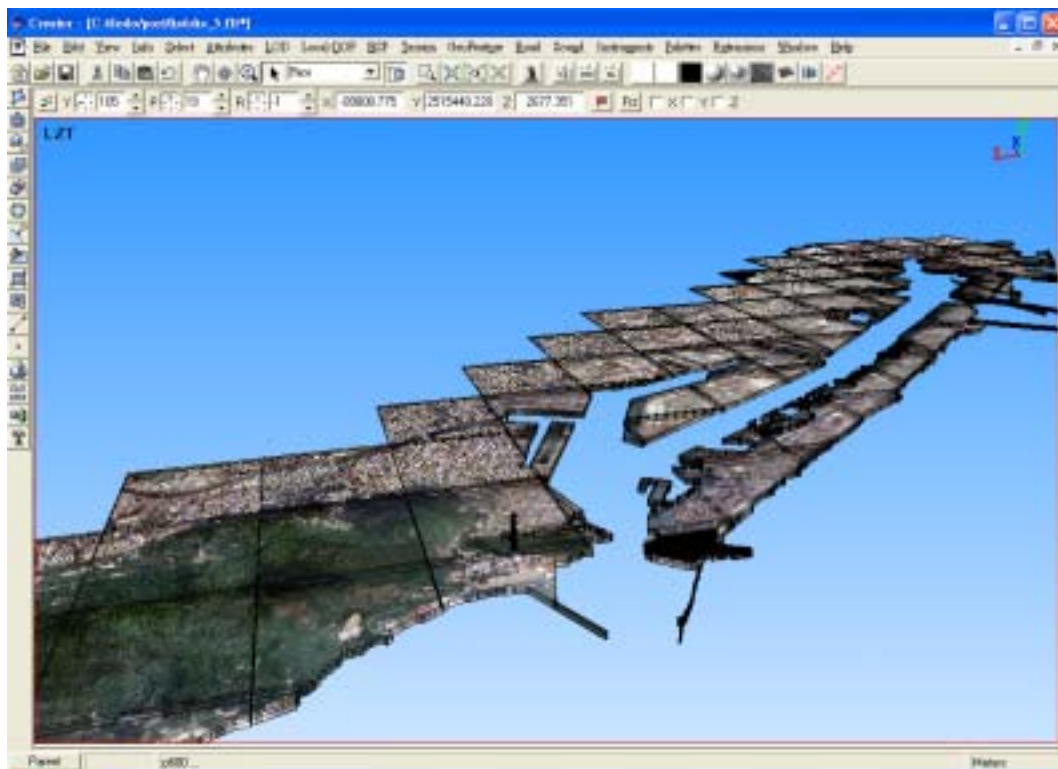


圖 3.12 高雄港港灣圖臺建模



圖 3.13 高雄港港區實景與建模

臺中港則採用高解析之航拍彩色影像進行建模，配合 40 米間距之 DTM 資料作為高度場資料(山形建模)，圖 4.15 至圖 4.17 為若干建模範例。

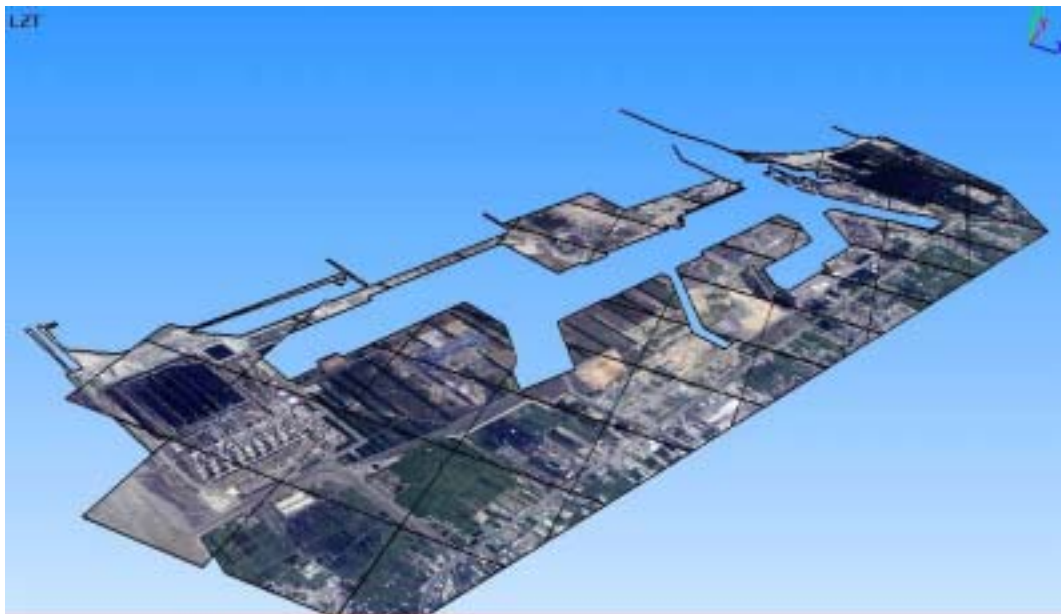


圖 3.14 臺中港港灣圖臺建模(一)

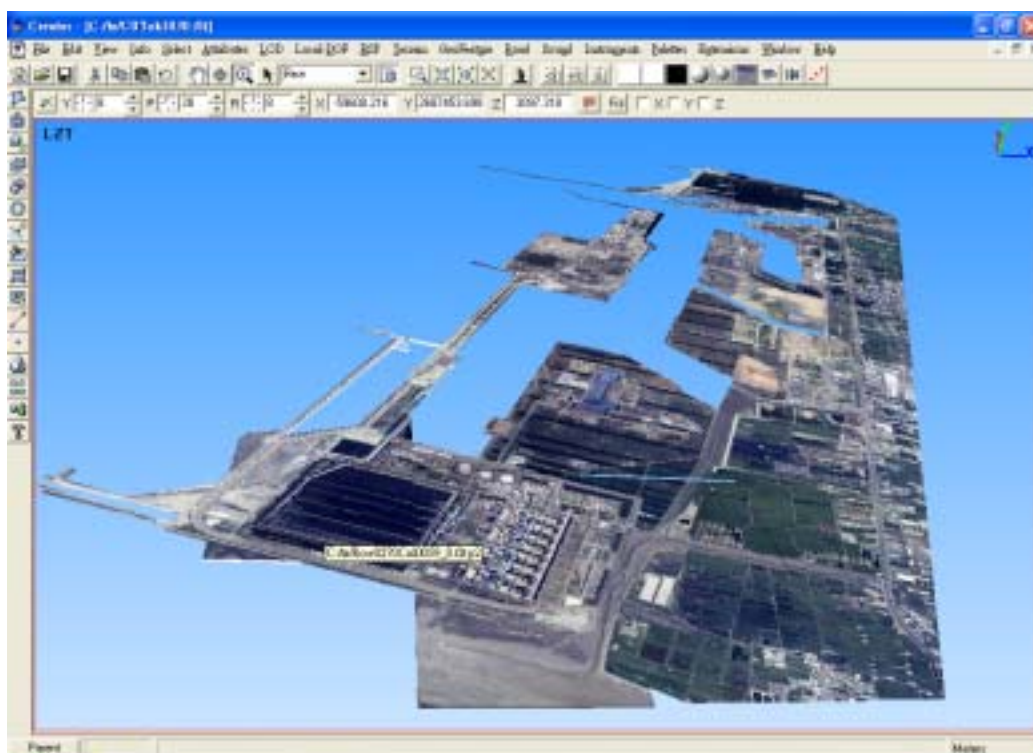


圖 3.15 臺中港港灣圖臺建模(二)



圖 3.16 臺中港港區虛擬導覽

第四章 船舶避碰與管理系統關鍵技術

國際海事組織(IMO)在 1995 年新修訂的 STCW 海上航行訓練、認證與值班標準國際公約(Standards of Training, Certification and Watchkeeping)中，大幅增加與航海模擬系統相關的規定，允許並鼓勵各國航海教育和培訓機構使用航海模擬系統對學員進行訓練和有關專項培訓，並可取得相關證照，以加快高素質航海人才培養，減少海上實際訓練時間(廖河樹，2003)。此一規定無疑地加速推動世界各國航海模擬器的發展(金一丞，2002)。由於國內目前使用中的航海模擬系統大多整套引進國外研製和開發的大型船舶操縱模擬系統，過去因其模擬系統功能齊全、效果逼真，且憑藉其掌握多項高資訊軟硬體關鍵技術的優勢，造成國人難以自行研發操船模擬系統。

近年來，航海模擬系統發展技術，隨著個人電腦硬體發展日新月異而有全新的面貌，航海模擬系統所需的視效系統已經可以個人電腦為發展平台。本研究過去兩年來在發展航海模擬系統所需的關鍵技術的先導研究，如港灣模型建置、海洋與自然環境特效、人機介面等已有相當的成果，本年度重點將在多船模擬所需的避碰與港泊管理系統相關研究。

與船舶避碰與管理系統相關的關鍵技術包括船舶動態監控管理系統、船舶自動避碰決策支援系統等項目作一扼要的說明。

4.1 船舶動態監控管理系統之規劃與設計

船舶動態監控管理系統之規劃與設計應參考現行VTS系統功能，參考世界各國的發展趨勢，提出適當合理的解決方案，分別說明如下：

1. VTS 功能分析

為保障船舶航行安全，維護海上交通秩序，提高交通效率，減少海上交通事故，保護各港口附近海域環境，目前國內各港口均已設置

船舶交通管理系統(VTS)。VTS應有的功能如下(劉敬軍，2000)：

(1)防止船舶碰撞，保護環境

由於VTS具有自動跟蹤功能，它可將船舶航向、航速、預定抵達地點以向量線的方式顯示在螢幕上，使值班人員能夠很容易地發現兩船相對情勢，一有危險隨時警告，從而可避免可能出現的碰撞事故。例如臺灣地區夏季經常有颱風過境，當颱風侵襲港灣時，容易造成錨地船舶流錨情形，港務局航運管理中心可充分運用VTS，提前疏散指揮、及時警告。特別是類似油輪、化學船等具有高度危險與汙染可能的船隻，更應嚴密監控與管制，以免造成碰撞的情形，進而發生環境汙染或生命財產損失。

(2)防止船舶擱淺

由於臺灣地區地狹人稠，重要的國際商港航道均十分狹窄，載重較大船舶需經由正確航道進出港，一旦偏離航道，重載船舶很容易擱淺。為了避免擱淺事故的發生，管值班人員經由觀測電子海圖結合VTS終端偏航報警功能，監控船舶在航道航行情況。一有偏離。迅速警告，可明顯降低擱淺事故發生。

VTS管制中心除了及時發現助航標誌的移位、流失外，還應對所設浮筒位置進行評估，提出質疑或建議，保障船舶的航行安全。如果港灣內浮筒設置的位置有問題，造成船舶提前早轉而擱淺。通過改變浮筒位置，擱淺事故明顯下降。

(3)提高船舶營運效率

VTS控制中心還可根據港域船舶交通流量和通航環境及船舶動態，對進出港船舶合理組織安排，縮短船舶的在港和在航時間，提高船舶營運效率。

2.基於電子海圖的船舶動態監控系統設計

基於電子海圖的船舶動態監控系統，除原有 GPS 接收功能外，包括電子海圖顯示，多船符號即時顯示，本船航跡、紀錄與回播，船舶資訊顯示。本研究過去所研發的衛星影像電子海圖，是以高解析度彩色衛星影像與向量式圖資為底圖，本年度將以國際標準電子海圖 ENC 為圖資格式，以符合國際海事組織規範。本系統將包括下列功能(賈傳瑩，2002)：

(1) 自動切換海圖

每張海圖所顯示的範圍是有限制的，且其比例尺會因為進出港導航各不相同，當船隻進出港時，經常要調閱不同比例尺多張海圖，系統能依據當前船位，自動搜尋電子海圖資料庫內電子海圖，盡量以相同比例尺為原則，自動切換所需海圖。當切換海圖時，船位不在海圖中心或船位即將超出螢幕範圍時，系統應自動調整海圖，將船位置於螢幕中心。

(2) 船舶符號與實際船舶尺度相對應

為支援多船顯示與後續船舶自動避碰決策系統所需，本系統將可依據船舶尺寸與海圖顯示比例尺，調整由船舶各個特徵點所構成的多邊形作為代表船舶的符號，顯示在海圖上；每個船舶符號可設定多重距離圈，以便特殊用途進行即時量測距離使用。

(3) 即時監控與警告

為確保航行安全，需要對障礙物、水深、偏離航向、超速，接近轉向點等特殊需求，進行即時監控與警告；對於特殊危險情況甚至可以語音方式提出警告。系統每秒鐘檢查船舶前方指定扇形區域內有無障礙物與過淺水深，並檢查是否偏離航線或船速超過系統容忍值。

(4) 自動記錄航行參數

在即時監控過程中，每秒鐘自動紀錄船舶位置、船速、航向等航行參數，以作為日後回播與航行分析必要的基礎數據。

(5) 船位資訊廣播

擴充本案第二年度研究成果，將伺服器接收的各船舶GPS船位資訊，透過網路廣播給調度中心、港務局管制單位各辦公室等需要相關資訊的辦公室，以擴充現有VTS資訊發佈範圍。

(6) 船舶動態與靜態資訊查詢

在管制單位的伺服器電腦上，可以用滑鼠游標，移動到船舶符號上，即可查詢系統內各船舶靜態與動態資訊。

(7) 航行歷史紀錄與回播

系統可以提供真實速度、十倍乃至百倍的速度重現整個航程或某個航行時間段的航行過程。系統亦能在選擇的特定時間段，慢速重播航行過程，或在某個時間點暫停或定格播放，以檢驗特定時間點的航行參數。

4.2 船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計

依據日本海事產業研究所的統計報告指出，在全部海難事故中，船舶碰撞事故佔了大多數，船舶一旦發生碰撞，輕者造成財產損失，重者將同時導致巨大財產損失和人員傷亡。該報告統計 1983-1992 年全球因全損海難事故造成的死亡人數，每年平均為 1000 人，其中因碰撞導致死亡的人數，每年約為 418 人，某些船舶碰撞事故所造成對自然環境的污染與破壞，其損失更是難以估算。

正因為船舶碰撞事故對生命、財產和環境所造成的危害極大，因此航海界專家學者和航海人員一直十分重視對船舶避碰問題的研究。綜觀

航海界在船舶避碰方面所發展的硬體設備，包括雷達、自動雷達標繪儀、船舶自動識別裝置等。然而，這些硬體設備並無法完全解決避碰的問題，甚至造成部分海事是因為航海人員過份依賴這些硬體設備，反而變成助碰設備。

近年來，VHF 與 VTS 中心的發展，已成為目前船舶避碰的重要機制，航海人員在與他船相遇時，使用 VHF 與他船構聯已成為航海慣例，在進出港時也透過 VTS 中心與他船聯繫、獲取他船資訊、接受協調管制與避碰管制，從而達到協助避碰的目的。

然而，VHF 與 VTS 仍有語言上限制與船隻擁擠海域時協調困難的問題，因此，專家學者仍在「避碰法規的修改和完善」、「避碰幾何學的建立和研究」、「避碰行動的定量分析」、「避碰行為的統計研究」和「避碰數學模型」等方面進行研究發展(孫立成，2000)。其中，船舶自動避碰決策支援系統設計原理，以基於避碰幾何學與基於避碰數學模型兩種為主；在實作方法上則可透過人工智慧、不確定性評估分析、模糊數學等方式，建立船舶自動避碰數學模式與決策模式。以下就目前發展趨勢分別說明：

1.基於避碰幾何學的相關研究

即當兩艘船舶相遇時，利用幾何作圖方法，求出兩船之間的最近會遇距離和到達最近會遇距離點的時間。以最近會遇距離作為碰撞危險的絕對指標，參考到達最近會遇距離的時間及其他運動要素，來斷定兩船之間是否存在碰撞危險。當存在碰撞危險時，採取何種避碰行動以避免碰撞也可由避碰幾何作圖來求取。以下是與避碰幾何學相關的研究：

(1) DCPA，TCPA 的演算法

確定船舶是否存在碰撞危險的最根本的因素是兩船接近時的 DCPA (Dis tanc e of c los e point of approach)即兩船接近時的最小通

過距離與TCPA(Time to close point of approach)即兩船到達最小會遇距離時的時間。基於避碰幾何學研究的船舶自動避碰決策系統，首要的研究工作，必須考慮各種特殊船舶接近情況下，建立一個新的通用目標船DCPA與TCPA的計算模型，以便能在航海模擬系統的教官台上能即時、動態、快速顯示各目標船相對於各本船的DCPA與TCPA等資訊。(史國友，2000)

(2) 船舶避碰幾何決策的優化方法

一般利用幾何作圖方法求取避讓措施時，只考慮安全問題，而沒有考慮如採取避讓行動所需要的時間，偏離原航線的距離等其他經濟因素。從安全避讓的角度上來看，不考慮經濟因素而只考慮安全是可以理解的，但隨著航海技術的提高，從自動避讓技術的研究方面著眼，不考慮經濟問題是不科學的。目前，關於這方面問題的研究還不多見，如何根據避碰幾何原理結合優化方法求取最優的避讓行動是至今仍未解決的問題。(姚杰，2002)

(3) 基於船舶碰撞點分析模式的避碰決策優化原則

目前日本等國正在率先研製開發船舶避碰技術已由「傳統避碰（幾何避碰和雷達避碰）」發展到「智慧避碰」，所謂的「智慧避碰」是一種電腦整合航行系統的自動避碰系統。但無論何種避碰，其成功的要素都基於有效搜集和正確處理避碰資訊。

船舶避碰資訊一般包括基本資料和動態資訊：基本資料包括本船資料、航道資料、避碰規則及地方規則、潮汐資料等，容易獲取和掌握；而動態資訊包括船舶動態資訊（本船和目標船的航速、航向、船位、運動方式及預測危險區、預計碰撞點等）和環境動態資訊（風、流、浪、霧等氣象條件，通航環境、水位等），其動態資訊是隨時間和地點發生瞬時變化的，需要借助助航設備和自動整合航行系統來獲

取和處理。

在一般情況下，駕駛員較注意的是兩船的航速、航向、船位、水深及通航環境等動態資訊，並以此來判斷有無碰撞危險存在及危險的程度，進而據此作出避讓決策，這無疑對採取有效避碰措施是十分有幫助的，亦是正確的做法。然而，正確分析和確定船舶碰撞點是採集船舶動態資訊的重要環節，同時對優化避碰決策十分有利。(劉敬賢，2003)

2.基於避碰數學模型的相關研究

在建立智慧型避碰系統的基礎研究工作，主要包括「船舶碰撞危險度」、「船舶避碰行動時機」與「船舶避碰智慧決策系統」研究。

(1) 船舶碰撞危險度研究

通常船舶在寬闊水域或大洋上的避碰，可視為「點對點」避碰。而在港灣或狹窄水道航行的船舶，由於受到航行水域(航行寬度)和船舶自身操縱性能的限制，在多數情況下駕駛不可能僅考慮「點對點」的避碰要求，還需考慮船長、船寬等尺度因素。

在水深足夠的條件下，船舶沿狹水道安全航行的重要內容之一就是狹水道上本船與靜止目標、活動目標間的避碰問題。船舶碰撞事故多數是發生在狹水道上，這是因為狹水道上船舶可能水域有限，航道寬度通常在幾百公尺左右，有的甚至更窄，同時可能還會受到風流的影響。在這樣的航道上航行的船舶，尤其是大型船舶，在兩船接近、超越或避讓突然竄入航道的小船等情況時，很容易形成緊迫局面，若對危險估計不足，沒能採取正確的措施，就極易發生碰撞事故。

在建立船舶碰撞危險度的數學模型時，所考慮的因素不能太複雜，又要滿足所建立模型能夠描述碰撞危險的實際情況和智慧型避碰

系統判斷與決策正確性所需。包括DCPA、TCPA、本船船速、他船速度、相對速度、本船的操縱性能、本船船長、來船方位、能見度...等。

確定船舶碰撞危險度的方法很多，大致可分為下列幾類：

- DCPA和TCPA加權確定方法
- 類神經網路法確定船舶碰撞危險度
- 以模糊理論確定船舶碰撞危險度

其中，由於船舶碰撞危險度的特性，以模糊理論確定船舶碰撞危險度被認為是比較適合的方式(鄭中義，2000)，也有相當的研究成果(A. N. Cockcroft. 1982)

(2) 船舶避碰行動時機研究

船舶避碰行動時機與轉向幅度是自動避碰決策系統的重要內容，經過專家學者的研究指出，二者的關連性不大，此項研究結果與國際避碰章程所規定：「船員對避碰行動應是及早的、大幅度的」要求。為了建立義務讓路船與直行船避碰行動時機的優化模型（圖4.1），採用資訊理論中資訊最大亂度理論，進行評估避碰行為不確定性因素研究(鄭中義，2000)。

(3) 船舶避碰智慧決策系統規劃與設計

整合前述各節所建立的數學模型，以建立人工智慧系統方法，建立智慧型船舶避碰決策系統，系統架構圖如圖4.2(鄭中義，2000)。

船舶優化避碰決策方案流程圖

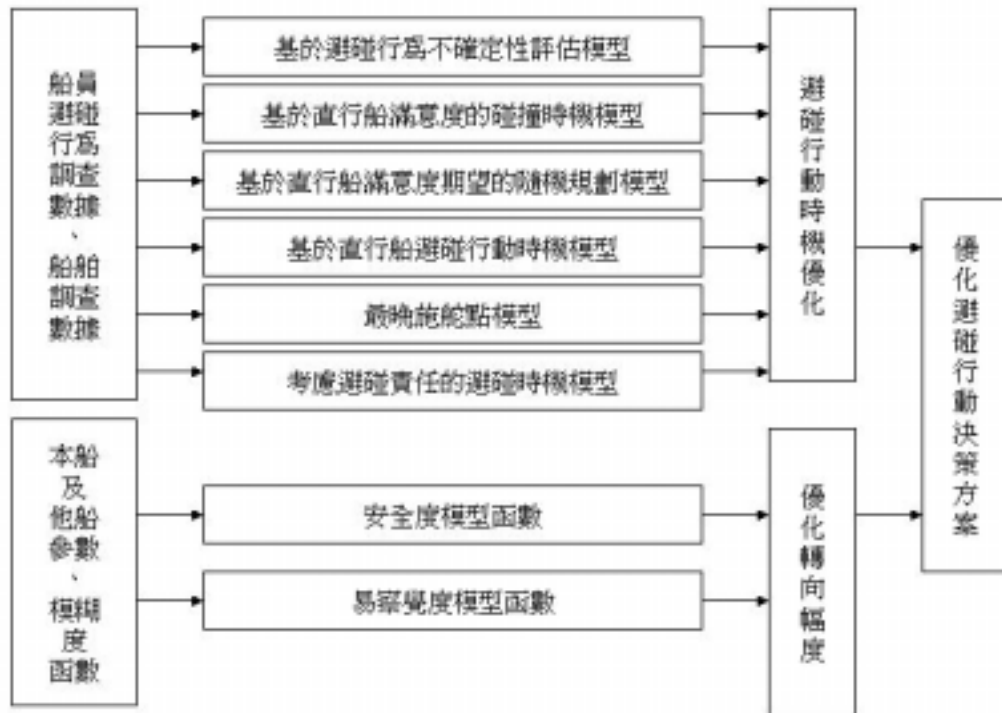


圖4.1 船舶避碰行動時機的優化模型

船舶自動避碰決策系統架構圖

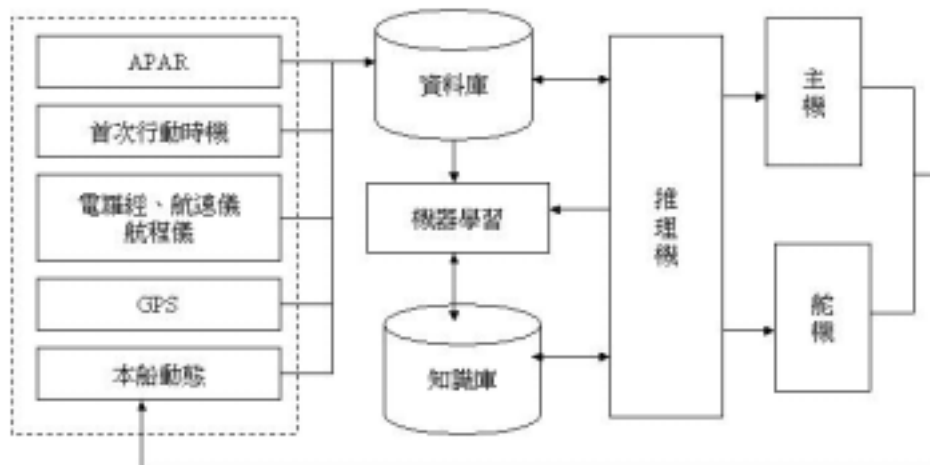


圖4.2船舶自動避碰決策系統架構圖

第五章 多船模擬之規劃與設計

本研究採用 VEGA 即時模擬系統 DIS/HLA 分散式模擬通信架構，開發多船模擬之應用系統，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。

目前新版的 VEGA 即時模擬系統在原有的分散式互動模擬(DIS : Distributed Interactive Simulation)通信協定基礎上，增加高階架構模擬(HLA : High Level Architecture)的通信協定模組，二者合稱 Vega DIS/HLA 模組。DIS/HLA 架構可提供不同的模擬系統應用程式共同在一個虛擬世界裡同時模擬。

5.1 DIS/HLA 通信協定與理論基礎

DIS/HLA 兩種通信架構的目的在使多個不同的模擬程式中的遊戲者(player)能分享相同的虛擬世界，每一個遊戲者代表著網路上的一個模擬單元體(entity)，並且在網路上交換單元體資訊、武器發射與爆炸資訊，或單元體所參與的同一個模擬中其他的相關資訊。

VEGA 即時模擬系統中的 DIS/HLA 模組以許多種方式協助系統開發者開發與 DIS 或 HLA 通信協定相容的應用系統，入門設計者只需要開啟傳送資訊到網路上，即可完成在網路上廣播單元體資訊的功能；同時可以很容易地設定流入模擬系統中單元體對應圖，這些功能可以讓您不必寫任何一行程式即可與 DIS 或 HLA 模擬系統交談。

當然，上述簡化的方式無法滿足大部分的情況，使用者通常必須要進行更低階的 DIS 或 HLA 設定，才能在其應用系統內完全依照使用者的實際需求設計 DIS/HLA 通信協定模擬系統。VEGA 的 DIS/HLA 模組是建構在 Mak 公司的 VR-Link 程式庫，其大部分的 DIS/HLA 功能在提供：

1. 網路系統之間通訊
2. 處理 DIS 網路訊息，DIS 網路訊息又稱為網路通信架構單元 (PDUS : Protocol Data Units)

3. HLA 交互動作

HLA 提供非常具有彈性的方式來定義在一個演習(federation)中參與者(federate)的物件模型，雖然這個版本為「及時平台參考聯合物件模型(RPR- FOM: Realtime Platform Reference Federation Object Model)提供一個比較容易使用的包裝模組，使用者可以很容易的延伸此物件模型，但是仍必須在 VR-Link 的階層上進程式設計。

網路單元體(NET Entity)、Vega 物件與 Vega 遊戲者之間的關係如圖 5.1 所示。

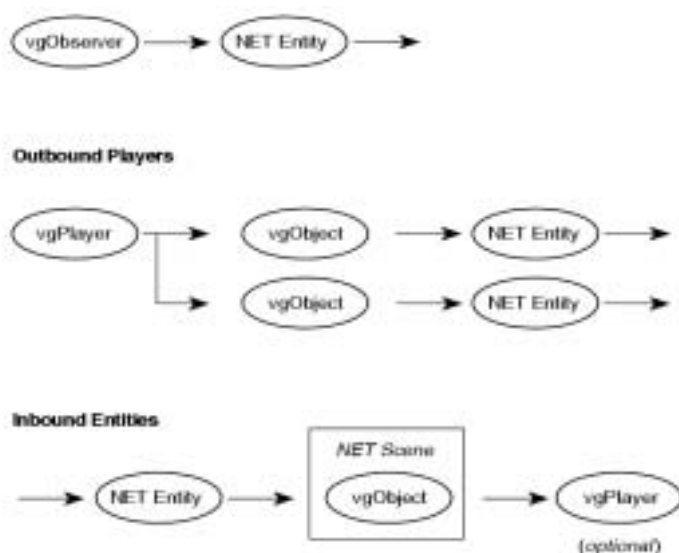


圖 5.1 網路單元體、Vega 物件與 Vega 遊戲者之間的關係圖。

除了外連的觀察者(outbound observer)外，網路單元體被視為 Vega 的物件，單元體型態、武力、外觀等資訊將被在網路上廣播，以便其他遊戲者能得知此類訊息，這些資訊在物件控制面板的外連單元體資訊(Outbound Entity Information)對話盒中為每一個物件設定。外連的觀察者是一個例外狀況，因為沒有任何一個物件真正代表這些觀察者，因此，它們的外連單元體資訊必須在觀察者控制面板中設定，在網路上廣播觀察者的能力允許網路上其他觀察者看見本區觀察者「正在看什麼」。

內連網路單元體(Inbound network entities)依據它們 NET 單元體型態(或稱 guise)以及武力編號被映對到最符合這些條件的物件，當執行 HLA

時，除了將此資訊放入「及時平台參考聯合物件模型(RPR- FOM)」中基礎單元體(Bas eEneity物件的單元體型態(EneityType)屬性外，VR-Link 依據這些屬性選擇一個適當的物件集合，或者如果需要的話可以允許您提供一個函數在應用系統中進行自己的映對方式，這個物件的會建立一個分身並加入到 NET 場景中，而且一個可以選擇性的建立以包含這個分身物件，遊戲者可以被建立以便於內連物件可以將其視為區域性遊戲者一般地跟隨著這個物件。

所有的網路單元體的建立、移除與資訊互動都可在 Vega 系統內直接地操控，內連的武器特效也可直接操控，不管以上何種情形，都可以改寫這些機制以便於獲得這些互動的控制權。至於其他的互動模式控制權則必須透過呼叫 VR-Link 的程式庫才能直接控制。這些互動模式的控制處理方式如圖 5.2 說明。

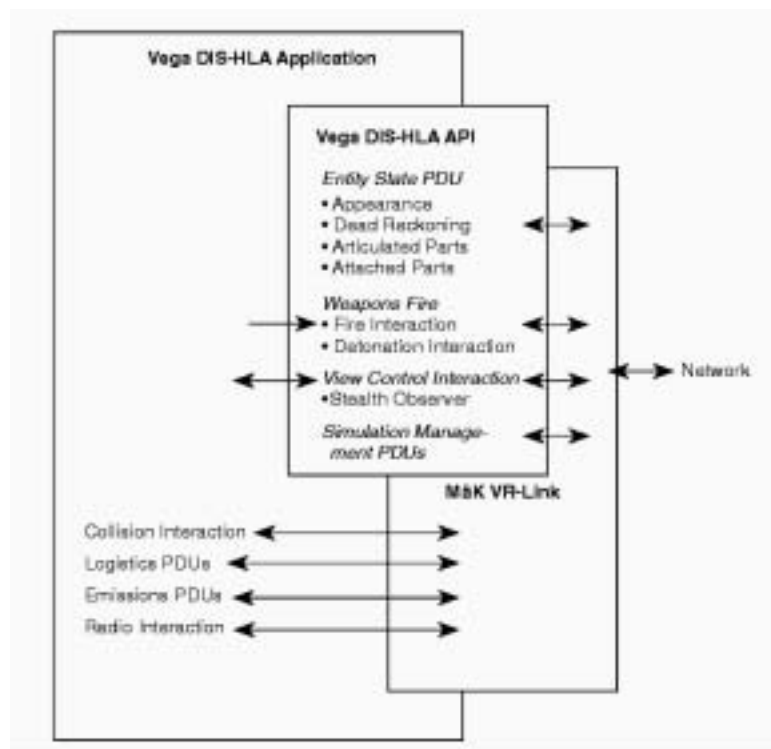


圖 5.2 VEGA 系統中 DIS/HLA 架構。

5.2 Vega/Lynx 設定

在使用 Vega 模擬系統規劃多船模擬應用系統時，可以使用 Vega 系統交談式圖形介面 Lynx 設定 DIS/HLA 模擬場景所需參數，並且可以在物件、觀察者、特效等控制面板中設定更詳細的 DIS/HLA 參數。

DIS/HLA 控制面板包括各項 DIS 與 HLA 控制參數、演習參數、座標系統、DIS 場景、秘密觀察者、爆炸觀察者、網路鎖死處理門檻、規格，以及定義內連單元體映對與定義流入資訊過濾器的面板。DIS/HLA 控制面板請分別參考圖 5.3 與 5.4。

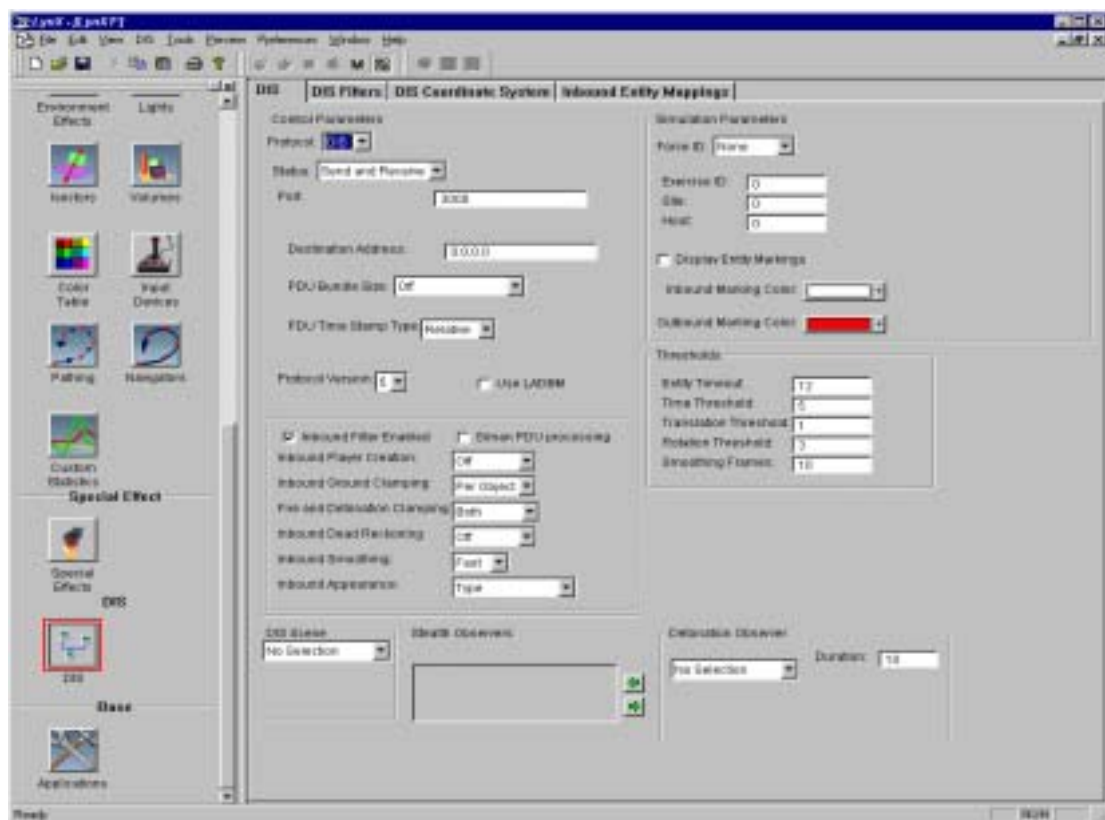


圖 5.3 Vega 系統 DIS 控制面板。

1.DIS/HLA 控制面板

控制參數面板可選擇目前的網路狀態、網路存取型態、時間標籤選項與內連單元體屬性。

(1)網路狀態

網路狀態包括關閉、傳送、接收、傳送與接收等四個選項。

若選擇關閉，則會關閉所有網路功能；若選擇傳送，則不會接收

任何網路單元體資訊，網路面板上只剩下與傳送有關的功能，請參考圖 5.5。

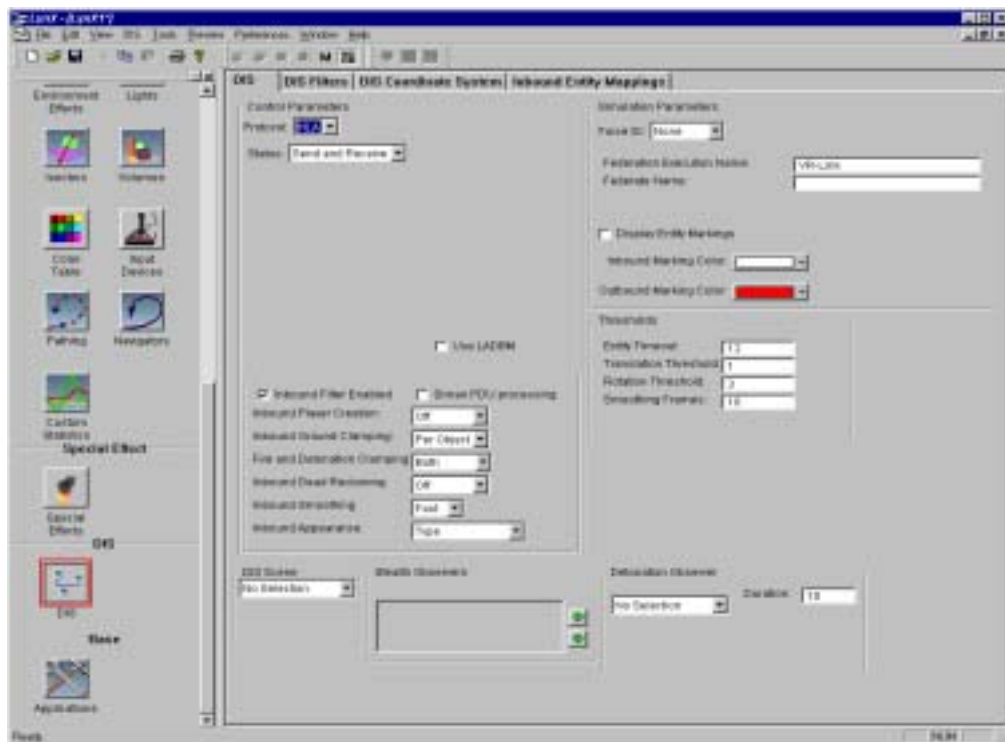


圖 5.4 Vega 系統 HLA 控制面板。

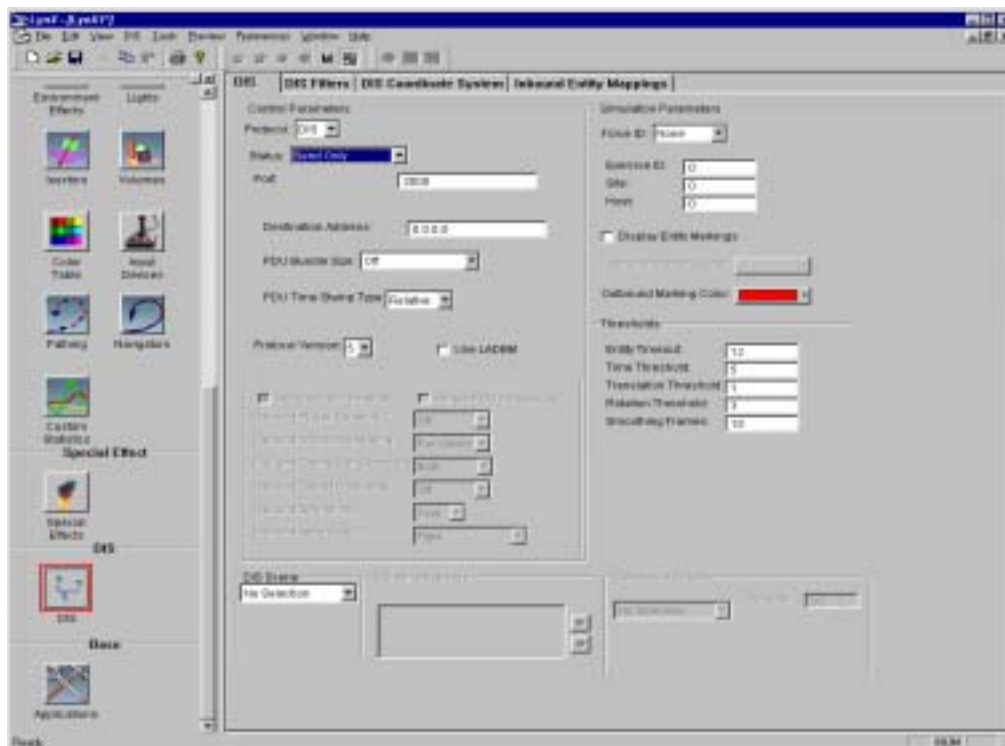


圖 5.5 DIS-HLA 控制面板選擇網路狀態中的傳送資料選項

若選擇接收，將會啟動 NET 的接收功能，區域單元體不會傳送到網路環境中，網路面板上只剩下與接收有關的功能，請參考圖 5.6。若選擇傳送與接收，將會啟動所有傳送與接收功能。

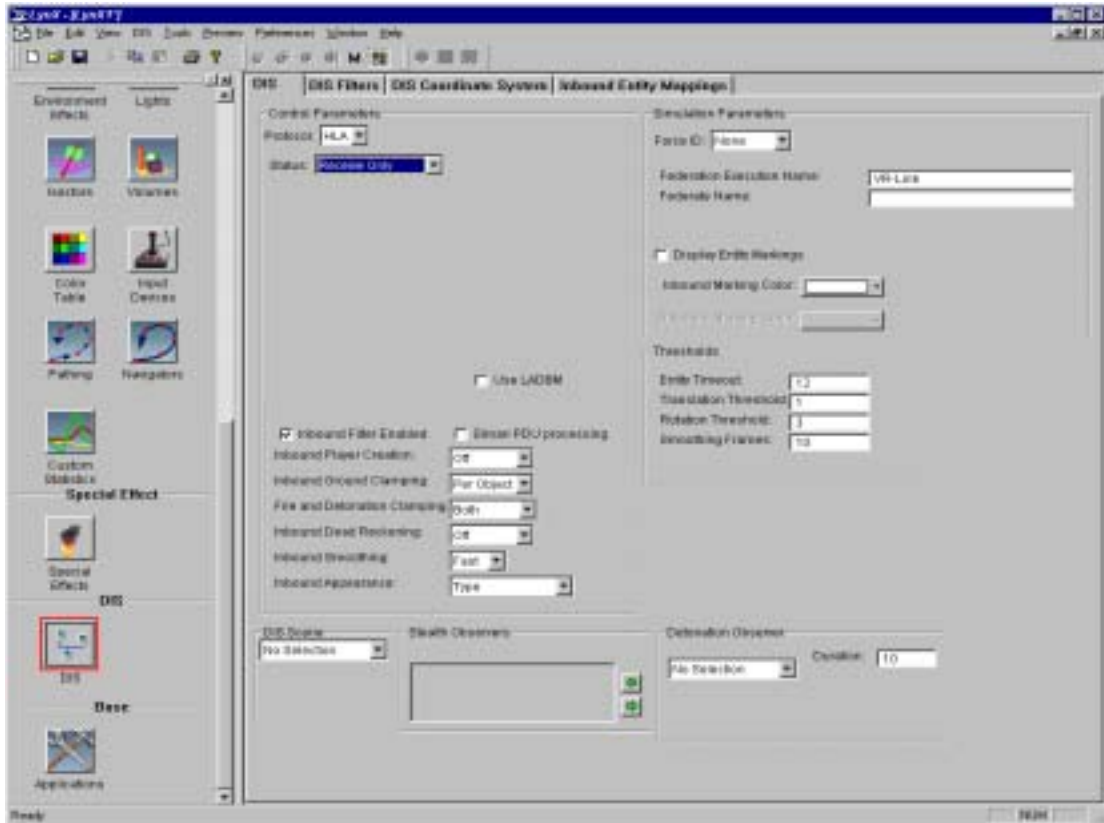


圖 5.6 DIS-HLA 控制面板選擇網路狀態中的接收資料選項。

(2)DIS 專屬控制參數：包括下列五項控制參數

(a)通信埠(port)

這個參數指定網路訊息傳送與接收的通信埠編號。

(b)目的地 IP 位址(Destination Address)

當網路狀態選擇傳送的時候，這個參數指定在網路上廣播的位址或點對點傳送資料的位址。內定以 0.0.0.0 代表在區域網路上廣播。

(c)PDU包裹尺寸(PDU Bundle size)

當選擇此選項時，多個 DIS PDU 會包裹在一個單一的網路封包內，將 PDU 封裝的好處在於可降低網路系統傳送 PDU 所產生

的系統負擔。不同網路系統的封包最大值各不相同，分別為乙太網路 1486 b y t e FDDI 4324 b y t e s 環狀網路 4436 b y t e s, 以及其他網路型態可讓使用者自訂封包尺寸最大值。此項選項內定值是關閉的，當此功能開啟時，當加入一個 PDU 會超過網路封包最大值，或者當 Vega 系統要完成一個畫面的更新時，就會將網路封包傳送出去。

(d)PDU時間標籤型態(PDU Time Stamp Type)

每個 PDU 都會加入一個時間標籤，而且可以用絕對或相對時間來表示。這個機制可以讓傳送者告訴接收者其傳送的資料封包使以絕對時間計算或者以相對其自己的時間參考系統作為 PDU 的時間標籤。

(e)通信協定版本

當應用系統傳送資料時，這個選項可以讓傳送者指定 DIS 通信協定版本編號。如果選擇 DIS 2.3 版通信協定，則必須連結 Vega DIS 3 程式庫。

(3)DIS/HLA 通用控制參數：包括下列七項控制參數

(a)是否使用 LADBM(Us ing LADBM)

當使用 LADBM 地理資料庫時，每個地形模型都會指定一個座標原點。如果是以相對作標系統製作某個程式的幾條街道沒有指定地理座標原點時(其原點為 0 , 0 , 0) , 也必須在資料庫管理選擇面板中定義地理位置原點。如果沒有設定地理座標原點，所有單元體會傳送到地球的內部，這或許並非我們所期望的地點。

(b)內連過濾器(Inb ound Filter)

若打開此選項，所有接收到的 PDU 封包會先檢查是否符合所有 NET 過濾器的條件，如果不符合過濾條件的 PDU 並不會被處理。

(c)模式模擬管理 PDU 處理(Siman PDU proc es s ing)

可以開啟或關閉此選項來決定是否處理互動模式模擬管理，如果開啟此功能，Vega DIS-HLA 會回應 Stop/Freeze 與 Start/Resume 設定，並且會移除單元體的 SIMAN 互動，改採適當的互動模式。

(d) 建立內連遊戲者(Inbound Player Creation)

使用者可以選擇以參考物件「內連樣板單元體資訊(Inbound Template Entity Information)」面板的規格來建立內連遊戲者，或者以此選項關閉所有單元體建立內連遊戲者功能。

(e) 內連地面控制(Inbound Ground Clamping)

使用者可以選擇以參考物件「內連樣板單元體資訊」面板的規格來建立地面控制，或者以此選項關閉所有單元體建立地面控制功能。

(f) 發射武器與爆炸控制(Fire and Detonate Clamping)

使用者可以選擇以參考「軍品映對編輯器」內的規格來控制武器發射或爆炸的控制。使用者若選擇發射，則只有處理武器發射的映對功能；若選擇爆炸，則可處理爆炸的映對功能；若二者皆選，則兩者皆可被處理。

(g) 內連死結處理(Inbound Dead Recognition)

使用者可以選擇以參考物件「內連樣板單元體資訊」面板的規格進行死結處理，或者以此選項關閉所有單元體死結處理控制功能。

(4) 模擬參數

演習參數包括武力編號、演習編號、模擬器編號、主機編號、單元體標註控制。武力編號可以用來指定應用系統的成員，若要使用這項資訊，可透過設定「內連外觀」的參數為與武力相關。這項設定可使敵方的武力單元看起來與內連單元體的外觀略有不同。演習編號、模擬器編號、主機編號等資訊對每個模擬而言都是獨一無二的，而且只適用於 DIS 通信協定。單元體標註控制

內定將內連單元體標示為白色，外連單元體為紅色。

(5)DIS 場景

DIS 場景包括所有內連單元體以及 DIS 所建立的特效(包括武器發射或爆炸)，當啟動接收功能，所有 DIS 場景內的物件、特效、海洋環境、聲音都會被加入場景中。

(6)觀察者：包括秘密觀察者與爆炸觀察者。

(a)秘密觀察者(Stealth Observer)

任何一個觀察者可以被指定為秘密觀察者，其作用為可以被其他場景遙控的情報蒐集者。這個特殊功能的觀察者必須與模擬器編號、主機編號等資訊等資訊合併使用，在 HLA 通信協定中，秘密觀察者就像其他單元體一樣具有特殊的編號。在 DIS 通信協定中，若單元體編號被指定為 0 或-1，或者在 HLA 通信協定中，若單元體編號被指定為空白字串，這些單元體就被視為秘密觀察者。秘密觀察者所支援的動作控制與 Vega 控制觀察者的視點控制功能相同。

(b)爆炸觀察者(Detonation Observer)

任何一個觀察者可以被指定為爆炸觀察者，其作用為觀察場景中任何地點發生爆炸情形。觀察者觀察爆炸時間的長短以 Duration 參數控制。

(7)DIS 處理門檻

單元體的時間暫停值內所指定的時間長度，是用來指定內連單元體必須更新其狀態資訊的時間間隔，若在指定的時間內仍然沒有更新其資訊，則這個單元體就會被系統請出場，此選項僅適用於 DIS 通信協定。

2.DIS-HLA 內連單元體映對

DIS-HLA 內連單元體映對可讓使用者將網路單元體型態(或武力)

映對 Vega 場景中的物件，通常可以直接在物件控制面板中「DIS 內連」面板直接設定這些選項。參閱圖 5.7。

例如，我們只有一種形式的船，我們可以將所有的船都對應到一個船的電腦模型，圖 5.7 右方的箭頭可以讓我們增加或者移除這種對應表。每當新增一個對應項目時，有些項目內出現的*號與輸入-1 都是表示這是通用的數值。圖 5.7 顯示設定 Tank 與 Tel 兩個物件。

ForcelD	Kind	Domain	Country	Category	SubCatgry	Specific	Extra	Object
-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	tank
-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	tel

圖 5.7 DIS-HLA 內連單元體映對設定畫面

3.過濾器

Vega 為了提升網路模擬效能，可以設定一些接收資訊的過濾器，Vega 同時支援 DIS 與 HLA 通信協定所需的過濾器。

(1)PDU 過濾器(DIS 專屬)

PDU 過濾器可以不處理某些早期不必要的程序，以增進 DIS 效能。這些情況在某些時候對於 HLA 也是相同的，當然二者的通信協定架構不同，未必完全會有相同的情形發生。然而這些 DIS 的 PDU 過濾器在 HLA 中也提供相同功能的過濾器。任何一個

PDU 必須通過所有的過濾器檢查條件才會被處理(請參考圖 5.8 與圖 5.9)。DIS-HLA 過濾器檢查順序為：

- (a)VR-Link 依據不同演習與通信協定的內建過濾器(DIS)
- (b) 使用者自訂過濾器呼叫程序
- (c)PDU型態過濾器(DIS)
- (d) 單元體型態過濾器
- (e)觀察者距離過濾器
- (f) 地理位置過濾器

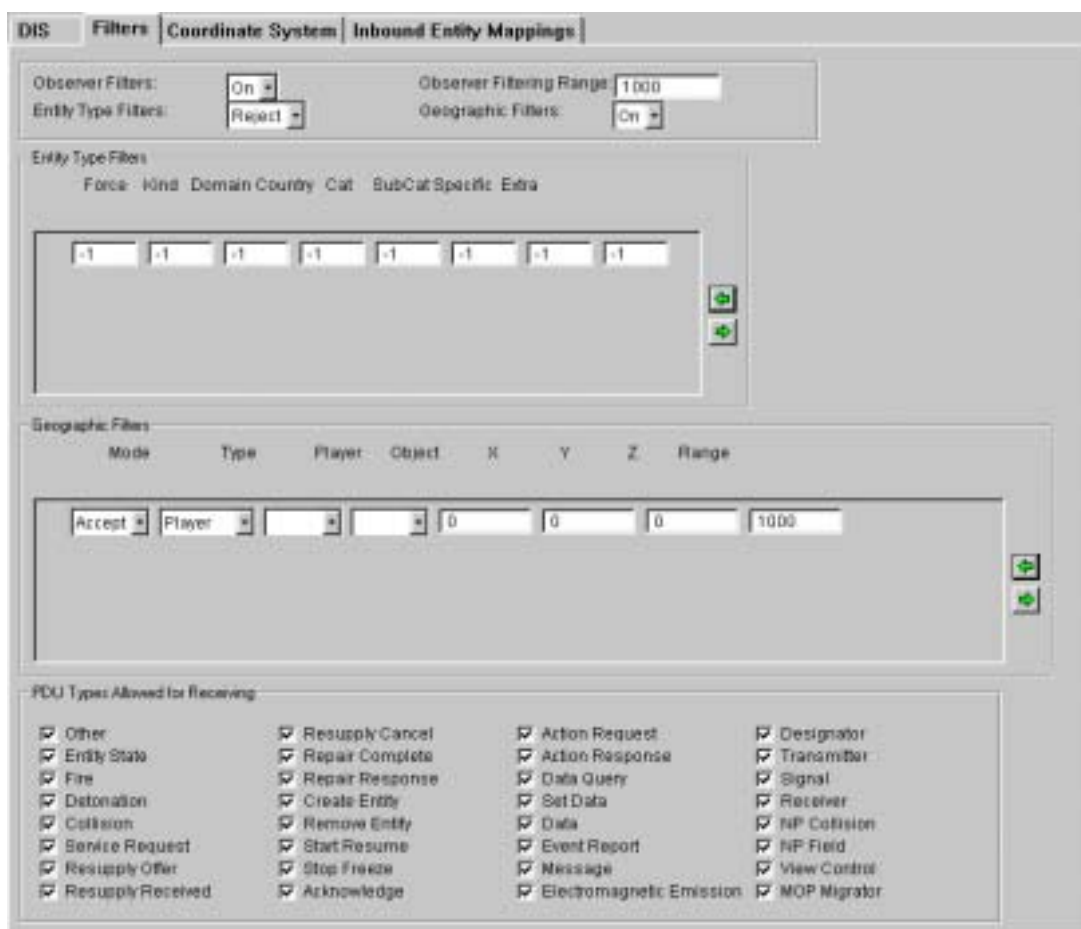


圖 5.8 DIS 過濾器設定畫面



圖 5.9 HLA 過濾器設定畫面

(2) 觀察者距離過濾器

開啟觀察者距離過濾器後，Vega 會自動過濾所有的單元體、武器發射與爆炸的相關資訊，直到這些觀察者靠近觀察者距離過濾器所設定的距離之內時才會啟動這些功能。

(3) 單元體型態過濾器

當設定單元體型態過濾器功能為「關閉(off)」時，Vega 會參考網路訊息內容，不會完全過濾網路單元體的更新資訊；當設定單元體型態過濾器模式為「拒接(Reject)」時，所有被映對的物體，當其進入模擬場景時，其更新資訊不會被傳給 Vega 也不會作更進一步的處理；當設定單元體型態過濾器模式為「接收(Accept)」時，所有被映對的物體，當其進入模擬場景時，其更新資訊才會被傳給 Vega 並且作更進一步的處理。(請參考圖 5.8 與 5.9)

(4)地理位置過濾器

地理位置過濾器的功能與觀察者距離過濾器十分類似，但是地理位置過濾器可以用來貼在一個遊戲者、物體身上，或者可以獨立指定其位置。當開啟設定地理位置過濾器功能時，地理位置過濾器就會發生作用；當關閉地理位置過濾器時，地理位置過濾器就會被關閉。

使用者可以利用地理位置對話盒右方的箭頭新增或移除地理位置過濾器給特定的物件或者遊戲者。當設定地理位置過濾器模式(Mode)為「關閉(Off)」時，地理位置過濾器就會被關閉；當設定地理位置過濾器模式為「接收(Accept)」時，在此物件或遊戲者距離範圍內的互動就會被處理；當設定地理位置過濾器模式為「拒接(Reject)」時，即使在此物件或遊戲者距離範圍內的互動也不會被處理。

使用者可以設定地理位置過濾器型態(Type)為遊戲者、物件或絕對位置。當選擇遊戲者或物件時，會出現另外一個對話盒讓使用者指定特定的遊戲者或物件；當選擇絕對位置時，使用者可以在XYZ欄位內輸入座標值，這個座標可以在應用系統執行被動態改變。每個地理位置過濾器都有一個檢查是否作用的距離，可以在距離(Range)欄位內設定其大小。(請參考圖 5.8)

(5)PDU 型態過濾器

PDU 型態過濾器可以用來過濾要被處理的 PDU 型態(如爆炸、信號...)，如果要設定更多的 PDU 型態過濾器，可以利用 `vgNetFilterAcceptPDU` 或者 `vgNetFilterRejectPDU AI` 來完成。

4.坐標系統

標準的 DIS 應用系統透過網路通訊傳送單元體位置時，採用地理坐標系統。通常一個地形模型的地理坐標系統可以設定為平面、

UTM、大地或地心坐標系統，但是如果這個應用系統會與其他 DIS 系統連接，就必須選擇使用 UTM、大地或地心坐標系統。如果其他的 DIS 應用系統都採用 Vega 設計，可以在設計時，將 VGNET_GEOCENTRIC 的屬性設定為 false 以跳過座標轉換來提升模擬的效率。此外，也可以透過下列控制面板來設定 DIS 坐標系統(請參閱圖 5.10)

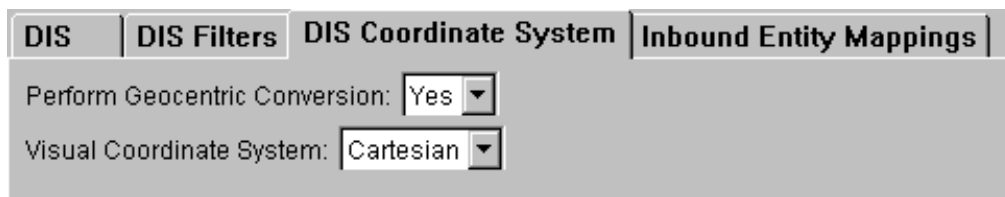


圖 5.10 DIS 坐標系統設定畫面

5.DIS-HLA 單元體外觀編輯器

DIS-HLA 單元體外觀編輯器可讓網路單元體外觀改變時，決定將會作什麼事情。這種效果可以

6.物件控制面板 DIS-HLA 頁籤

在物件控制面板中，有三個 DIS-HLA 功能的頁籤，其中包括一個內連的資訊，兩個用來設定外連的資訊與外觀。必須注意的是，武力、網路單元體型態等資訊是同時被內連與外連物件所共用，因此 Vega 物件像外連物件一樣，同時指定到不同的內連樣板資訊，必須另外建立一個物件，來指定其內連資訊。

(1)內連樣板單元資訊 (Inbound Template Entity Information)

開啟觀察者距離過濾器後，Vega 會自動過濾所有的單元體、武器發射與爆炸的相關資訊，直到這些觀察者靠近觀察者距離過濾器所設定的距離之內時才會啟動這些功能。

(2)外連單元資訊 (Outbound Entity Information)

當設定單元體型態過濾器功能為「關閉(off)」時，Vega 會參考網路訊息內容，不會完全過濾網路單元體的更新資訊；當設定單元體型態過濾器模式為「拒接(Rejection)」時，所有被映對的物體，當其進入模擬場景時，其更新資訊不會被傳給 Vega 也不會作更進一步的處理；當設定單元體型態過濾器模式為「接收(Accept)」時，所有被映對的物體，當其進入模擬場景時，其更新資訊才會被傳給 Vega 並且作更進一步的處理。(請參考圖 5.8 與 5.9)

(3)外連單元外觀 (Outbound Entity Appearance)

地理位置過濾器的功能與觀察者距離過濾器十分類似，但是地理位置過濾器可以用來貼在一個遊戲者、物體身上，或者可以獨立指定其位置。當開啟設定地理位置過濾器功能時，地理位置過濾器就會發生作用；當關閉地理位置過濾器時，地理位置過濾器就會被關閉。

7.觀察者控制面板 DIS-HLA 頁籤

觀察者控制面板與物件控制面板一樣，都有若干個 DIS-HLA 頁籤來設定外連的網路資訊，不同的是內連的網路資訊不能對應到觀察者。在網路上廣播觀察者的好處，是可以讓網路上其他節點的觀察者不必真正具備與本地相同的幾何關係，也能看到本地觀察者的東西。

8.特效與碰撞控制

為了提升網路模擬效能，Vega 可以讓使用者預先將武器發射、爆炸或者碰撞測試的設定，在設定階段就預先定義好。當執行階段需要時就可以直接引用。DIS 特效與碰撞控制的控制面板如圖所示。

5.3 Vega 程式設計

下列為 VEGA DIS 程式碼雛型範例

```
# include <stdio.h> // definition of printf
# include <stdlib.h> // definition of exit
# include <string.h> // definition of strcmp
# include <vg.h> // main include file for Vega
# include "vgmarine.h"
# include <vgnet.h> // protocol-independent include file for VgNet
# include <vgnetd.h> // DIS-specific include file for Vega window
static void change( vgWindow * win, vgGfx * gfx, vgChannel * chan, vgEnv * env );
void main( int argc, char * argv[ ] )
{
    long i, j, k;
    vgObserver * obs;
    vgChannel * chan;
    vgEnv * env;
    vgWindow * win, * win1, * win2;
    vgGfx * gfx;
    if ( argc < 2 ) {
        printf( "syntax: %s <config file> [argv[0]] );
        exit( -1 );
    }
    /* init, definition and configuration of the system */
    vgInitSys();
    vgInitNet();
    vgInitFx();
    vgInitMarine(); // initialize the marine module
    vgDefineSys( argv[ 1 ] );
    vgConfigureSys();
    /* there has to be at least one window, get the first one */
    win = vgGetWin( 0 );
    obs = vgGetObserver( 0 ); /* do the same for the observer */
    chan = vgGetObserverChan( obs ); /* has to have a channel */
    gfx = vgGetObserverGfx( obs ); /* has to have gfx */
    env = vgGetEnv( 0 ); /* env optional but needed here */
    if ( env == NULL ) {
        printf( "could not find the environment\n" );
        vgExit( -1 );
    }
    /* the real-time loop */
    while ( 1 ) {
        vgSyncFrame();
        vgFrame();
        change( win, gfx, chan, env );
    }
    vgExit( 0 );
}
```

圖 5.11 Vega DIS/HLA 基本程式架構

5.4 實務探討

使用 Vega 系統進行多船模擬的步驟如下：

1. 使用 Lynx 圖形介面設定場景
同時設定兩個完全相同的場景，場景內有完全相同的物件、港灣模型與海洋特效。
2. 設定 Vega DIS/HLA 參數
設定 Vega DIS/HLA 控制參數 設定物件 觀察者的 DIS/HLA 參數
3. 加入必要的程式庫
加入 vgDIS 程式庫，並且在程式碼呼叫必要的程式碼。
4. 執行與測試
將兩台電腦用集線器連接起來，分別執行 DIS/HLA 應用系統，可以在不同的電腦上分別看到雙船模擬的情形。（圖 5.12、圖 5.13）



圖 5.12 在第一台電腦上顯示雙船模擬的情形。



圖 5.13 在第二台電腦上顯示雙船模擬的情形。

第六章 基於LoD之大規模圖像即時瀏覽

6.1 前言

虛擬實境(Virtual Reality)是一個結合即時性系統、電腦圖學、3D 動畫與多媒體的整合技術，可應用於醫學、娛樂、教育、軍事等方面。在使用虛擬實境技術時，最重要的核心部分是場景和物體的視覺模擬。所謂視覺模擬，簡單而言就是將真實的世界即時且逼真地模擬出來並加以顯像；因它結合了逼真的虛擬場景和物體、真實的人機介面設備以及即時反應處理，所以可用來設計各種模擬器或訓練器，飛行駕駛模擬器就是個最典型的例子。近年來由於資訊科技蓬勃發展，使得計算機運算速度大幅提昇，尤其是個人電腦的硬體技術更是一日千里。以往虛擬實境的應用只能在高階工作站上執行才能展現視覺方面「融入(Immersion)」的效果，現在在較高級的個人電腦亦可實現。

視覺模擬，它特別強調即時性(Real Time)、低延遲(Low Latency)、穩定的顯像速度(constant frame rate)（例如一秒三十個顯像畫面）及高解析度(High Resolution)。但虛擬實境在處理視覺模擬的時候，由於場景的幾何複雜度、照明效果計算的困難度以及三維資料轉換成二維資料龐大的投影計算，通常會遭遇到下面兩個問題：

- 1.雖然電腦硬體處理三維資料顯像的速度進步很快，但若只以傳統的顯像技術和演算法，基本上仍無法達到虛擬實境在視覺上所需的互動式顯像速度(Interactive Frame Rate)與高品質的需求。
- 2.現今電腦圖學處理物理光線和照明效果，普遍使用的Phong Model 和 Gouraud Shading 並無法模擬真實的光學現象，因此表現出來場景與物體的精緻程度，在視覺並非完美。

一般說來，這兩個問題一直是電腦圖學領域的研究者，為了讓虛擬的場景與物體在視覺顯像上有擬似真實世界的效果，而不斷努力的目標。以第二點來說，為了使顯像畫面擬真，可以採用貼圖(Texture Mapping)、或者是整體照明法(Global Illumination)等技術來達成。另一方面，關於顯像畫面互動速度的研究，為了加速三維物體模型的顯像速度以期達到即時顯像的要求，目前的技術大致可以分成四類，利用觀視點位置對整個虛擬場景與物體做顯像的前置處理，以減少顯像多邊形的數量，提升顯像速度。我們分別簡單介紹如下：

1. 可視範圍擷取(View Culling)：

指顯像前先將不在觀視點可視範圍內的多邊形模型予以去除，當顯像時，就只將位於在觀視點可視範圍內的多邊形模型，交給負責顯像管道(Render Pipeline)工作的硬體處理。

考慮人類視角大小的限制，當觀看一個場景時，在人眼視角外的物體是看不到的；也就是說，若能夠在顯像之前，即將看不見的場景部分去除，而不加以顯像運算也不會對正確的顯像結果造成影響。如此，降低顯像管道系統處理的多邊形數量，可有效的增進顯像速度。

使用可視範圍擷取的方法，通常會先以球體邊界(Bounding Sphere)或方形邊界(Bounding Box)的方式對整個場景做簡易的分割動作，然後再測試球體邊界或方形邊界是否完全在可視範圍外。若是，則球體邊界或方形邊界覆蓋的多邊形則可快速的全部去除；否則即再交由硬體來執行細部的可視範圍擷取。

2. 背面去除(Back Face Culling)：

在傳統的顯像程序內，通常會加入背面去除的功能。程式處理時，通常會先根據觀視方向與法向量檢查多邊形是否背向觀視點；若是，則

觀視點看到的是這個多邊形的背面，而有效的正面是看不到的。因此去除這種背向觀視點的多邊形，可減少顯像管道系統處理的多邊形數量，進而提升顯像速度。目前與背面去除法相關的進階技術以階層式叢集(Clustering)法向量接近的多邊形比較實用，利用這種方式可有效率的去除多量背向觀視點的多邊形。

3.能見度去除(Visibility Culling)：

若將做顯像處理的多邊形已經知道被其它的多邊形擋住，則此多邊形的顯像是不會出現在最後的影像結果，因此，事先去除這類的多邊形，就可以加快顯像速度。如今一般的顯像加速硬體大多支援多邊形的深度測試(Z-Buffer)技術，但假若多邊形的數量仍然過多的話，也是會拖慢整體的顯像速度。所以，如果能夠事先處理多邊形的能見度去除，對於顯像速度仍會有許多的幫助。

4.多層次精細度模型(Level of Detail(LOD) Modeling)：

以上介紹的三種技術之目的都在減少顯像多邊形的數量，也就是在顯像畫面時，先把視覺範圍外或確定看不到的多邊形去除，然後才顯像其餘的多邊形。這樣的做法都加快了即時顯像的速度，但是場景中若有許多複雜的物體模型，需要處理的多邊形數量還是太龐大，依然是達不到互動顯像速度的需求。於是，使用多邊形化簡技術的多層次精細度模型就顯得非常重要了。

在場景顯像時，如果一個物體距離觀視點很遠，其顯像結果在畫面上只佔小小的幾個像素，用很複雜的多邊形模型去處理確實是很不值得的。因此，使用較低精細度的模型去呈現遠離觀視點或偏離觀視點的物體，視覺效果上沒有什麼損失，但是給予顯像管道系統的負擔卻有很大的差別。基於這個想法，因而產生了多層次精細度模型的技術。

多層次精細度模型建構的技術依其建構時間可分為靜態與動態兩類。動態多層次精細模型技術是在執行時間(Run Time)根據觀視點的所在位置，即時建構出不同精細度的多邊形模型。因此，也稱為觀視點相依多層次精細度模型(View-Dependent LOD Modeling)。靜態多層次精細度模型是利用前置處理產生不同精細度的多邊形模型，儲放在記憶體空間。當顯像時，再根據當時的觀視點位置取用適合於顯像的精細度模型，此後若觀視點改變再切換成不同精細度的多邊形模型。這種多層次精細度模型的建構因為與觀視點無關，所以就稱為觀視點不相依多層精細度模型(View-Independent LOD Modeling)技術。

將具有高度值的地形資料組織成多邊形模型，然後做三維投影顯像，在虛擬實境的視覺應用上，是一個很重要的技術。地形資料的顯像應用範圍很廣，例如軍事模擬、交通載具操作模擬訓練、地理資訊查詢或遊戲機臺等。地形顯像可作為與使用者互動的視覺輸出部份，以達成能讓使用者體驗身歷其境的感受，使得使用者更能融入其中。但是地形顯像系統由於需要處理的區域通常很大，加上地形資料建構後的多邊形模型具有大規模的多邊形數量，因此顯像時的速度極慢。

我們根據多層次精細度模型建構的技術來思考對顯像效果的影響，距離觀視點較遠或是位於可視範圍外的地形資料會比近距離的地形資料顯得較不重要。因此在這種情形下，如何滿足顯像品質的要求，並有效的依觀視點位置化簡地形資料，將是地形顯像系統效率的關鍵。此外，地形資料的顯像技術所著重的要點與虛擬實境相關的技術相似，都是希望取得適量複雜度的多邊形模型，使得顯像的擬真度與速度能達到平衡。

本研究之目的在於發展具有高度值地形資料的多層次精細度模型之建構方式，並且推演一套快速顯像且有視覺誤差控制的演算法。由於這個系統著眼點在於逼真與即時的顯像，因此期望系統的顯像速度能達到

每秒二十個顯像畫面，且顯像品質會保持在視覺可以接受的範圍內。

研究的範圍是集中在具觀視點相依之多層次精細度模型的顯像系統，內容包括下列幾項預計完成的目標：

1. 即時的顯像

通常要保持顯像的視覺品質，又不影響到互動式顯像的速度，就要做到有限時間內選取到最佳化的多層次精細度模型。最佳化多層次精細度模型的意義包含兩點：第一，是多層次精細度模型的投影誤差能夠小於預設的上限；第二，是多層次精細度模型的多邊形數量能夠達到最少。我們希望能在規劃的時間內完成建構最佳化多層次精細度模型的步驟，利用縮短多層次精細度模型建構的時間，來提升顯像速度。

2. 幾何連續的多層次精細度模型

除了即時的顯像之外，使用者若想獲得較逼真的顯像，還要考慮多層次精細度模型是否能夠符合幾何連續的情形。通常具有高度值的地形資料經過三角化程序後，建構好的多層次精細度模型可能在相鄰區間連接的地方產生T交點(T-Junction)，如果是採用這種不理想的多層次精細度模型就會在顯像的視覺效果上出現破洞(Cracks)現象。

3. 可供使用者選擇或調整的誤差控制

這是一個具有高度彈性的機制，使用者可配合顯像系統的硬體效能選擇適合該設備的顯像誤差，使得多層次精細度模型的地形顯像系統能夠提供符合使用者需求且最適切的顯像速度與顯像品質。這種友善使用者的介面設計，是希望我們的地形顯像系統能夠在不同的硬體設備下，發揮最大的顯像功效。

4. 地形地表貼圖

貼圖是要表現地形細部的特徵，希望藉由地形高度的變化，把山、河、道路、橋樑等常見的自然景觀或人造建築物，做到高品質的視覺模擬。

6.2 多層次精細度之地形顯像技術

有關地形模型建構的研究，可依據多層次精細度模型建構方式與網格呈現的型態，分成三角不則網格架構(Triangulated Irregular Network, TIN)與規則方格系統(Regular Square Grid, RGS)兩種。另外，又依據多層次精細度模型建構時機與建構時考量因素的不同，區分成與視點無關之地形的多層次精細度模型技術(View-Independent LOD Modeling)和具視點相依之地形的多層次精細度模型技術(View-Dependent LOD Modeling)。以下我們先分別說明這四類地形模型的建構技術與優缺點。

6.2.1 與視點無關之地形的多層次精細度模型

採用四種不同頂點分佈的密度來建構四種不同精細度的幾何模型，分別是距離125M、250M、500M 和1000M。在決定選用哪一精細度的幾何模型前，先把1000M 見方的區域平均分割成田字形，接著再細分成更細的四個階層，因此此塊地形區域就可以用階層式的四元樹(Quad Tree)來表示，如圖6.1。在顯像時，只要可視範圍內的所有區域皆能找到相對應適當的多層次精細度模型，就完成了地形模型的建構。

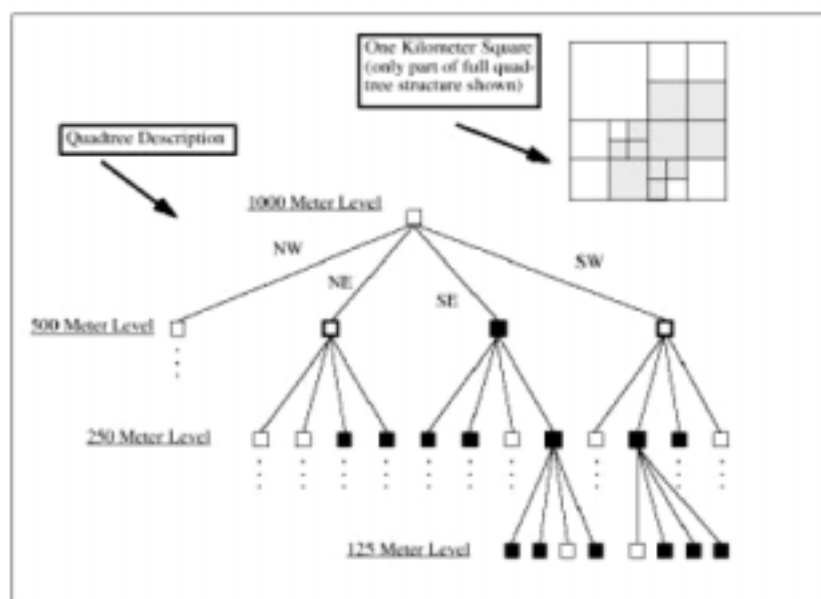


圖6.1 多層次精細度模型的四元樹

當然，這樣的多層次精細度模型有幾項明顯的缺點，第一：因為頂點平均分布的關係，所以並不能表現出重要的地形特徵；第二，不同精細度模型相連接的區域會因為頂點取樣的不一致而出現破洞的現象。

Berg (1995)提出每一個層級(level)的地形頂點皆採用 Delaunay Triangulation 的方式，以建構一個具有階層性質的多層次精細度模型。首先原始資料的頂點所形成的集合是 V_0 ，由 V_0 計算得到一個最大的不相依子集合(Maximal Independent Subset) I_0 ，而 V_0 下一層級的集合是 V_1 等於 $V_0 - I_0$ ；然後再根據 V_1 求出 I_1 、 V_2 ，以此類推到 I_{i-1} 、 V_i ；直到集合的頂點個數少於事先定義的數目為止。因此，把每個層級的頂點集合 V_0 、 V_1 、...、 V_i 三角化就可以得到精細度不同的幾何模型， $DT(V_0)$ 、 $DT(V_1)$ 、...、 $DT(V_i)$ 。因為 $DT(V_i)$ 與 $DT(V_{i+1})$ 之間相差一個頂點集合 I_{i-1} ，所以自然就形成了階層式的架構，如圖6.2。

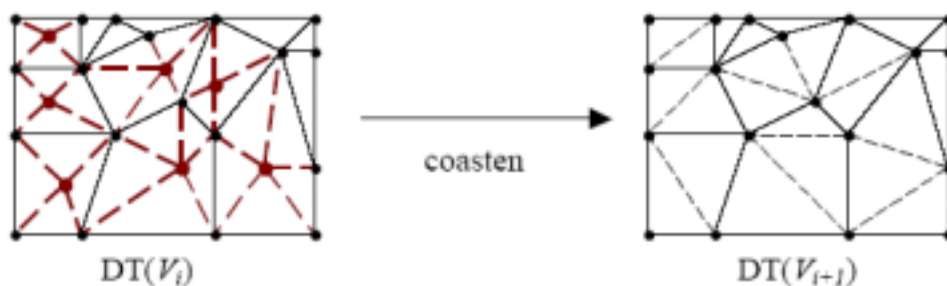


圖6.2 階層式的多層次精細度模型

Berg是首先將Delaunay Triangulation 方法應用到地形模型的建構上，此外，在建構多層次精細度模型的同時，根據場景邊界(Border)上的頂點以及表現地形特徵（如山峰、河流、礦坑等）的頂點不能包含於 I_i 集合（即將要移除頂點的集合）的限制，此做法不但可以成功表現的地形特徵，而且還可以把不同精細度的幾何模型順利連接在一起，仍舊維持空間性的連續(Spatial Continuity)。

但是，這類與視點無關之地形模型的多層次精細度模型有幾項共同的缺點，例如需要大量的記憶體來存放各種不同精細度的地形模型；而且也無法根據視點位置與距離局部性的調整多層次精細度模型；然而，最嚴重的問題是因為記憶體容量的限制，不可能建構足夠多的精細度模型，所以當精細度切換時，突然跳動的顯像情形將使得視覺效果很不逼真。因此現在一般的做法大都將花費在資料存取的時間轉移到動態建構地形資料的多層次精細度模型上，如此不但可以建構較為理想的幾何模型，又可以改善不同精細度之間切換的問題。

6.2.2 具視點相依之地形的多層次精細度模型

Lindstrom(1996)提出化簡地形模型之視點相依的誤差計算方法。它們首先根據地形頂點所在周遭地勢的垂直高度變化定義每個頂點的高度差(Deltavalue)，之後一一將頂點的高度差投影到螢幕座標系統上，如果高度差投影(Deltasegment projection)小於給定的誤差容許值(Tolerance)，

則此頂點就可以化簡，而幾何模型會因此頂點的化簡將兩個較小的三角形合併成一個大三角形，以產生地形資料的多層次精細度模型。

這種多層次精細度模型建構的方法不但有考慮地形頂點的重要性，同時還參酌幾何模型在視覺上的效果（例如觀視方向正好面向山的斜坡，則斜坡上的地形頂點之垂直變化的幾何特徵，就顯得較不重要了），所以可以用較精確的多層次精細度模型達到比較高品質的顯像。不過，由於必須對大量的頂點即時計算高度差的投影值，另外還得支援各種頂點選取情況的幾何模型，所以會因為即時運算需求的負載過重而使得效率變差。

Lindstrom使用四元樹階層式的資料結構紀錄每一區間(Block)的地形頂點，採由下往上的策略化簡高度差投影在給定誤差容許值內的地形頂點，同時提出區間性多層次精細度模型化簡(Block-LoD-Reduction)的演算法，有效率的應用顯像畫面間的共效性可以快速達到大量的化簡不需要選取的地形頂點。另外，在建構地形的多層次精細度模型方面，首先提出具規則性與對稱性的三角化方式，不但不需要大量記憶體空間紀錄繁複的多層次精細度模型，而且可根據既定的規則步驟，迅速取得符合顯像的幾何模型。因此，即時建構具觀視點相依之地形的多層次精細度模型的困難度就獲得解決了。然而，Lindstrom並沒有提供解決多層次精細度模型切換造成顯像跳動的方法，以及解決精細度不同的相鄰區間所造成顯像破洞現象的具體方案。之後，Hoope(1998)以邊線折疊化簡法、漸進式網格模型和觀視點相依之多層次精細度模型的建構方法為基礎，設計一可根據觀視點調整地形頂點選取的機制，然後再依照漸進式網格模型定義的運算，找到符合顯像的幾何模型。值得一提的是，Hoope加入執行時間幾何形變(Runtime Geomorphs)的功能，使得不同精細度的幾何模型轉換較為流暢，以此獲得顯像畫面時間上的連續效果(Temporally

Continuity)。可是由於紀錄幾何形變複雜規則以及採用漸進式網格模型處理地形資料所需的記憶體空間實在可觀，雖然他們提出Output-Sensitive的資料結構可以減少記憶體需求，但對於大規模的地形資料而言，依然還是有嚴格的限制存在。

6.2.3 三角不規則網格架構

地形的多層次精細度模型採用三角不規則網格的架構，主要著眼點是在代表地形區域的幾何模型彈性較高。採用三角不規則網格建構的地形模型，可以彈性地增加或移除動態的地形頂點，或者依照不同方式的幾何連接（或稱為三角化）可以適當的調整地形模型的拓撲架構，因此，往往可以用較少量的三角形數目表示出較為理想的地形全貌或局部特徵。但是產生三角不規則網格模型的演算法通常需要較久的計算時間，不然就是無法因應即時調整多層次精細度模型的需求。然而，Hoppe(1998)應用漸進式網格模型的概念使用前置處理(Pre-Processing)製作地形的多層次精細模型，之後在依據觀視點的改變而動態調整顯像所需的幾何模型，成功地完成三角不規則網格的多層次精細度模型之即時顯像。

事實上，在採用三角不規則網格架構製作之地形的多層次精細度模型，是無法提供使用者直接變更某塊地形區域的幾何模型，如在遊戲或軍事訓練模擬器上的爆炸效果，使得地形資料的原始模型需要變形。另外，如果加上三角不規則網格架構的多層次精細度模型本身不具規則性的緣故，將使得地形表面上物體的處理（如建築物、樹木、道路等）或物體與地形模型的碰撞偵測(Collision Detection)格外困難、沒有效率，主要的理由還是因為由此種架構製作的幾何模型缺乏系統性的空間組織(Spatial Organization)。

6.2.4 規則方格系統

使用規則方格系統製作而成的地形模型若從二維平面上來看，將發

現頂點與頂點連接的方式和幾何模型之三角形的組成方式，具有明顯的且一定的規律性。首先，規則方格系統有兩項顯而易見的特色：第一，幾何模型的頂點都會出現在格子點(Grid Points)上；第二，由頂點連接而成的三角形皆是以等腰直角的形式呈現。其次，規則方格系統比較於三角不規則網格架構的特性是在多層次精細度模型的建構過程中，具有較快的運算速度及使用較簡潔的資料結構。不過，規則方格系統卻有一項不能避免的共同缺點，即三角化產生的幾何模型很少是最佳化或趨近於最佳化的（最佳化的意義是在容許誤差內，幾何模型的三角形數量能夠最少）。主要的原因是地形頂點的均勻取樣而造成高頻率(High Frequency)的地形區域（即需要用較高精細度的幾何模型做代表的地方）會很容易擴散並且影響到原來可使用較低精細度的幾何模型做代表的地形區域。

因此，在許多應用皆採用地形分區(Block Division)的架構來避免地形頂點選取（或三角化程序）的相依效應持續擴散波及整體效益(Global Effect)。除此之外，分區的好處還可以提供可視範圍擷取、區間性多層次精細度模型化簡和顯像系統分頁(Paging)機制。可是在地形分區的架構之下仍有幾項困難有待克服，如相鄰區間不同精細度會造成幾何不連續的現象或地形區間規劃的大小可能引起不同的邊際效應，該如何取得平衡。(Pajarola, 1998)

理所當然的，使用規則方格系統會有幾項重要的優點，例如提供地形頂點選取較簡單的演算法和節省儲存大量資料結構的記憶體空間，並且可彈性的、直接的變更或調整地形資料、幾何模型會維持完整的Delaunay Triangles及應用快速的連環三角形建構(Fast Strip-Triangles Construction)方法以縮短幾何模型的顯像時間等。

地形繪製中常常用到動態LoD(Dynamic Level of Detail)，用來簡化遠處的幾何體的繪製。比如說，遠處的地形就會繪製的較不精細，但隨者

你走近，地形就會越來越細緻（三角形越來越多）。動態多層次精細度模型根據其網格生成方法可以分為基於規則方格網格(Regular Square Grid, RGS)的演算法和基於三角形不規則網(Triangulated Irregular Network, TINs)的演算法兩大類。基於規則方格網格的方法從DEM網格資料(如圖6.3(a))出發生成規則的三角形網格，如圖6.3(b)所示。基於三角形不規則網的方法則直接用滿足重要性條件的頂點生成網格，如圖6.3(c)所示。Hoppe[15]生成的網格就是這種不規則三角形網格，雖然基於規則網格生成網格中的頂點數目和三角形數目都較多，但是易於裁剪和簡化，繪圖的效率更高。

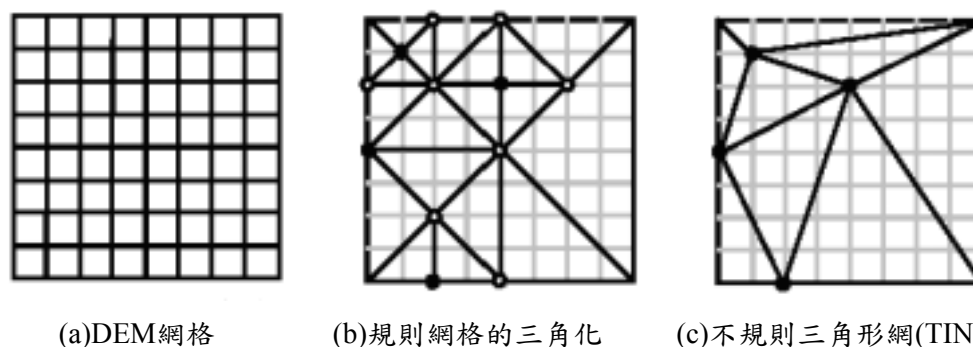


圖6.3 DEM網格的分別方式

6.3 即時最佳化可適性網格(ROAM)演算法

地形模擬的困難度是在於需要即時的計算大量的地形資料，像飛行的模擬，或是以人造探測器模擬地形。在現今的圖形硬體上，這類的問題通常以動態、依視點相關三角形網格和貼圖來減少高解析度影像所需的傳輸速率。而演算法的部分則是以簡化三角格數目、減少模型的複雜度、降低誤差等方面來加強。而 ROAM 的基本概念是一個基於三角二元樹的動態最佳化展示地形方法，以高 Frame Rate 和分頁技術來管理幾何圖形、貼圖、分區區塊的 LoD，可視點裁切和降低顯示時的誤差，並完整展示大規模地形。

即時最佳化可適性網格(Real-time Optimal Adaptive Meshes, ROAM)

演算法其主要理論是輸入地形的大小以及三角格總數和展示地形所需要的時間無關。因為在 ROAM 演算法中展示所需的時間和三角格每秒所改變的數目成比例，換句話說 ROAM 重視的是地形三角格每秒鐘所改變的數目，而不是三角格總數的多寡。ROAM 使用二元三角樹來保持三角坐標的完整性而不是一個巨大的三角形坐標陣列來描繪及儲存地形。ROAM 使用了網格本身關於相鄰節點的一個有趣規律：一個細節節點和它的鄰節點只存在兩種關係：共直角邊關係（例如：左右鄰節點）和共斜邊關係（例如：下鄰節點），我們可以應用這個原理到建立網格上與我們同步保持相鄰的樹。每一個小片（Patch）都是一個單獨的正二等邊三角形，從它的頂點到對面斜邊的中點分割三角形為兩個新的正等邊三角形，分割是遞迴進行的，可以被子節點三角形重複直到達到希望的細節等級。可以在連續的範圍實現從最基本的平面到最高級的最佳化，。而且 ROAM 演算法分割成小方塊非常快速。

ROAM 結構基本的三角形 $T(V_a, V_o, V_1)$ 定義為一個等邊三角形，而 $level=0$ 為 T ， $level=1$ 由 V_a 頂點開始分割，得到端點 V_c ，而子節點則變成 T_0 和 T_1 ，父節點則為 T 。 $level=2$ 接著再以 V_c 為頂點分割，父節點則為 T_0 和 T_1 ，子節點則為 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 ，然後可以依照這個順序一直分割下去，參考圖 6.4。

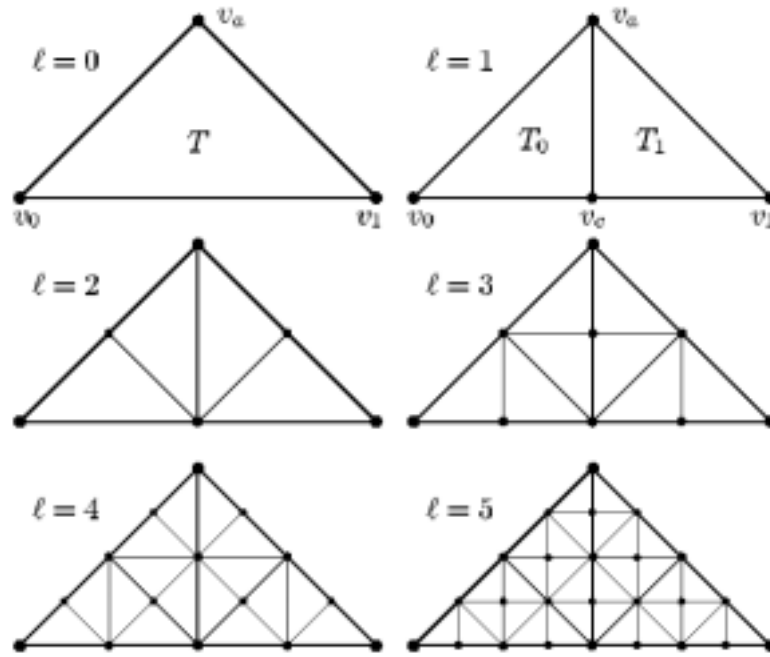


圖 6.4 ROAM 基本三角形結構(Level 0-5 三角二元樹)

ROAM 演算法可以很快的產生棋盤式的資料結構以及大量的頂點值，而 ROAM 的最佳化則是來自於三角形的合併和分割。而三角形的合併和分割需要有索引，動態的緩衝通常都是利用 AGP 中的記憶體來達成的，而這種方式對於電腦的 CPU 而言，讀取較費時但是寫入則可以減少時間，因為這個理由，我們通常在主記憶體中使用緩衝區，將複製的部分更新，然後再重新寫入到完整的主記憶體中。但是在 ROAM 中如何做索引的動作這就是一個問題所在，在原有的即時最佳化可適性網格 (ROAM) 演算法基礎上，增加了三個參數，自左而右再向頂點作索引，當子節點找到時，我們再檢查其他的三個頂點是否存在(而在此步驟中，我們必須指定頂點值給已存在的虛擬值索引)。如果一個或多個頂點的索引值尚未被創造出來時，我們則將這些頂點加入至頂點的緩衝區中，而這頂點緩衝區的位置則是使用一個索引值，然後三個頂點會輸出至索引流中，利用這種方式我們可以有效率的指定頂點對應到緩衝區中頂點，更可以重複的使用。圖 6.5 展示了循環的步驟和如何指定索引：

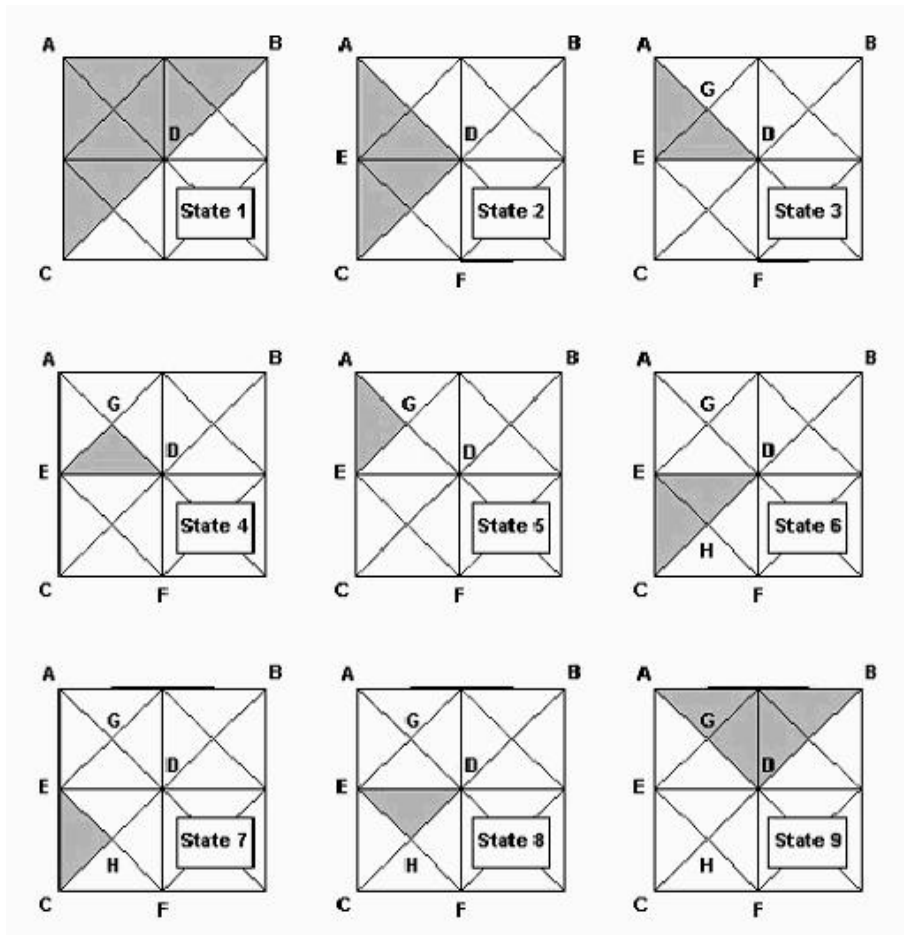


圖 6.5 ROAM 檢查索引值步驟

步驟一：從左邊底部的三角形(C, B, A)開始，此一步驟包含了詳細的描述三角形的左、右、上三個頂點。

步驟二：取左邊的子集合，三角形(A, C, D)。

步驟三：和步驟二的過程一樣，不過換成三角形(D, A, E)。

步驟四：最後我們會得到子集合三角形(E, D, G)，我們檢查此一集合之索引，然後創造出一個新的頂點索引資訊。

步驟五：接下來我們找到另一個子集合三角形(A, E, G)，而 E 和 G 為步驟四中 1 和 3 的值，而在此一步驟中我們僅創造了一個新的頂點值給頂點 A(其索引位置為 4)，而 E, G 則是利用之前緩衝區中的索引值，如此一來，我們就節省了兩個頂點索引的空間。

步驟六：而當我們完成了一個子集合時，我們就向上找尋到另一個父節

點三角形(C, D, E)。

步驟七：接著，我們移到三角形(E, C, H)，然後發現其為子節點，當我們檢查其索引時，我們發現 C 和 H 有著虛擬值(Dummy Value)，所以我們必須創造新的索引值 5, 6 給 C 和 H，而頂點 E 已被設定為 1，然後再將索引輸出。

步驟八：而子節點是三角形(D, E, H)，在此一步驟中，索引值已存在，所以我們可以節省索引空間(三角形 D, E, H 對應至索引位置 2, 1, 6)。

步驟九：重複以上的步驟可以有效的減少索引值。

6.4 鑽石型結構-ROAM 演算法的改進

對於一個三角形節點，只有當節點與節點呈現相鄰關係時才能進行分割（如圖 6.6），這個關係可以把它當作一個鑽石型結構來看待，這樣的形容是因為在鑽石上分割一個節點可以很容易的對應到其他節點，因此在網格上不會出現裂縫。

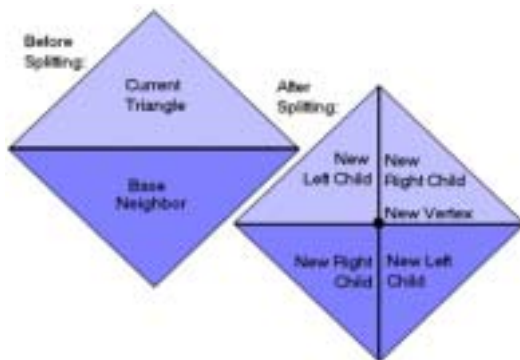


圖 6.6 在一個鑽石結構上進行分割



圖 6.7 基本鑽石型三角二元樹結構分割

鑽石型結構為一等邊長之正三角形，三個角皆為 60 度，而方向可以為向上三角形或向下三角形，而向上或向下皆不會影響繪製圖形的速

度。像 ROAM 一樣，鑽石型結構利用切割(Split)和合併(Merging)的方式去達成多層次精細度模型的控制如圖 6.7 與圖 6.8 所示，但是鑽石型結構不像 ROAM 牽涉到優先權的選擇問題。而基本的 Diamond Structure 演算法，利用固定的四種選擇：

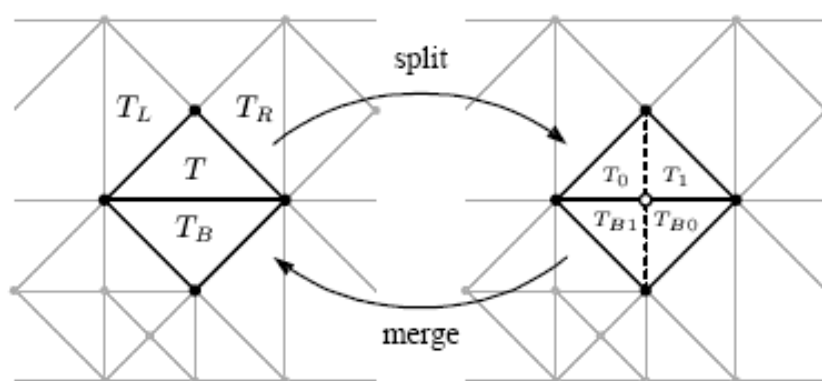


圖 6.8 三角二元樹結構之分割與合併操作

1. 向上分割(Split Above)
2. 向下分割(Split Below)
3. 向上合併(Merge Above)
4. 向下合併(Merge Below)

利用這四種固定的選擇，Diamond Structure 演算法就可以幫助我們指出其優先的順序，而這個選擇是雙重連接的 LIFO 選取，且這個選取允許快速的插入或刪除選取。當分割一個節點時存在三種可能：

1. 節點是鑽石的一部分-分割節點本身和相鄰節點。
2. 節點是網格的邊-只分割這個節點。
3. 節點不是鑽石的一部分-強制分割相鄰節點。

其中強制分割指的是遞迴的搜尋整個網格直到發現鑽石結構形式的節點或網格邊。而其流程如下：當分割一個節點時，首先看是不是鑽石型結構的一部分，如果不是，然後在相鄰節點上產生第二個分割並建立

一個鑽石型結構，然後繼續最初的分割。第二個分割操作將做同樣的工作，重複處理下一個節點，一但發現一個可以遞迴分割的節點，就一直分割下去，如圖 6.9

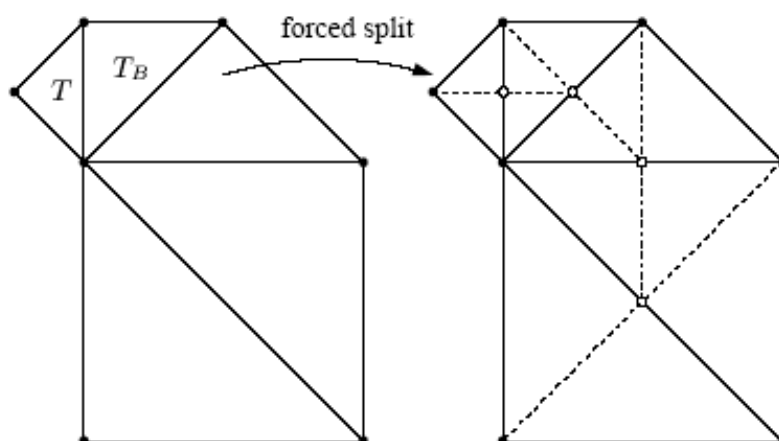


圖 6.9 強制分割操作

6.5 分割時產生的網格裂縫問題

當分割相鄰的二元樹或是四元樹結構時，在網格裏經常出現裂縫，這個裂縫是由於高低不連續的分割區塊穿過邊界的三角格造成的。因此使用動態 LoD 進行繪製地形一個不好的邊緣效果是當三角形從網格中插入或移出時會產生突然的看的見的裂縫如圖 6.10，這個現象可以視作頂點變形體（Morphing），也叫幾何變形體（GeoMorphing）。

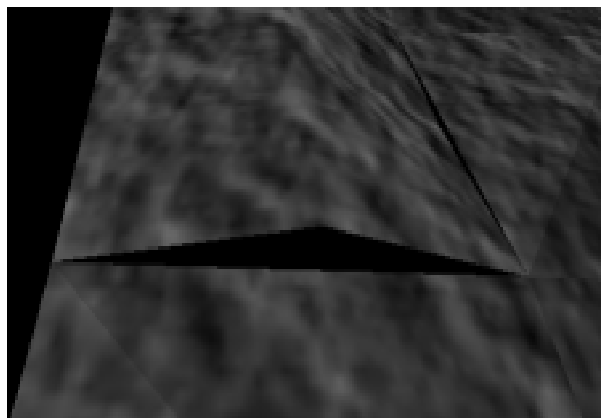


圖 6.10 網格上的裂縫

幾何變形體在 3D 圖形處理上有一些棘手的地方。在分塊過程中鑽石型結構或許保存有一個等於這個三角形的“Morphing”的值，這個“Morphing”值將被保持在 0.0-1.0 的範圍。而在 ROAM 演算法繪製的過程中，有兩個結果需被考慮，一個考慮是三角形的位置(是順時針還是逆時針)，另一個是三角形的連接方式，三角形的位置很容易解決，只要重新定義頂點即可，而三角形的連接方式就複雜許多。LoD 的結構無法產生連續的三角網格，原因之一則是在網格改變時會產生 T-junctions，而解決的方式也很簡單，僅是再額外加入了一個三角形而已。而對於增加的頂點，則有許多情況要被考慮，決定於三角形是否有 0，1，2，3 個相鄰節點，而這就可能導至八種可能性。通過分割相鄰三角形消除裂縫又增加了三角形的數目，基於三角形進行二元分割或者基於分區進行四元分割的簡化方法，需要較多的遞迴次數，這都降低了演算法效率

1998 年，Röttger 提出了一種裂縫消除演算法，這種裂縫消除演算法也是基於規則網格。此種方法提出了兩種影響誤差的因素；頂點到視點的距離值和頂點高度差值。Röttger 使用一種獨特的誤差計算方法，保證相鄰四元樹節點之間的解析度相差不超過一個層次，這大大簡化了裂縫的消除。而 Hoppe 將其依視點相關漸進網格 (VDPM, View Dependent Progressive Meshes) 應用到地形中，實現了大規模地形的即時繪製。Hoppe 首先將地形分為塊狀區域，對每塊區塊分別用漸進網格處理，而 VDPM 可以記錄簡化過程的資訊，用這些資訊可以根據不同的視點即時生成不規則三角形網。但是 Hoppe 的方法佔用記憶體較大，而根據 Andreas Ögren 的比較，Hoppe 的誤差計算方法效率沒有 ROAM 演算法高。

6.6 ROAM 之地形顯示例

圖 6.11 至圖 6.14 為若干地形顯示實例。

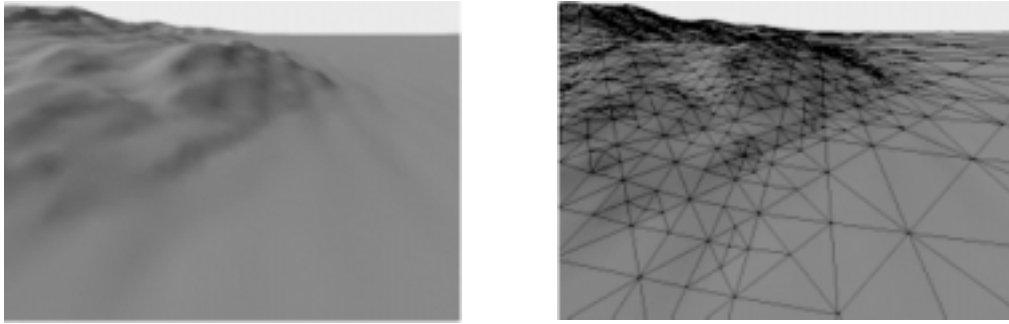


圖 6.11 Roam 之地形範例一

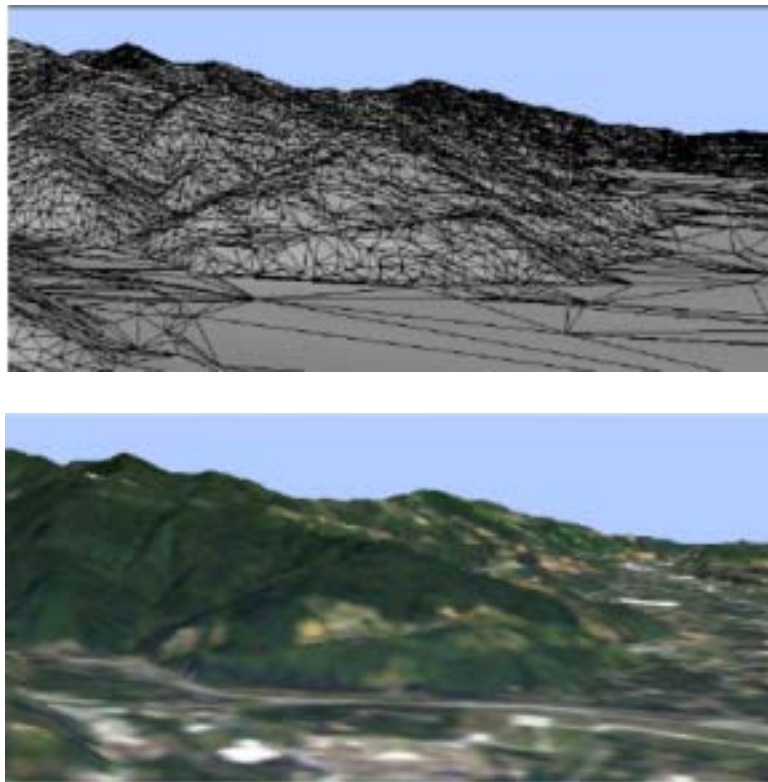


圖 6.12 Roam 之地形範例二

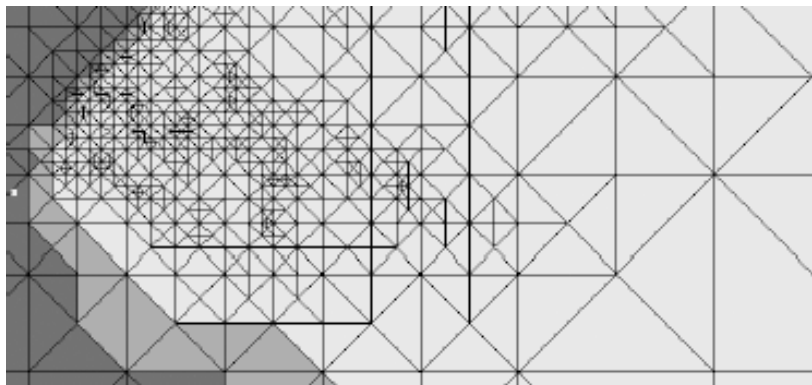


圖 6.13 Roam 地形之三角網，暗色調部份為視點外



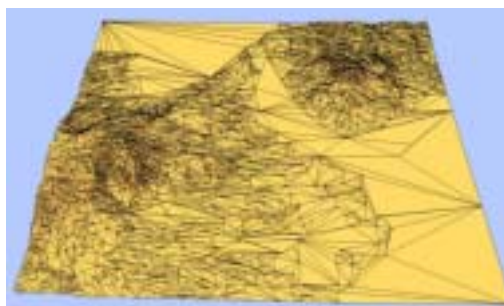
M^0 with 2 triangles.



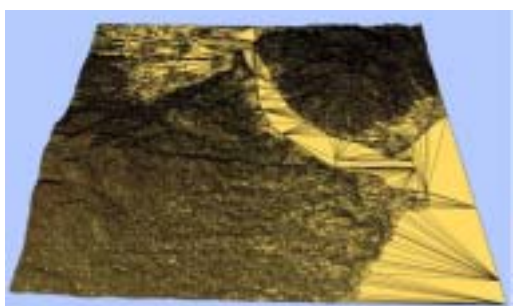
M^{103} with 186 triangles.



M^{1030} with 10131 triangles.



M^{512} with 1988 triangles.



M^{51519} with 102368 triangles.



M^{103037} with 204800 triangles.



The texture-mapped mesh
with 981 triangles



The texture-mapped mesh
with 204800 triangles

圖 6.14 Roam 地形之三角網及貼凸顯示

6-7 海岸圖像大規模地形製作與貼圖

依據「臺灣海岸線」所需港灣範圍，運用大型模型資料庫管理 (LADBM： Large Area Database Management)技術，以地形崎嶇變化程度，將整個臺灣模型切割成適當的模型單元，並依據模型單元涵蓋範圍切割衛星影像。

由於所需切割的影像數量非常多，因此需要設計系統程式，依據 MultiGen 等建模工具地理座標格式，將每張切割後之影像，進行整批地理座標設定。完成切割數值地形模型與衛星影像地理註冊工作後，將所有貼圖影像貼在地形模型上，即可完成臺灣海岸線基礎圖台。

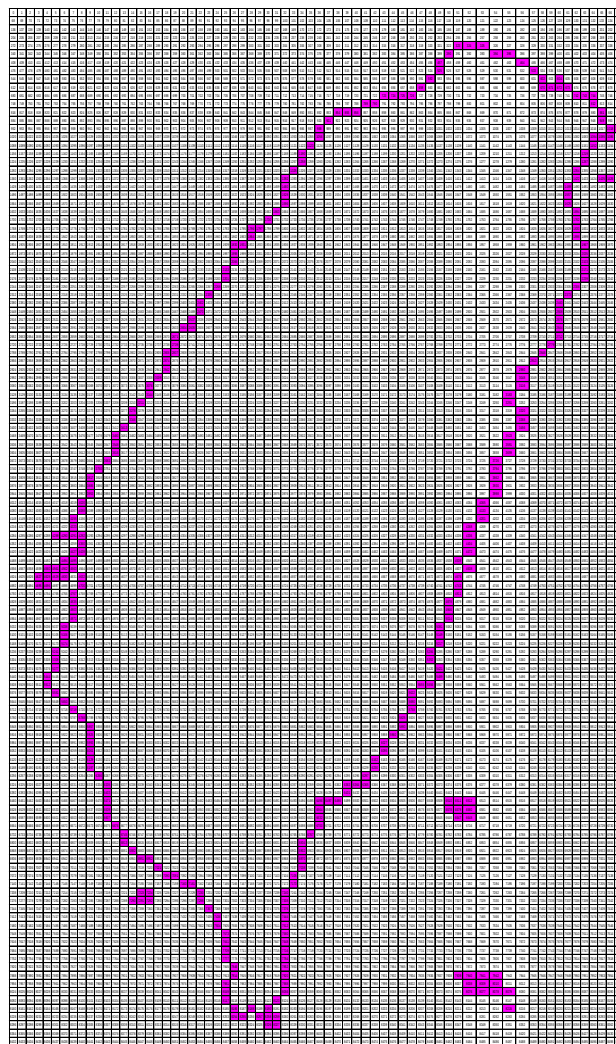
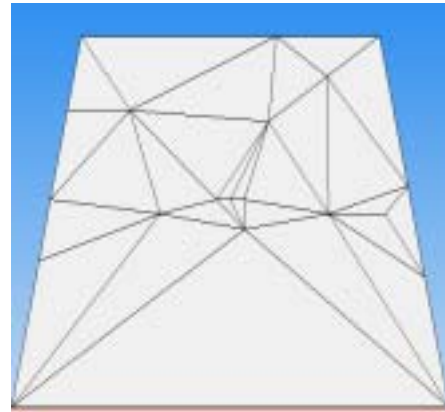
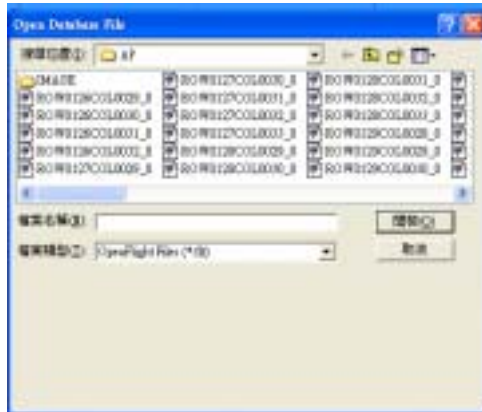


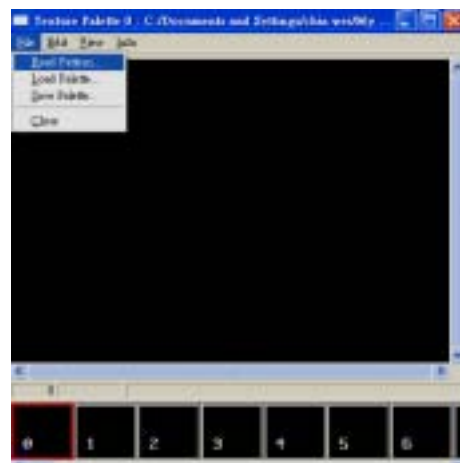
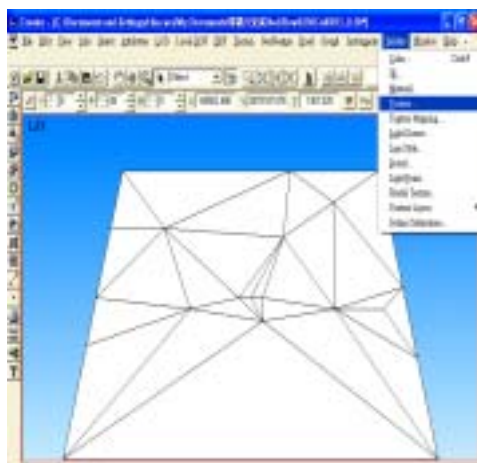
圖 6.15 臺灣海岸線切割示意圖

貼圖步驟

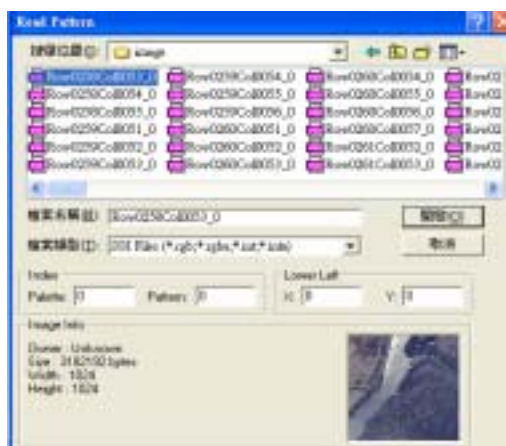
1. 開啟檔案



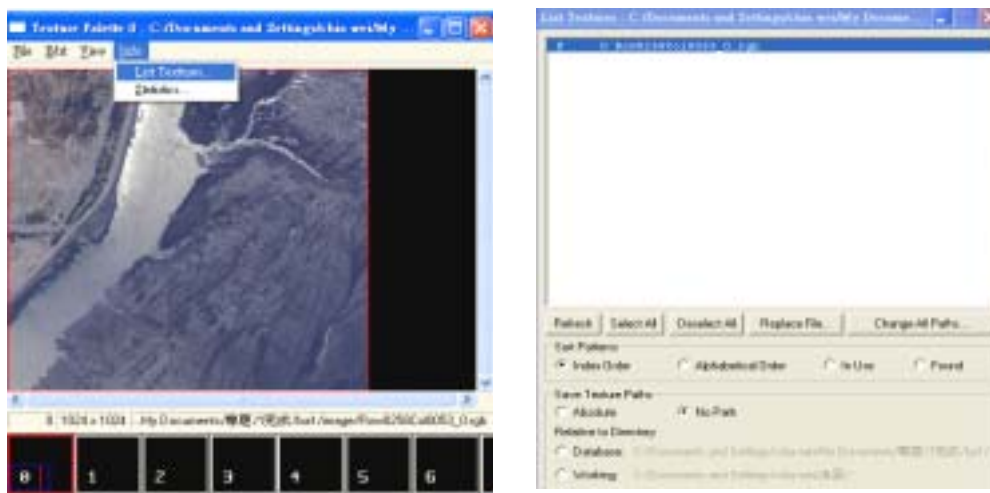
2. 選 PALETTER → TEXTURE



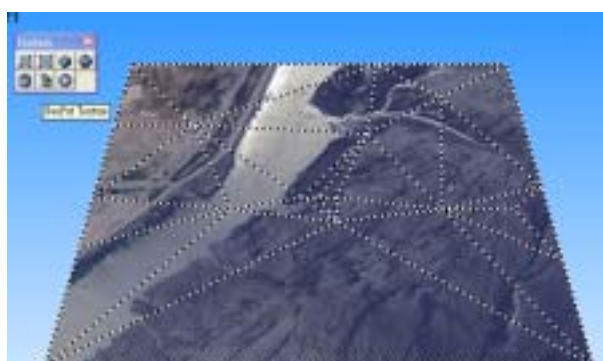
3. 找尋其相同編號的影像檔→開啟



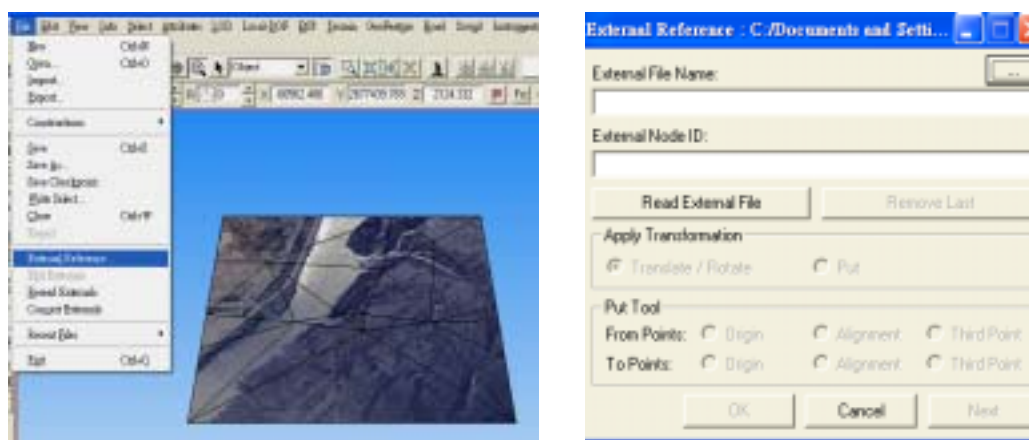
4. 調整其來源路徑(拼貼時需混在一起)



5. 選 GeoPut 使其貼上



6. 一塊一塊匯入，使其聯結



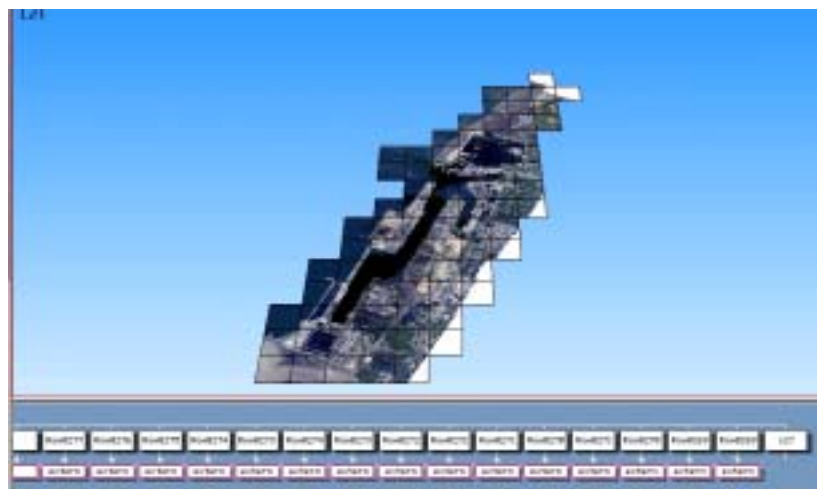
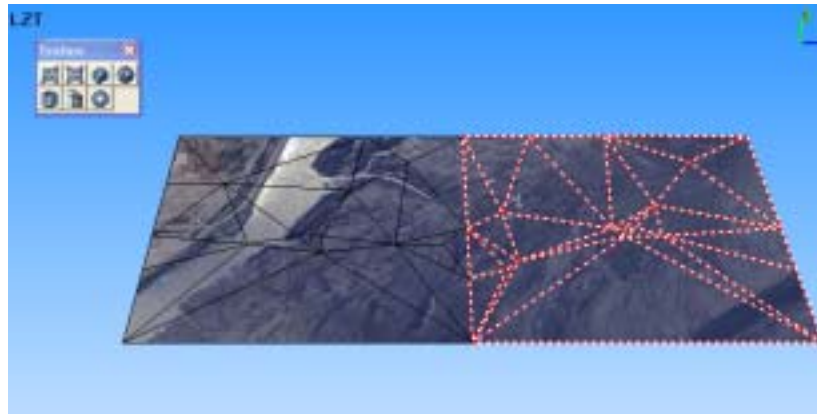


圖 6.16 臺中港的拼貼過程



圖 6.17 三維地形瀏覽

第七章 系統規劃與設計

本計畫將以地理資訊系統(GIS：Geographic Information System)全球衛星定位系統(GPS：Global Positioning System)與遙感探測(RS：Remote Sensing)等 3S 技術與虛擬實境(VR：Virtual Reality)技術整合為基礎，結合運用 HLA 網路通訊架構、大型影像與資料庫管理、電機機械自動控制之可程式化控制器技術(PLC：Programmable Logic Controller) 全景投影顯像技術、海洋科學、人工智慧、雷達視效模擬等技術，進行系統整合開發設計，並經過詳細之評估與測試，技術以符合本案研究需求。

本系統硬體架構規劃圖如圖 7.1 所示。

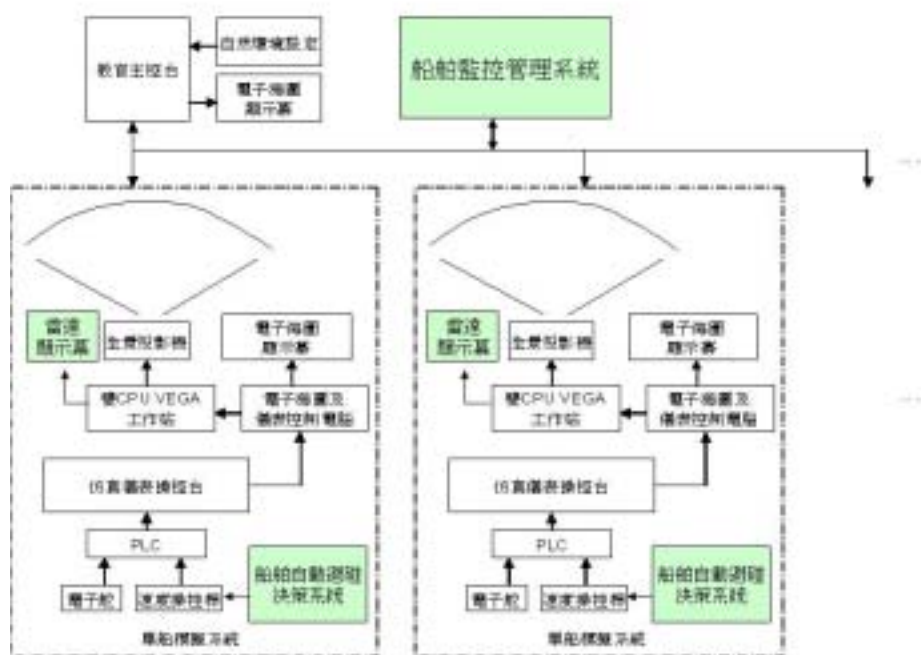


圖 7.1 系統硬體架構圖

圖中綠色方塊表示預計於本年度擴充之模組。

以下概要說明本案之研究方法與步驟：

7.1 設計船舶動態監控系統

本年度將擴充第二年度完成之三度空間港灣雙船模擬系統，以臺中港港區為範圍，結合第二年度完成之GPS船舶定位管理系統，研發臺中港港區船舶航行避碰與管理系統研究與設計。

系統以國際標準ENC電子海圖為底圖，並可與模擬系統透過電腦網路，以依據船舶尺寸大小與海圖比例尺所設定的封閉多邊形作為船舶符號，即時以符號顯示多船模擬系統內船舶運動情形，顯示記錄多船航跡、紀錄與回播各模擬船隻航行參數，查詢顯示多船船舶資訊。

本系統將在Windows視窗作業系統下，以Visual C++程式語言開發環境，設計電子海圖顯示模組，網路通信模組、船舶資訊紀錄與回播模組。電子海圖顯示模組主要功能為讀取及顯示國際標準ENC電子海圖格式，並包括放大、縮小、平移、查詢圖資屬性等基本功能。網路通信模組負責與模擬系統交換資料，以隨時獲得模擬系統內各船舶船位資訊，並將獲得的資訊透過船舶資訊紀錄與回播模組儲存於船舶資料庫內。

每個模擬單元內的船舶自動避碰系統，所需的參數非常複雜，包括

- (1) 本船靜態資訊：本船船長、船寬、本船吃水或載重量。
- (2) 本船動態資訊：船速、航向、目前吃水狀態下的迴旋半徑，旋轉90度所需時間、由全速前進減至半速所需的時間與前進距離、由全速前進減至慢速所需的時間與前進距離、由全速前進減至主機停止所需的時間與前進距離、由全速前進減至全速倒俾所需的時間與前進距離。
- (3) 雷達模擬系統提供他船的參數：位置、船速、航向、距離等。
- (4) 本船與他船之間的參數：相對速度、相對速度方向、相對本船的舷角。

- (5) 所有他船的DCPA、TCPA、空間碰撞危險度、時間碰撞危險度、碰撞危險度。
- (6) 確定是兩船相遇或是多船相遇，以及本船在避碰中的權利義務是讓路船還是直行船。
- (7) 如果本船是讓路船，必須確定是左讓還是右讓，確定轉向幅度、轉向時機與恢復航線時機。如果本船是直行船，則必須及時監控他船相對位置，以確定他船是否採取避碰措施。

本系統為與現有模擬系統整合，將在Windows視窗作業系統下，以Visual C++程式語言開發環境，設計船舶基本資訊處理模組、碰撞幾何學計算模組、碰撞危險度評估模組、船舶避碰行動時機模組與船舶避碰智慧決策模組。船舶基本資訊處理模組負責與模擬系統溝通，負責存取與處理船舶基本靜態與動態資訊。碰撞幾何學計算模組負責依據本船與他船位置與相關資訊，計算本船與他船之間的相對速度、相對速度方向、相對本船的舷角，計算他船的DCPA、TCPA。

碰撞危險度評估模組負責計算與評估空間碰撞危險度、時間碰撞危險度、碰撞危險度等不確定因素。採用類神經網路中逆傳神經網路方法，分析訓練各種碰撞危險度情形，求解適當的隱藏層與輸出節點，並且隨機產生不同的數據，包括本船航向、本船速度、他船航向、他船速度、相對舷角、相對距離等參數樣本進行訓練，作為建立碰撞危險度評估逆傳神經網路的加權係數。

在建立船舶避碰行動時機數學模型上，將先分別分析直航船與讓路船航速分別在15節與20節的情形下，在30度與60度舷角的情形下的最小、最大與平均轉向避讓角度，以作為發展船舶避碰行動時機模組的基礎。並且以資訊理論中資訊亂度理論，評估船舶採取避碰行動的不確定性，進行船舶採取避碰行動的整體統計，求出直航船與讓路船可能行動

的避碰時機模型。

船舶避碰智慧決策模組將參考圖4.2發展架構圖，以人工智慧專家系統建構方式，建立船舶避碰智慧決策模組。模組由資料庫、知識庫、機器學習、推理機與感應模組所構成，感應模組負責蒐集本船與他船的運動資訊，並將所蒐集的資訊傳入資料庫中，感應模組包括蒐集來自ARPA、電羅經、航速儀、計程儀、GPS與本船資料等數據。資料庫內除了存放來自感應模組的資訊外，也將儲存推理過程的中間結果等數據，提供機器學習與推理機使用。

知識庫內主要由國際海上避碰章程、船員的經驗、專家對國際海上避碰規則的理解和知識的模組，以及根據船員避碰行為和專家經驗所推導的研究成果...等所形成的專家知識庫，構成船舶避碰智慧決策的核心。機器學習採用歸納學習法作為學習策略，由推理機推理決定選取哪個模組來確定避碰方法，在推理機的控制之下，決定應從知識庫中選取哪一個類別的演算法進行計算、分析和判斷，如此可避免盲目學習，提高學習有效性。

7.2 設計三度空間港灣導覽系統

擴充臺中港港灣資訊系統，增加自然環境特效模組、港灣導覽資料庫模組、語音撥放模組，使系統成為三度空間港灣導覽系統，可讓參觀者不必搭船出海，即可透過本系統在臺中港港內導覽。系統會隨時自動判斷船隻進入臺中港港區特定港域時，自動從港灣導覽資料庫開啟該特定港域的語音及描述性屬性資料，以聲音與文字同步顯示的方式提供港灣導覽(圖7.2)。

系統開發環境為視窗作業系統下，採用Visual C++程式語言開發環境設計，主要包括幾何學圖形計算模組、導覽資訊管理模組、自然環境特

效模組、碰撞處理模組。幾何學圖形計算模組負責隨時檢查船舶所在位置，包括可處理點、多邊形資料型態的物件，檢查任意點位是否在多邊形物件內函數。本系統擴充多邊形資料型態物件，附加導覽語音與文字檔案名稱，以便後續導覽資訊管理模組載入相關資訊使用。

導覽資訊管理模組負責讀取港灣導覽資料庫內，特定港域多邊形座標以及相對應的導覽文字檔案與語音檔案資訊，當幾何學圖形計算模組求得船舶進入特定港域多邊形內後，會啟動視窗系統語音播放功能，並且開啟一對話盒，將導覽文字檔案內資訊顯示在對話盒內，直到使用者關閉對話盒為止。

自然環境特效模組、碰撞處理模組為系統與模擬系統溝通與交換訊息的功能模組。自然環境特效模組可依據使用者需求，開啟或關閉某些特定的自然環境特效、例如，可讓使用者設定開啟或關閉濃霧特效，設定日夜昏暗程度，或者設定能見度距離等等。碰撞處理模組為處理模擬系統中，船隻碰撞到碼頭時，應處理的情形，例如，船隻停止或發出警告，或讓使用者選擇後續的處置措施。

導覽系統的雛形如圖7.2所示。



圖7.2 臺中港三度空間港灣導覽系統示意圖

7.3 船舶 GPS 定位管理系統

7.3.1 GPS 定位系統設計與操作

GPS 接收程式是透過 RS232 介面將 GPS 的資料傳輸到電腦。其傳輸格式：傳輸數率為 4800 b ite/s ee 資料位元為 8 位元，停止位元為 1。GPS 資料的格式為 National Marine Elec tronic s As s oc iation' s NMEA 0183 ASCII 簡稱 NMEA 0183。其中本程式有用到的資料分別為 Glob al Pos itioning Sys tem Fix Data(GGA) GPS DOP and Ac tive Satellites (GSA) GPS Satellites in View(GSV)； Rec ommend ed Minimum Spec if ic GPS/TRANSIT Data(RMC)。其格式如下：

GPS DOP and Active Satellites(GSA) :

\$ GPGGA, < 1>, < 2>, < 3>, < 4> < 5> < 6>, < 7>, < 8>, < 9>, < M>, < 11> ,
< 12>*hh< CR> < LF>

- < 1> UTC time of pos ition f ix in mms s f ormat
- < 2> Latitud e d d mm.mmmm f ormat (lead ing z eros will b e trans mitted)
- < 3> Latitud e hemis phereN or S
- < 4> Longitud e d d d mm.mmmm f ormat (lead ing z eros will b e trans mitted)
- < 5> Longitud e hemis phereE or W
- < 6> GPS q uality ind ic ation= f ix not availab le 1 = Non-d if f erential GPS
f ix availab le 2 = Dif f erential GPS (DGPS) f ix availab le
- < 7> Numb er of s atellites in v iew 0 to 08 (lead ing z eros will b e
trans mitted)
- < 8> Horiz ontal d ilution of prec is ion 1.0 to 99.9
- < 9> Antenna height ab ove/b elow mean s ea level 9999.9to 99999.9
meters
- < 10> Geoid al height -999.9 to 9999.9 meters
- < 11> Dif f erential GPS (RTCM-SC104) d ata age n umb er of s ec ond s s inc e
las t valid RTCM trans mis s ion (null if non-DGPS)
- < 12> Dif f erential Ref erenc e Station ID 0000 to 1023 (lead ing z eros will b e
trans mitted, null if non-DGPS)

GPS DOP and Active Satellites (GSA) :

\$ GPGSA, <1>, <2>, <3>, <; 3> <3>, <3>, <3>, <3>, <3>, <3>, <3>
 <3>, <3>, <3>, <3>, <4>, <5>, <6>*hb< CR>< LF>

- < 1> Mod e M = manual , A = automatic
- < 2> Fix type, 1 = not available, 2 = 2D , 3 = 3D
- < 3> PRN number 01 to 32 , of satellites used in solution to 12 transmitted (leading zeros will be transmitted)
- < 4> Position dilution of prec is 1.0 to 99.9
- < 5> Horizontal dilution of prec is 1.0 to 99.9
- < 6> Vertical dilution of prec is 1.0 to 99.9

GPS Satellites in View (GSV) :

\$ GPGSV, < 1>, < 2>, < 3>, < 4>, < 5>, < 6>, < 7>, ...< 4>, < 5>, < 6>, < 7>*

- < 1> Total number of GSV sentences to be transmitted
- < 2> Number of current GSV sentences . ^
- < 3> Total number of satellites in view 00 to 12 (leading zeros will be transmitted)
- < 4> Satellite PRN number 01 to 32 (leading zeros will be transmitted)
- < 5> Satellite elevation 00 to 90 degrees (leading zeros will be transmitted)
- < 6> Satellite azimuth 000 to 359 degrees, true (leading zeros will be transmitted)
- < 7> Signal to noise ratio (C/No) 00 to 99 dB null when not tracking (leading zeros will be transmitted)

NOTE : Items < 4> < 5>, < 6> and < 7> repeat for each satellite in view to a maximum of four (4) satellites per sentence. Additional satellites in view information must be sent in subsequent sentences. These fields will be null if unused.

Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data (RMC) :

\$ GPRMC, < 1>, < 2>, < 3>, < 4>, < 5>, < 6>, < 7>, < 8>, < 9>, < 10>, < 11>*hh< CR> < LF>

< 1> UTC time of position f h h m m s s f o r m a t

< 2> Status, A = Valid position V = NAV receiver warning

< 3> Latitude d d m m . m m m m f o r m a t (l e a d i n g z e r o s w i l l b e t r a n s m i t t e d)

< 4> Latitude hemisphere N or S

< 5> Longitude d d d m m . m m m m f o r m a t (l e a d i n g z e r o s w i l l b e t r a n s m i t t e d)

< 6> Longitude hemisphere E or W

< 7> Speed over ground 0.0 to 999.9 k n o t s .

< 8> Course over ground 000.0 to 359.9 d e g r e e s , t r u e (l e a d i n g z e r o s w i l l b e t r a n s m i t t e d)

< 9> UTC date of position f d x d m m y y f o r m a t

< 10> Magnetic variation 000.0 to 180.0 d e g r e e s (l e a d i n g z e r o s w i l l b e t r a n s m i t t e d)

< 11> Magnetic variation direction E or W (w e s t e r l y v a r i a t i o n a d d s t o t r u e c o u r s e)

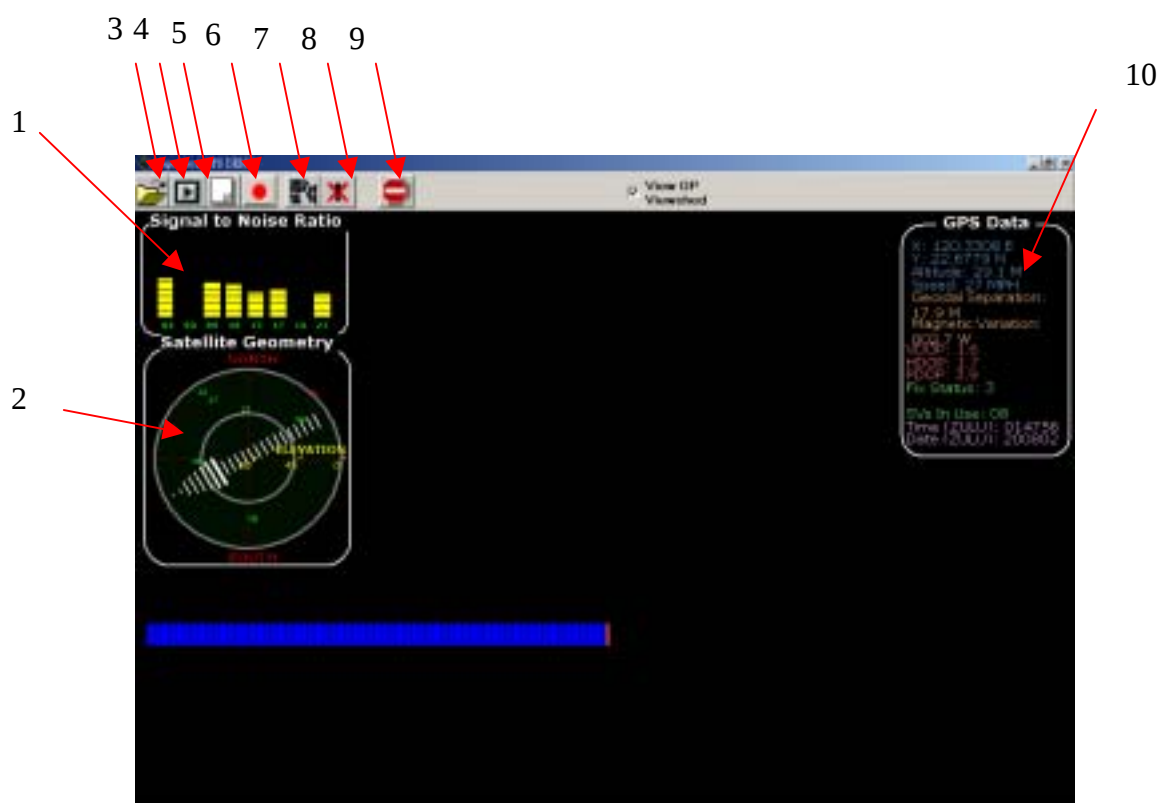
接收程式是依此格式來接收 GPS 資料，再以圖表和數據顯示於螢幕上。目前已完成的系統中，在行動端(Client)方面，主要為 NoteBook Computer(筆記型電腦)系統；所使用之開發工具為 VB 語言。

由於軟硬體之進步，行動通訊技術之快速發展，使行動通訊廣泛使用於世界每個角落，每個行動用戶可以在任何時間及地點，與另一端的使用者溝通及傳送資料，為人們在日常生活中帶來了無限的便利。本系統的主要為透過 VB 程式開發語言，撰寫 NoteBook 上的接收及控制介面，然後透過 GPS 接收器，接收衛星訊號(WGS84 經緯度)之後，進行坐標轉換，得到目前行車端所在坐標(TWD67 二度 TM 投影坐標)，將之存入記憶體之中，行動端可啟動通訊裝置，即時的將所在地的坐標資料和狀況類型，回傳給管理監控中心。通訊方面利用 AT Command 指令來驅動手機，並以簡訊服務(SMS)的方式，回傳行動端的相關坐標資訊。

執行程式後操作介面如圖與功能簡介如圖 7.3 與 7.4 所示。



圖 7.3 筆記型電腦系統



- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1.衛星個別信號雜訊比 | 6.開始記錄 GPS 資料 |
| 2.衛星在天體的相關位置
與行進方向的顯示 | 7.電腦連接附的設定與開
啟接收 GPS 資料 |
| 3.打開已記錄檔案 | 8.停止接收 GPS 資料 |
| 4.播放記錄檔案 | 9.停止記錄 GPS 資料 |
| 5.新記錄檔案的設定 | 10.GPS 資料數值顯示 |

圖 7.4 GPS 操作界面

連接 GPS 與記錄航跡操作步驟如下：

1. 先將 GPS 與電腦連接上，將 GPS 開啟。
2. 按 7 扭設定與開啟連接附，此時 1、2、10 畫面將會有 GPS 資料輸入。
3. 按 5 扭設定新記錄檔案名稱。
4. 按 6 扭開始記錄 GPS 資料。
5. 按 9 扭停止記錄 GPS 資料。
6. 按 8 扭停止接收 GPS 資料。

播放 GPS 記錄操作步驟如下：

1. 按 3 扭打開已記錄檔案。
2. 按 4 扭播放記錄檔案。

此時 1、2、10 畫面將會有 GPS 資料輸入。

7.3.2 船舶 GPS 定位管理系統設計

船隻定位系統管理中心可通過 GSM 通信網與移動中的船隻進行通話、簡訊傳輸和資料傳輸，完成船隻定位、航管、監控、報警等功能，並能夠在電子地圖上顯示船隻的位置。其中接收簡訊用 GSM 用戶終端(如手機、船載台)或用可接收簡訊功能的固定用戶設備，也可用 ISDN 方式直接連接到移動通信局的簡訊服務中心，這樣接收簡訊更迅捷，容量更大。

用 GSM 通信網實現船隻定位系統管理中心的原理框圖如圖 7.5 所示。船載終端由 GSM 移動終端(手機或船載台)、GPS 接收機和控制處理單元組成，如圖 7.6 所示。

控制單元功能包括接收 GPS 定位資料、與 GSM 移動台介面、控制移動台自動撥號和自動收發資料、收發簡訊、顯示船隻位置、自動/人工報警、航管等。報警主要用於船隻故障或特殊情況下使用。報警時可報告船隻編號、狀況、位置等資訊，監控中心收到報警資訊後可遙控他船前往處理。

GPS 接收機用來接收 GPS 衛星發來的信號並解算出定位資訊，由控制單元讀取、顯示，並通過移動終端傳送到管理中心。

移動終端提供話音、簡訊和數據業務，控制單元可以向移動終端機發送撥號等控制命令以溝通话音、收發簡訊和資料。對一般船隻用簡訊的方式進行監控，即船上控制單元把接收到的 GPS 定位資訊通過 GSM 的簡訊業務發送到中心站。GSM 的簡訊可與資料或通話同時進行而互不影響。對一些特殊船隻需要實時監控的，可以用 9600b it/s 的資料通信業務，也可採用簡訊和資料兩種方式相結合傳送定位資訊。

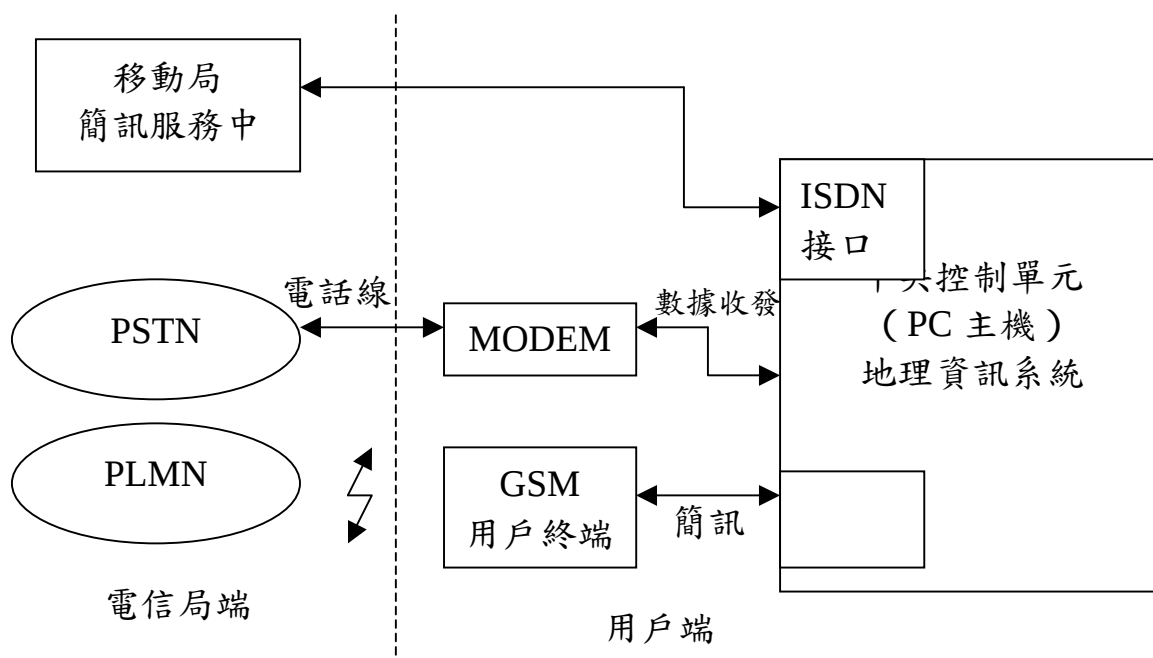


圖 7.5 船隻定位系統管理中心

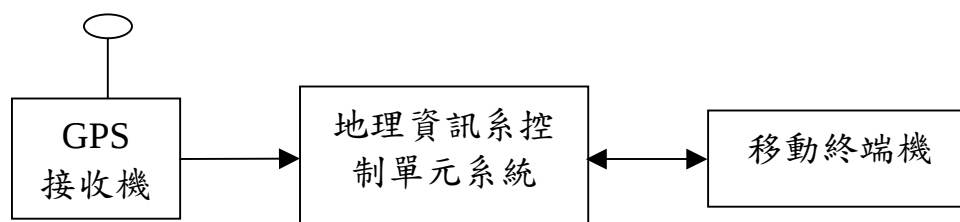


圖 7.6 船載終端

應用架構的管理的系統端為採用網路地理資訊系統架構的 INetMap 軟體為開發工具，它是將原始 Tif f 格式之大型圖像經由所提供之工具轉換成 HIF 或 IIF 檔案格式，並將向量圖檔(SHP、MIF 或 DWG)轉換成 IMF 檔案格式，將向量圖檔和影像圖檔套疊，搭配向量圖檔參考的符號庫(*.b s y*.s ym *.lin、*.are 和*.tx)，呈現在用戶端網頁或應用程式所嵌入的元件畫面上。

INetMap 用戶端(Client)是以 Ac tiveX 技術設計成元件，因此可讓程式開發人員自由嵌入網頁或開發軟體中，快速強化網頁或軟體功能，縮短軟體開發時程，節省大量的時間與人力，此外，透過自行研發的圖形運算引擎，可快速回應使用者在用戶端開啟大容量影像和向量圖檔的一切動作，如放大、縮小、局部放大...等等圖形重置動作，皆只須短短數秒鐘時間，徹底解決以往限於網路頻寬太小而無法在網上即時觀看大容量影像圖檔的問題，更包含對於向量圖層的開啟、關閉、屬性查詢、搜尋...等功能。INetViewer f or Map提供一組標準溝通介面，使用者可依此標準撰寫的 DLL (動態連結函式庫) 程式皆可成為圖檔的一部份，此 DLL 在此圖檔有任何動作發生時皆會收到訊息，可向圖檔詢問許多關於圖資的資訊，此 DLL 將被當成此圖檔的一個圖層，而該圖層所顯示資訊由使用者依其需求所撰寫的程式自行繪出。

INetViewer 對每一圖檔能建立一特殊的 DLL 程式，此程式將使此圖檔具有 Trac k ing圖層的能力，當 Trac k ing圖層內之物體位置改變而自動重繪時，並不會引起整個畫面的重繪。INetViewer f or Map在網際網路上具備有 Trac k ing圖層的能力，可用於開發勤務管理監控或指揮中心系統。圖像展示如圖 7.7 與圖 7.8 所示。

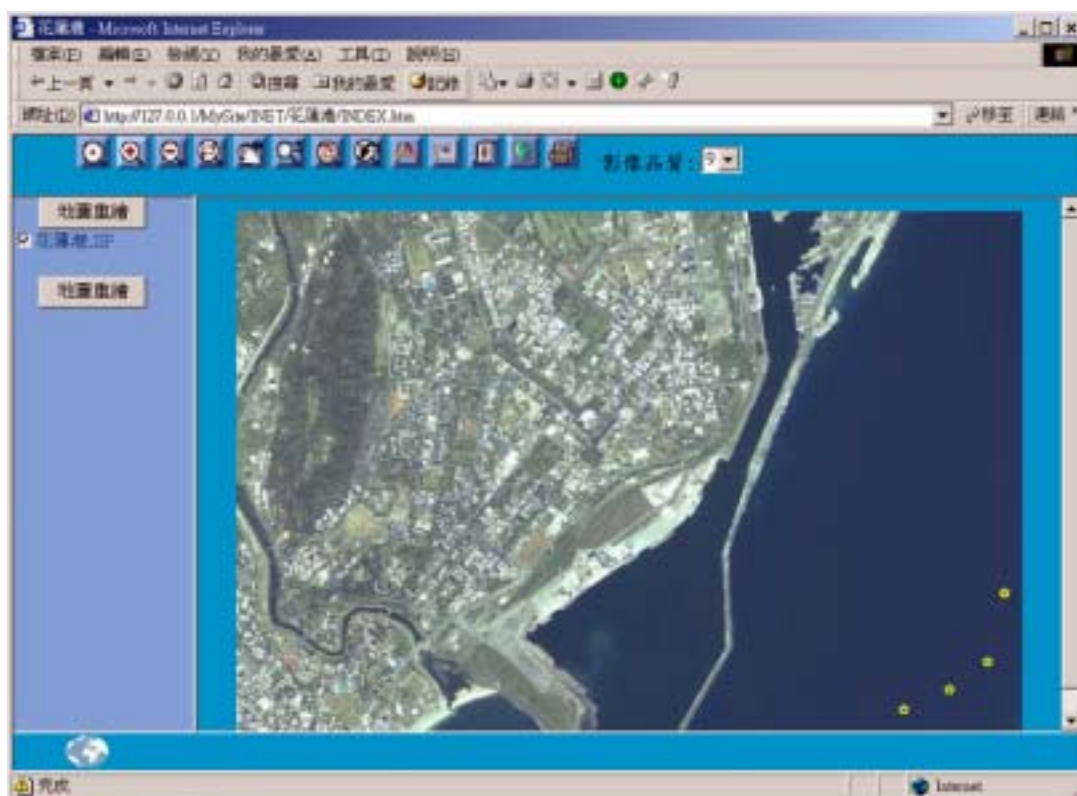


圖 7.7 花蓮港圖像展示例一

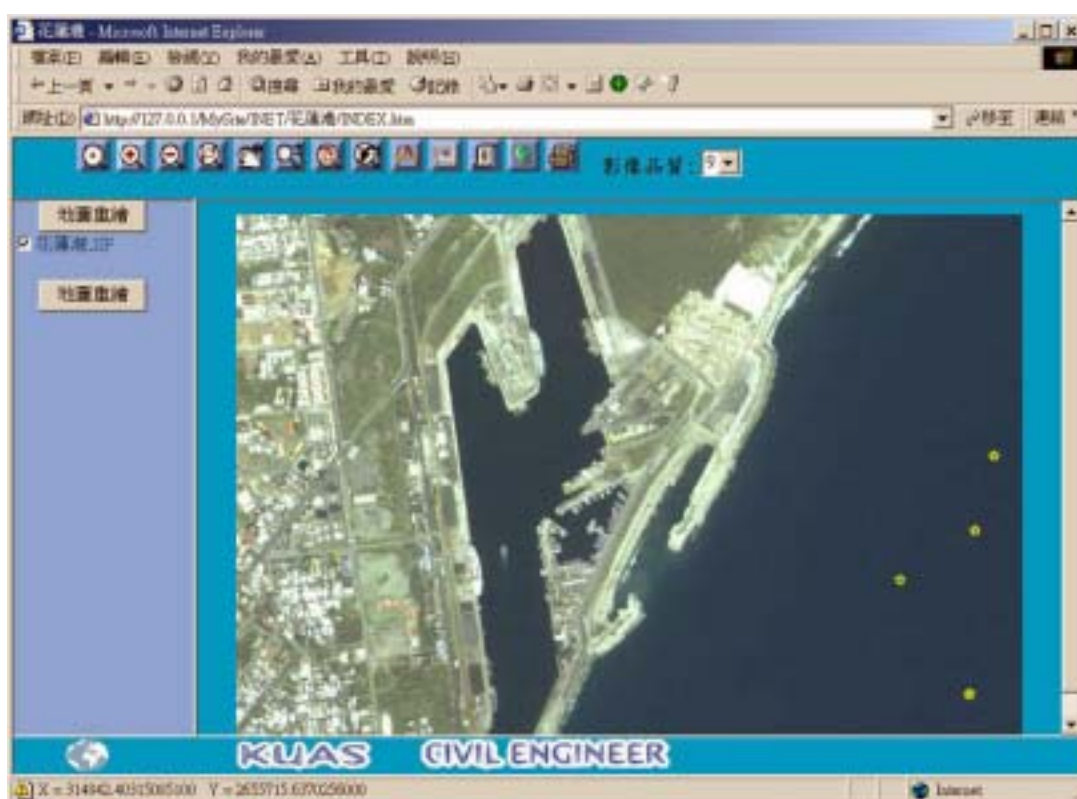


圖 7.8 圖像展示例二

7.3.3 船舶登船人員管理系統

本系統將擴充花蓮港賞鯨船船舶定位管理系統，設計登船人員基本資料自動化登錄機制，將規劃研究能否以讀取全民健保卡內姓名與身分證字號等基本資料，以節省登錄出海人員所需時間。

全民健保卡外觀除了有姓名、身分證號及出生日期外，與現行紙卡最大的差別在於IC卡除可加印您個人相片；卡片上並嵌有一張IC晶片，IC晶片內規劃有「個人基本資料」、「健保資料」、「醫療專區」及「衛生行政專區」等四種不同類別資料存放區段，可透過讀卡機進行「讀」、「寫」功能，卡片下角則有卡片流水號（如圖7.9）。



圖 7.9 全民健保卡外觀與相關資訊

在健保IC卡上所嵌的IC晶片內規劃有「個人基本資料」、「健保資料」、「醫療專區」及「衛生行政專區」等四種不同類別資料存放區段，其中本研究所需的個人基本資料區段內存放資料內容包括：卡片號碼、姓名、身分證號或身分證證明文件號碼、出生日期、性別、發卡日期、照片、卡片註銷註記等七項資訊。

依據中央健保局對全民健保卡之個人資料及隱私權保護機制規定，

全民健保卡不作健康保險與醫療保健目的以外之用途，因健保IC卡的主要功能係在提供保險對象就醫時辨識身分之用，以便於醫療處置之正確判斷，目的單純明顯，並不作為衛生行政及保健醫療服務等特定目的外之使用。

本研究如欲讀取健保卡內之資料，必須突破相關法令之規定，若能獲得授權，全民健保卡不失為一個非常好的辯證方式。因為，依據中央健保局對全民健保卡的安全機制非常高，說明如下：

1. 卡體精密防偽印刷：

健保IC卡除卡片有扭索狀設計、彩虹紋、細微字、紫外線隱形印刷及光學變色油墨等多重防偽設計外；另照片背景亦有防偽處理，以防照片被取代冒用，較諸一般信用卡並不遜色。

2. 多重保密安全機制保護個人隱私

(1) 晶片內儲存資料均加密處理。

(2) 讀卡機加安全模組(SAM)卡：須具有健保局自己製作發行的讀卡機安全模組卡(SAM) 才能讀取晶片內資料，採嚴謹授權及相互認證機制。

(3) 醫師卡：具有醫師卡始能讀取醫療資料。

(4) 個人密碼：IC卡設有密碼功能(Pin c o d e) 以個人密碼優於醫師卡之讀寫授權，民眾可選擇是否輸入密碼解密，一旦設定密碼，一般人或掛號人員即使有讀卡機及安全模組，亦無法讀取基本資料段以外之欄位資料，必須民眾同意輸入密碼，醫護人員始能開啟資料。

此外，將規劃設計影像自動辨識系統，將出海人員的身份證、駕照

以數位相機快速攝影，並以影像自動辨識系統自動辨識姓名與身分證字號等欄位內基本資料，以最有效率方式登錄出海人員基本資料，以利管制進出港人員、船舶管理之用。

此種方法亦可作為無法突破現有的法令規章的備用方案，不管出海人員出具何種證明文件，系統均可統一獲得所需資訊，避免民眾資料被盜用的疑慮。系統架構示意圖如圖7.10。

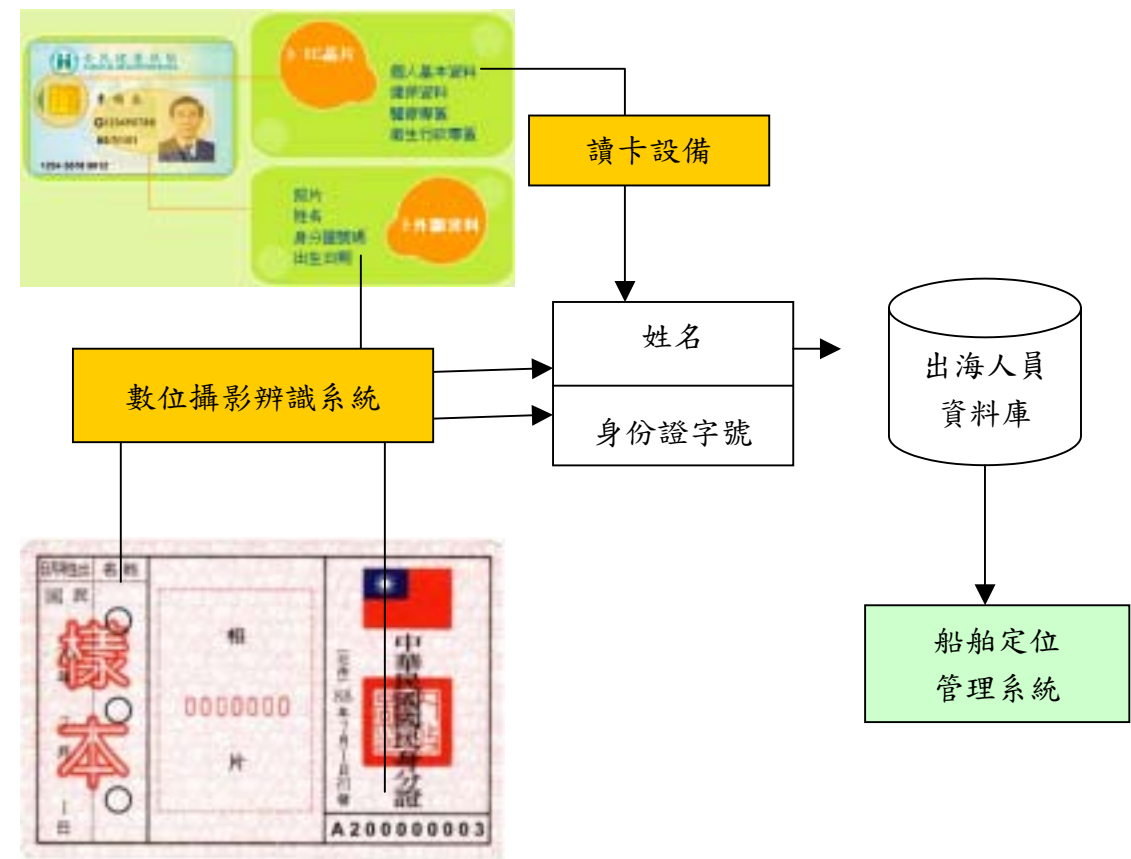


圖 7.10 出海人員基本資料獲取系統示意圖

7.4 建立即時模擬所需之港灣模型

本計畫將使用之模型格式為MultiGen公司之OpenFlight模型格式。OpenFlight資料格式是邏輯化階層式的景觀描述資料庫（如圖7.11），用來通知圖像產生程式何時及如何運算即時三維景觀，非常精確可靠。MultiGen Creator強大的工具核心為25種不同的圖像產生器提供自己的建模系統和設定的功能。先進的即時功能如等級細節、多邊形刪減、邏輯刪減、繪製優先順序、分離平面等是OpenFlight成為最受歡迎的即時三維圖像格式的幾個原因。許多重要的VR開發環境都與它相容。

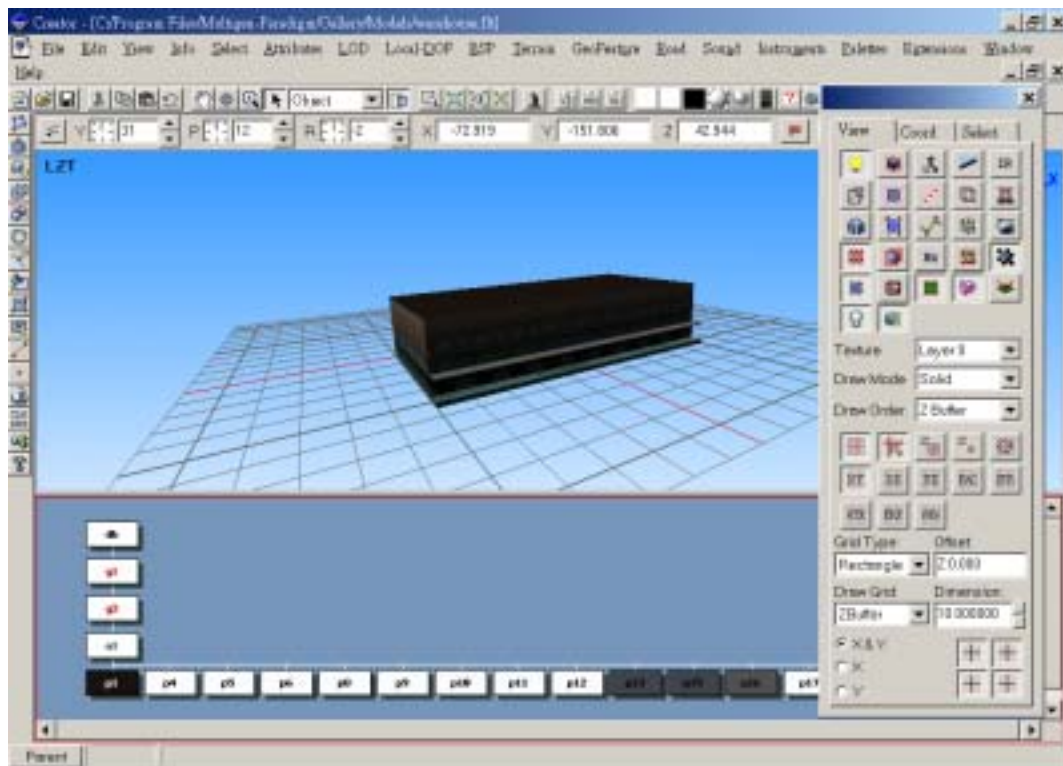


圖 7.11 MultiGen Creator 的 OpenFlight 階層式模型格式。

MultiGen Creator的建模環境提供同時交互的、多重顯示和使用者定義的三維圖形觀察器和一個有二維層次的結構圖。所有的顯示是交互的和充分關連的。這種靈便的組合加速了資料庫的組織、模型產生、修改

編輯、賦予屬性和結構關係的定義。MultiGen Creator的邏輯結構系統能讓你輕鬆地組織視景資料，為超級即時圖形硬體提供優化的性能。

即時模擬所需之港灣模型分為基礎圖台與房屋建物兩部分，以下分別說明製作港灣模型之步驟：

1. 建立港灣模型基礎圖台

依據「視覺化港灣資訊系統」所需港灣範圍，運用大型模型資料庫管理(LADBM: Large Area Database Management)技術，以地形崎嶇變化程度，將整個港灣模型切割成適當的模型單元，並依據模型單元涵蓋範圍切割衛星影像。

完成切割數值地形模型與衛星影像地理註冊工作後，將所有貼圖影像貼在地形模型上，即可完成港灣基礎圖台。

2. 建立人工建物、房屋模型

以下以貨櫃、碼頭、燈塔等人工建物、房屋等模型，說明建模程序。

(1) 碼頭貨櫃

首先繪製所需貨櫃大小之平面矩形，接著選擇 Wall 工具，將矩形面拉伸到適當高度，最後將貨櫃材質圖貼到所製作之模型上，此時即已完成貨櫃模型。一般來說貨櫃種類繁多，可採取複製方式建立其他材質貨櫃。完成後結果請參閱圖 7.12

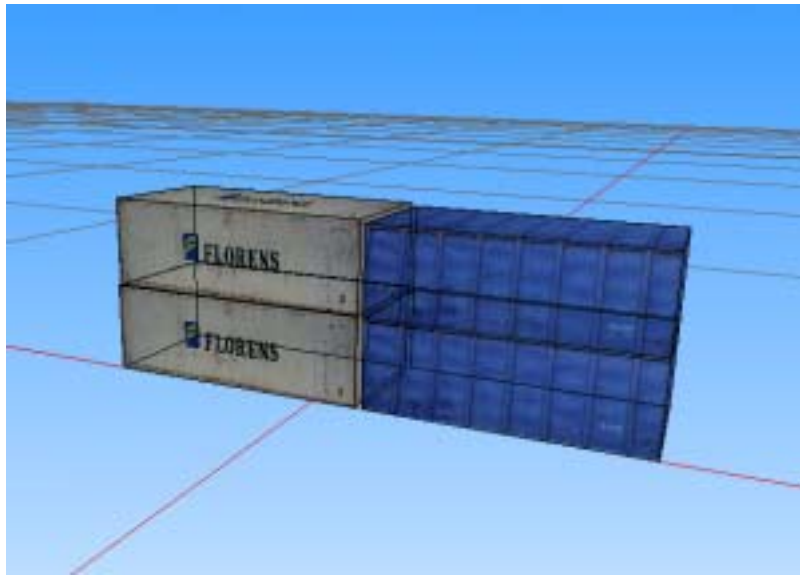


圖 7.12 完成貼圖後之碼頭貨櫃示意圖。

(2) 港灣碼頭

以花蓮港來為例，首先匯入花蓮港衛星影像，用不規則多邊形面工具描繪碼頭，並輸入碼頭高程後，才算完成碼頭模型雛形。藉由數位攝影器材取得碼頭的貼圖材質，經調製後得到最接近真實之碼頭貼圖，便可完成碼頭製作。在自然海岸線地區，選擇幾何工具中的 Strip Fac e功能，進行海岸線之製作。(圖 7.13)

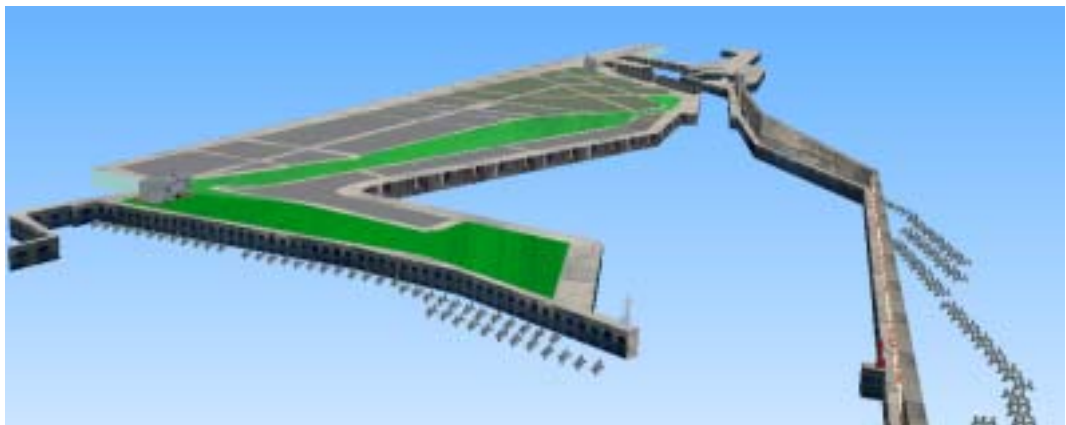


圖 7.13 完成後之花蓮港碼頭模型。

(3)港灣建築物（燈塔）

港灣重要建築物非常多，以用燈塔為例，說明港灣建物的建模過程。首先利用面工具於網格面上繪製出數個簡單圓形，用面工具將所有的圓形連接起來，或者以牆的工具直接生成燈塔的各層。材質的部分以燈塔的颜色直接著色即可（如紅色、白色），（圖 7.14 之結果），其他建物以同樣的方式完成。（圖 7.15）

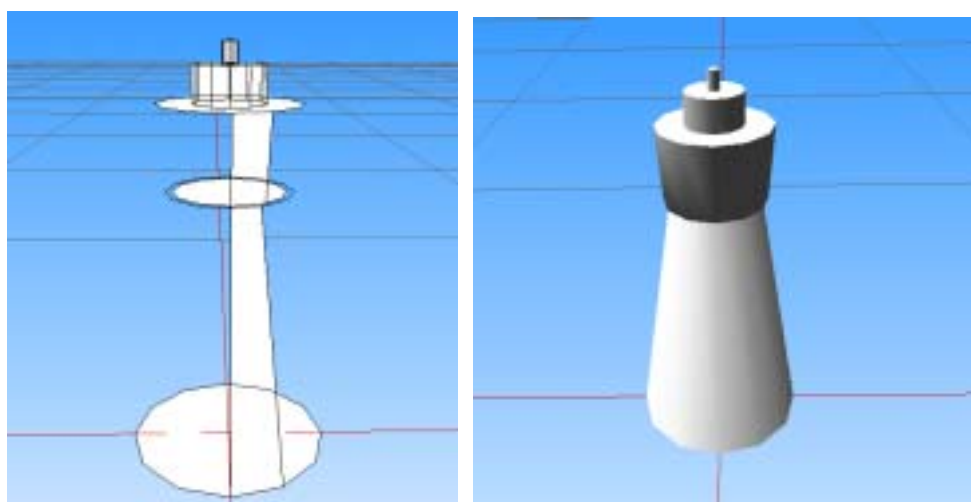


圖 7.14 港灣燈塔模型製作過程。

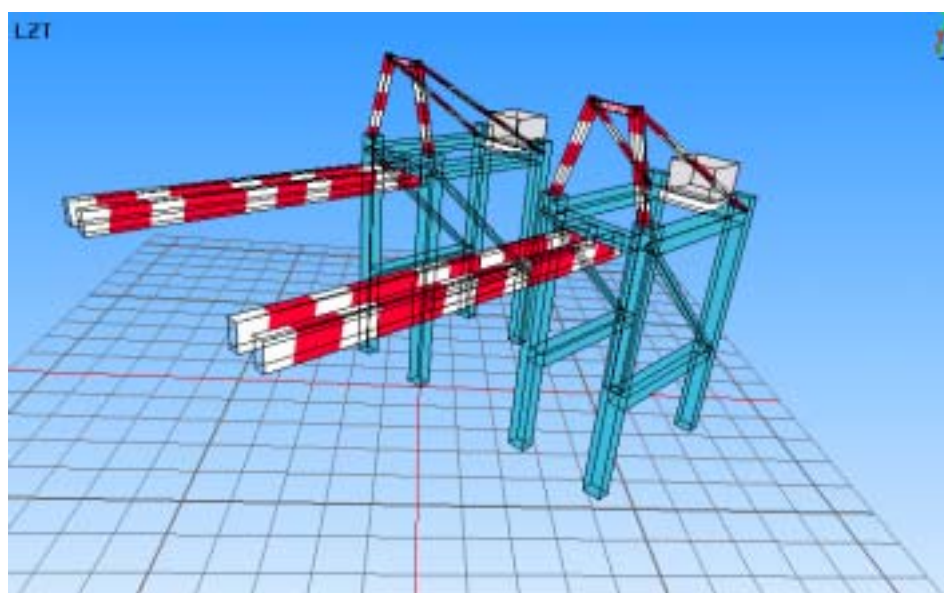


圖 7.15 吊臂模型。

即時模擬系統：

本計畫以VEGA系統作為即時模擬系統開發工具，將完成港灣模型作為「視覺化港灣導航資訊系統」之基礎場景，加入船舶、浮標等動態物體，並設定模擬系統音效、自然環境特效、碰撞測試等特效。以下分別說明使用Vega軟體中的LynX交談式圖形介面動態設定一個模擬場景之研究步驟：

使用Vega軟體中的LynX交談式圖形介面動態設定一個模擬場景，並無一定程序，在此只是依照一般的順序說明建立一個模擬場景的要素，當了解整個程序之後，可以在任何一個步驟作更進一步的修改。

(1) 物件(Object)

物件是一個模擬場景中的核心，它可以分為靜態(Static)及動態(Dynamic)二種，前者如地形、房屋...等，後者如汽車、飛機、船艦...等，這些物件可以由許多種模型建構軟體產生，如MultiGen、3D MAX...等，因此當新建立一個物件後，必須指定一個模型檔案給這個物件。

範例：指定高雄港及貨船物件。

首先分別定義一個名為Harbor及Cargo的物件，並將其分別指定到存放高雄港目錄下ks_harbor及dtargo.f兩個Open Flight的模型檔。設定好之後可以用Object Viewer工具程式來檢視這兩個物件。

其中，高雄港物件只會被用到一次，且它是不動的，而貨船可能不只一艘，且它是可以移動的，因此在選用後需作如下的設定。

物件名稱	Conversion	座標系統
Harbor	Use	Static
Cargo	clone	Dynamic

(2) 場景(Scene)

場景是一群物件的集合，在一個模擬中可以有幾個不同的場景，每個場景中可以有一個以上的物件，端看需要而定，例如：我們可以建立一個只有城鎮的場景，也可以建立一個有汽車和城鎮的場景。設定好場景內的物件之後，可以用Scene Viewer來觀察這個場景，可選從正上方向下看或透視方式觀看，或用不同的運動模式來瀏覽場景。

(3) 遊戲者(Player)

所謂遊戲者是一場模擬中會動的物件，它可以被使用者藉由滑鼠或搖桿等各種輸入設備控制它們的位置、方向等。一個遊戲者可以由一個或多個物件所組成如掛著飛彈的飛機...等，相同的物件可以被不同的遊戲者所共用，但這個物件必須在前面所提的Conversion設定為Clone，才可以被共用。

(4) 觀察者(Observer)

觀察者可以想像成一場電影的攝影機，我們所看到電影中的場景或遊戲者的演出都是透過這些攝影機的拍攝來觀賞的。一部電影可能是用不同的攝影機同時拍攝，每個攝影機可以拍攝不同的場景(Scene)。如果我們要拍攝的是一個動態的場景，必須賦予觀察者適當的運動方式，例如我們要拍一部汽車廣告，可以讓汽車馳騁在風景優美的鄉間，攝影機則緊跟著汽車或繞著汽車拍攝。

(5) 運動模式(Motion Model)

每一個會動的元件都有一種運動的方式，稱為運動模式，Vega提供了Spin(繞著運動物件觀賞)、Drive(開車)、UFO(仿幽浮運動方式)、Warp、Fly(飛行)等五種簡單型運動模式及Fly Simulator(飛行模擬)及飛彈(Missile)等兩種複雜型運動模式，遊戲者及觀察者可以設定不同的運動模式以達到特殊的模擬效果，但這兩者有所不同，一個遊戲者的運動模式指其本身的運動模式，使用者可藉由輸入裝置如滑鼠或搖桿以互動的方式控制遊戲者，但遊戲者不見得被我們所看到。觀察者的運動模式是讓攝影機放以某種運動方式看周遭的環境。

(6) 視窗(Window)

如果我們想要把前一個章節的範例同時展示出來，有許多方式，最簡單最快的方式是開另一個視窗，把不同的觀察者指定輸出到不同的視窗就可以了。每個視窗的性質(如視窗名稱、有無邊框等)及位置都可以很容易地設定。

(7) 頻道(Channel)

視窗的設定方式好比是買了兩台電視看不同的片子一樣，但如果是要在同一視窗看不同的片子(有點像具子母畫面的電視)，該如何作呢？在頻道的控制面板內新增一個頻道，將不同的攝影機放到不同的頻道內即可，放好後再調整各頻道在視窗內的位置即可。

各頻道除了看不同的片子外，還可以利用Skew功能來看同一個攝影機拍出來的場景，但是是從不同的角度看，如照後鏡或模擬大視窗...等。

7.5 設計多船模擬與雷達子系統之即時模擬系統

本計畫以VEGA系統作為即時模擬系統開發工具，將完成港灣模型作為「視覺化港灣導航資訊系統」之基礎場景，加入船舶、浮標等動態物體，並設定模擬系統音效、自然環境特效、碰撞測試等特效。

本研究運用TCP/IP網路通訊技術，開發適當之應用程式，直接與VEGA即時模擬系統結合，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。以下分別說明多船模擬功能之研究步驟：

1. 設計多船操船模擬教官主控台

多船操船模擬教官主控台主要功能在同時透過網路，對所有參與模擬之操船模擬系統下達天候與日夜晨昏狀況，以達多船模擬自然環境之一致性。並可設定場景內自動航行的船隻以測評參與操船模擬學員對處理避碰情形。此外，教官主控台亦包括多船操作顯示系統，可精進電子海圖顯示系統功能，使能同時顯示與紀錄多船操作情形。

2. 多船模擬通信協定

本研究採用Vega系統之DIS/HLA通信協定，可以允許模擬系統中的遊戲者(Player)，在不同的應用系統中共同使用相同的虛擬場景。不同應用系統中的遊戲者，代表網路系統中的單一通訊單元(network entities)可以與其他的通訊單元交換各單元的狀態資訊(state information)海洋環境特效，或者其他在同一模擬世界中可能同時發生的事件訊息。

每個船舶模擬單元內，配備有雷達顯示幕，模擬顯示本船與他船情形，以提昇模擬真實性。雷達模擬子系統部份，將採用Vega模擬系統之雷達模組與即時模擬系統整合，雷達模擬子系統可讀取三度空間港灣模

型內地形高度、房屋建物特徵、海面船隻等，模擬雷達顯示幕上所看見產生港灣態勢與他船位置(圖7.16)。

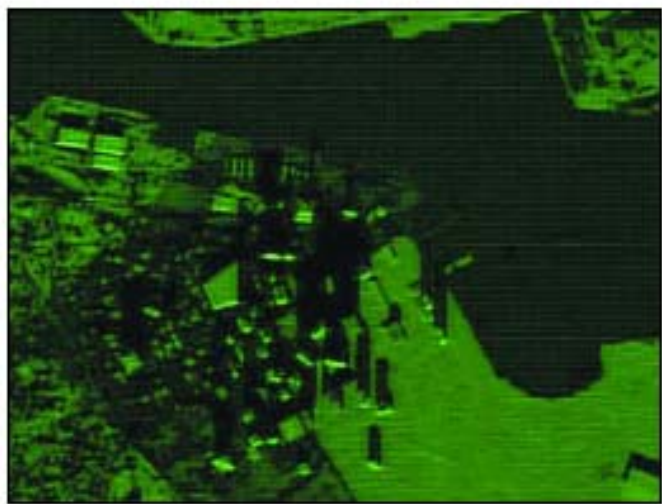


圖7.16 雷達模擬子模組所模擬的場景

透過雷達模擬子模組，系統可以及時模擬雷達顯示幕的情形，並且可以透過應用程式開發介面，將特定的目標船位置，透過網路系統傳送給船舶管理系統，提供自動避碰決策系統計算所需參數。

7.6 規劃信號傳送(通信)系統

第二年度雖已針對目前行動通信技術中之GSM通訊方式，發展資料傳送與接收模組，然無法滿足外海超過一定距離範圍無行動電話基地台時定位船隻的需求，因此，本年度將針對現有各種信號傳送系統(通信)的資料傳送原理與資料處理格式，進行研究分析規劃。

此外，本案將比較研究現有長距離即時無線傳輸解決方案，如GSM，GPRS，EMARSAT海事衛星、UHF與視線有效範圍內的（LOS：Light Of Sight）無線電傳送等方案，並選擇較適合的方案，研究其資料格式，並研究如何將船舶GPS定位資料與觀光導覽資訊（如賞鯨船發現鯨豚位置），以作為建構花蓮港船舶定位管理與觀光資源管理系統之基礎。

第八章 本年度研究成果

本年度完成之研究成果包括「雙船模擬模式與虛擬港灣模擬系統整合」、「虛擬港灣模擬系統與船舶動力模型之整合」、「虛擬港灣模擬系統」與自然環境主控台之整合、「船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計」、「基隆、臺北、花蓮與安平港港灣建模」與「船舶定位管理系統之自動化資料識別」等，分別說明如下：

8.1 雙船模擬模式與虛擬港灣模擬系統整合

本研究第二年以VEGA即時模擬系統DIS/HLA分散式模擬通信架構，初步完成透過網路系統進行雙船的操船模擬相關研究與系統設計基礎模式與初步研究(圖8.1)，本年度則將此功能與本研究其他虛擬港灣模擬系統完成功能整合研究。



圖8.1 完成整合之「虛擬港灣模擬系統」、「多船模擬控制系統」與「虛擬環境控制台」在不同電腦上模擬情形。

圖8.1顯示完成整合之「虛擬港灣模擬系統」、「多船模擬控制系統」與「虛擬環境控制台」在不同電腦上進行的情形，圖中顯示一艘拖船在臺中港港口與一艘貨輪會遇的情形。本系統以臺中港「虛擬港灣模擬系統」為基礎，包含臺中港虛擬港灣模型、三度空間視效系統、海洋環境特效等功能。系統左方的控制面板為「虛擬自然環境控制台」，可藉由動態設定光線功能，模擬控制日夜昏暗程度。(虛擬港灣模擬系統與虛擬自然環境控制台整合功能，將於8.3節說明)

雙船模擬功能採用 Vega DIS/HLA 功能，表 8.1 與 8.2 說明 Vega DIS/HLA 雙船模式參數設定。

表 8.1 開啟 DIS/HLA 模組後所需設定的參數

	系統設定值	設定值
DIS		
Control Parameters		
status	Disable	Send and Receive
Inbound Player Creation	Off	Per Object
Fire and Detonation Clamping	Both	Off
Inbound Dead Reckoning	Off	Per Object
Scene	None	Default
Simulation Parameters		
Force ID	None	Friendly
Displaying Entity Marking	☐	☒
DIS/HLA Filters		
Observer Filters	On	Off
Entity Type Filters	Reject	Off
Geographic Filters	On	Off

表8.1顯示Vega 的DIS/HLA參數分為「控制參數」與「模擬參數」兩大部份，「控制參數」負責設定DIS/HLA為傳送或接收模式(或者同時開啟)、DIS/HLA模式啟動時是否建立內連遊戲者(每個物件都會建立)、武器發射參數(與本案較無關係，故將其關閉)、內連死結處理與模擬場景連線(在此使用系統內定的臺中港場景)等控制參數。「模擬參數」負責設定模

擬敵我雙方代碼(Force ID)、是否標示參與模擬單元的名稱等兩項模擬參數。另外，Vega DIS/HLA內建許多過濾器，包括觀察者過濾器、單元型態過濾器與地理過濾器，這些過濾器可以提供更進階更精確的控制，本研究目前尚未使用這些功能，故暫時加以關閉。

表 8.2 雙船模擬參數設定

		Tug.adf		Tug_pl2.adf	
Object(物件)		Tug	Tug_In	Tug	Tug_In
Model(模型)		Tug.flt	Tug2.flt	Tug2.flt	Tug.flt
Inbound Template Entity Information (內連樣版單元資訊)					
Enable for Receiving		☐	☒	☐	☒
Dead Reckor		☐	☒	☐	☒
Force ID		friendly	opposing	friendly	opposing
Entity Type(單元型態)	Kind	platform	platform	platform	platform
	Domain	Surface	Surface	Surface	Surface
	Country	225	225	225	225
	Category	1	1	1	1
	Subcategory	1	1	1	1
	Specific	-1	0	-1	0
	Extra	-1	0	-1	0
Outbound Entity Information (外連單元資訊)					
Enable for Sending		☒	☐	☒	☐
Compute Velocity		☒	☐	☒	☐
Compute Rate		☒	☐	☒	☐
Force ID		friendly	opposing	friendly	opposing
Entity Type(單元型態)	Kind	platform	platform	platform	platform
	Domain	Surface	Surface	Surface	Surface
	Country	225	225	225	225
	Category	1	1	1	1
	Subcategory	1	1	1	1
	Specific	-1	0	-1	0
	Extra	-1	0	-1	0
Outbound Entity Appearance (外連單元外觀)					
標示文字		Tug1		Tug2	
屬性		繪圖	繪圖	繪圖	繪圖
屬性表達		顏色	顏色	顏色	顏色

表8.2的Vega DIS/HLA參數設定是模擬兩艘拖船(tug)會遇的情形，本船的物件名稱定名為tug，副本船訂名為tug_in，在不同的場景內本船與副本船代表不同的物件，其設定值正好相反，所以必須分別儲存於不同的場景設定參數檔案中(如表8.2中的Tug.adf與Tug_pl2.adf)。表8.2內說明Vega DIS/HLA在物件層級的參數設定。物件層級的參數設定包括內連樣版單元資訊(Inbound Template Entity Information)、外連單元資訊(Outbound Entity Information)與外連單元外觀(Outbound Entity Appearance)等三大類。

內連樣版單元資訊(Inbound Template Entity Information) 類別包括「是否接收資料(Enable for Receiving)」、「是否處理死結(Dead Reckor)」、「兵力代碼(Force ID)」與「單元型態(Entity Type)」等四個主要參數。本船必須設定為我方(friendly)的兵力代碼，副本船則設定為敵方(opposing)，且副本船必須開啟接收其資料與死結處理的功能，才能收到副本船的內連資訊。

單元型態參數內含許多參與模擬單元的相關資訊，在外連單元資訊中也有單元型態參數，在此一併說明。單元型態參數內有類型(kind)、演習區域(Domain)、國家代碼(Country)、類別(Category)、子類別(Subcategory)、特定碼(Specific)與額外資訊(Extra)等欄位。其中單元類型包括載具(Platform)、軍火(Munitions)、生命體(Life Form)、環境(Environmental)、地面設施(Cultural Feature)、補給(Supply)、無線電(Radio)與偵蒐器散射(Sensor -Emitter)等系統選項；演習區域包括空中(Air)、地面(Land)、海面(Surface)、水下(Subsurface)與太空(Space)，由於DIS/HLA為軍方分散式模擬的標準通信協定，所以，這些選項對本研究意義不大，只要設為相同的類型與演習區域即可，本研究將本船與副本船設定為載具，演習區域設定為海面。

在外連單元資訊(Outbound Entity Information) 類別內包括「是否傳送資料(Enable for Sending)」、「是否計算速度(Compute Velocity)」、「是否計算更新率(Compute Rate)」、「兵力代碼(Force ID)」與「單元型態(Entity Type)」等五個主要參數。

在外連單元外觀(Outbound Entity Appearance) 類別內包括標示文字(Marking Text)、屬性與屬性表達。由於各項參數大部分為軍事用途使用，本研究僅使用文字與單純的顏色來標示本船與副本船，故不贅述各項參數意義。

多船模式與虛擬港灣模式的整合，其意義在同步獲得本船與副本船的船位，可作為提供本研究船舶自動避碰系統中所需的會遇船隻動態座標，且Vega DIS/HLA模式可同時看到他船的海洋環境特效(如船尾浪)。

8.2 「虛擬港灣模擬系統」與船舶動力模型之整合

在「虛擬港灣模擬系統」模擬部分，將引入船舶動力模型之雛型測試研究。第一、第二年完成之「虛擬港灣模擬系統」是以滑鼠控制為主。然而在船舶自動避碰決策支援系統中，必須模擬真實船舶避碰場面，首先必須能以船舶動力模型控制船舶操縱，必須真實世界中操船一樣，輸入「舵令」與「俾令」來控制船舶。

目前，已經將臺大海洋環境工程研究所邱逢琛教授之單俾單舵貨輪模型，透過網路TCP/IP協定與「虛擬港灣模擬系統」整合，此功能設計系考量未來多船模擬需求，乃將「船舶動力模型」與「虛擬港灣模擬系統」放在不同的電腦系統中執行，以達到系統效能最佳化的目的。

目前邱教授之單俾單舵貨輪動力模型，僅考慮在開放海域的情形，尚未加入因受風、海流與波浪影響的參數，這部分將視港研中心與邱教授合作進度，再加以修改。此外「船舶動力模型」是由FORTRAN所設計

的程式，並不具備網路通訊功能，為解決此一困難，本研究設計一網路TCP/IP協定副程式，以TCP方式與「虛擬港灣模擬系統」互相傳遞資訊，TCP通信協定必須設計一中央控制程式，負責建立系統連線，並負責控制「虛擬環境控制台」與「船舶自動避碰決策支援系統」要在網路上傳送的資訊，此架構的優點在於所有資訊都可以透過中央控制程式掌控，確保資料的一致性。系統架構如圖8.2。

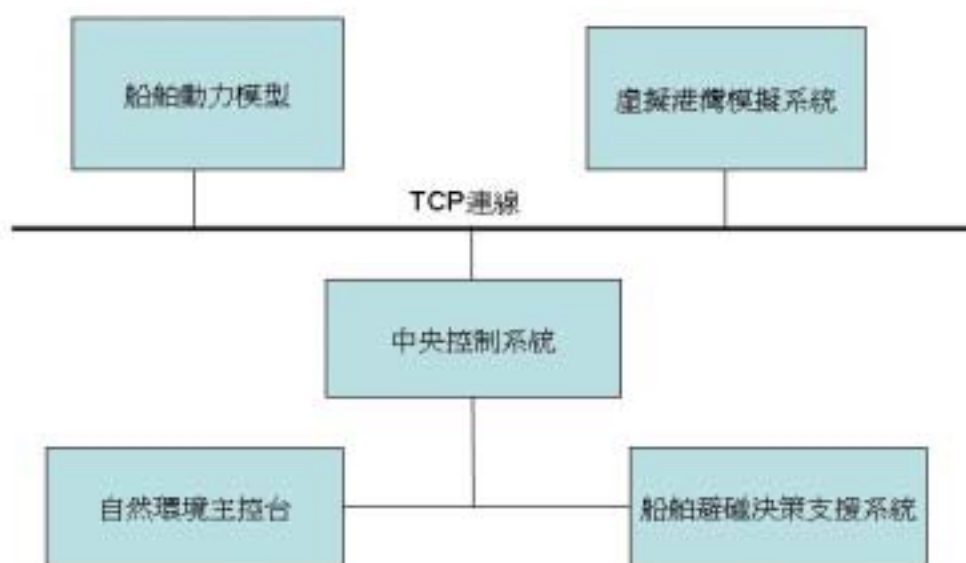


圖8.2 以TCP通信協定設計之「虛擬港灣模擬系統」架構圖

另外一種選擇是採用UDP通信協定與「虛擬港灣模擬系統」互相傳遞資訊，此種架構是讓船舶動力模型所計算之船舶位置，用網路廣播的方式告知其他的「虛擬港灣模擬系統」，但是UDP並不建立專屬的資料連線，因此無法確保資料是否完全到達，系統架構如圖8.3。

經比較TCP與UDP方式兩種通信模式，以TCP模式較適合本研究雙船模擬的架構，因為TCP可以確保所有資料的完整性與網路的穩固性。如果用UDP廣播的方式，必須再檢查所收到的封包，比較不適合及時模擬的應用系統。

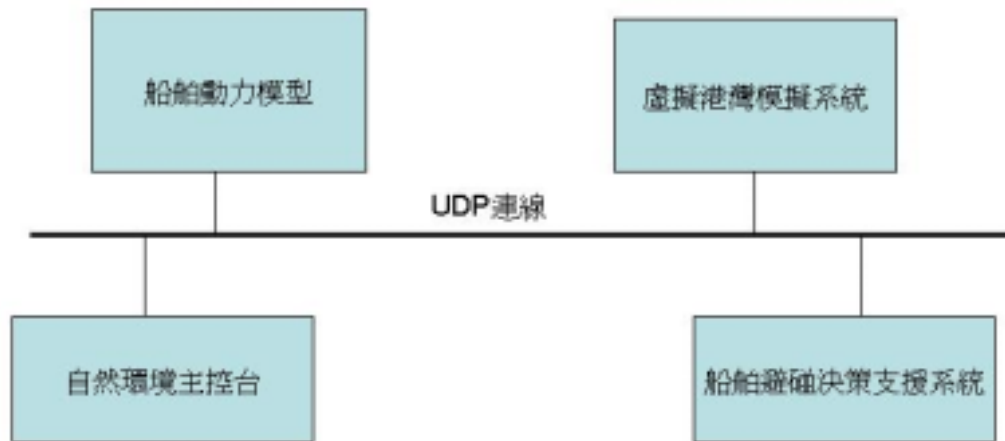


圖8.3以UDP定設計之「虛擬港灣模擬系統」架構圖

除了TCP/UDP網路通訊架構之外，也可以採用直接將船舶動力模型修改成C++程式碼，直接用多執行緒架構，將船舶動力模型以單獨的執行緒執行。此架構的優點是系統整合性高，容易進行後續多船模擬與船舶避碰支援決策系統之銜接與擴充；然而，將複雜的船舶動力模式FORTRAN程式碼重新以C++改寫並不容易，多執行緒的C++程式在日後系統維護上亦須較多的程式設計與除錯能力才能完成。目前國內成大水利系已經開始相關研究，本案成果應可順利與其研究成果整合。

本研究亦嘗試將臺中港虛擬港灣模擬系統與國外學術研究單位公佈之船舶動力模式C++程式碼進行整合測試，其船舶動力模式C++程式碼採用多執行緒架構，將船舶動力模型以單獨的執行緒執行，與本研究目前使用FORTRAN船舶動力模式，採網路通訊模式整合性效果較佳(執行情形如圖8.4)，惟此架構若需與多船模式整合，尚需進一步研究與測試。



圖8.4 臺中港虛擬港灣模擬系統與國外學術研究單位公佈之船舶動力模式C++程式碼進行整合測試情形

8.3 「虛擬港灣模擬系統」與「自然環境主控台」之整合

本研究已將「虛擬港灣模擬系統」模擬系統與「自然環境主控台」整合，「自然環境主控台」包括「雲、霧與光線模式」與「海洋環境特效」兩大部分。「雲、霧與光線模式」控制模式目前已經完成定義晨昏日夜模式(Time of Day Dependant)，來表現一天當中不同的光線明亮度，對場景真實程度的影響。並且可以讓使用者動態開啟雲、霧的效果，並設定其能見度距離。整合「雲、霧與光線模式」控制模式與「虛擬港灣模擬系統」後可讓使用者模擬不同時間與不同能見度的情形下，操作「虛擬港灣模擬系統」。圖8.5至圖8.9顯示臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣模擬系統」模擬系統整合情形。

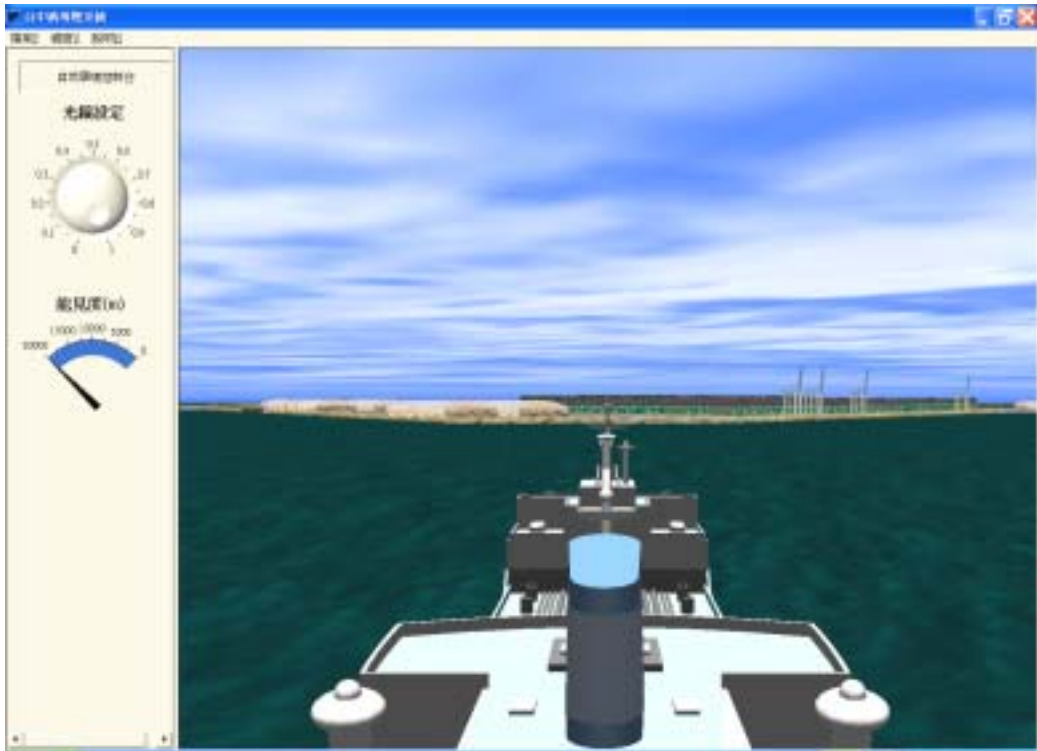


圖8.5 臺中港「虛擬港灣模擬系統」模擬系統

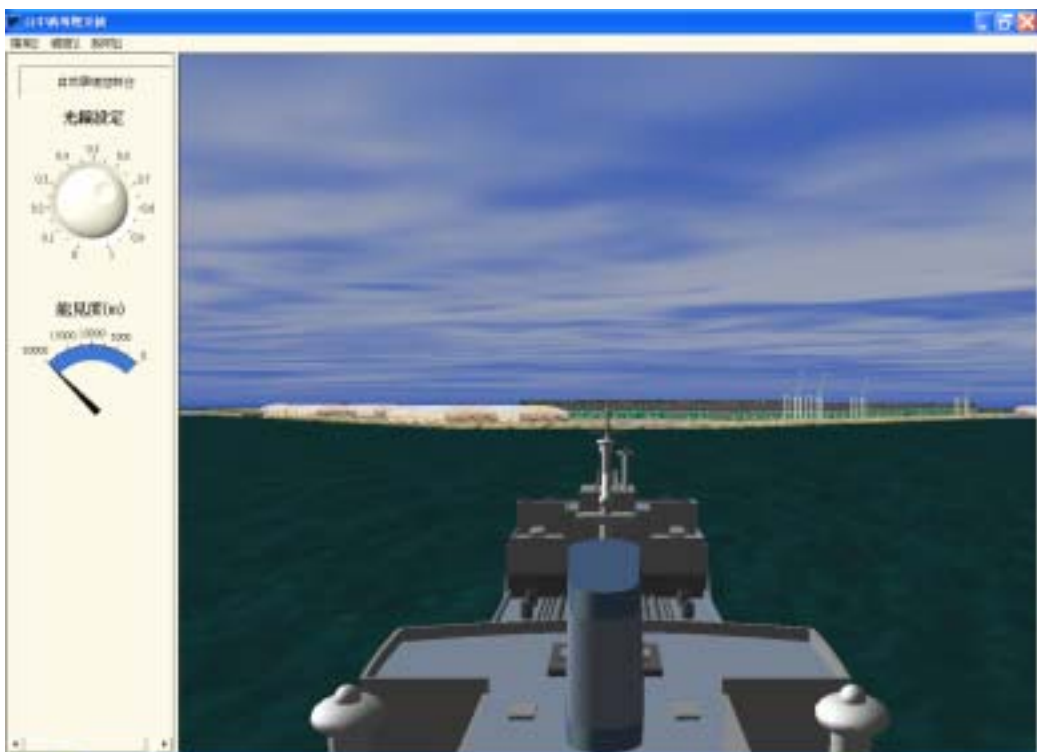


圖8.6 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣模擬系統」模擬系統整合(白天/黃昏)

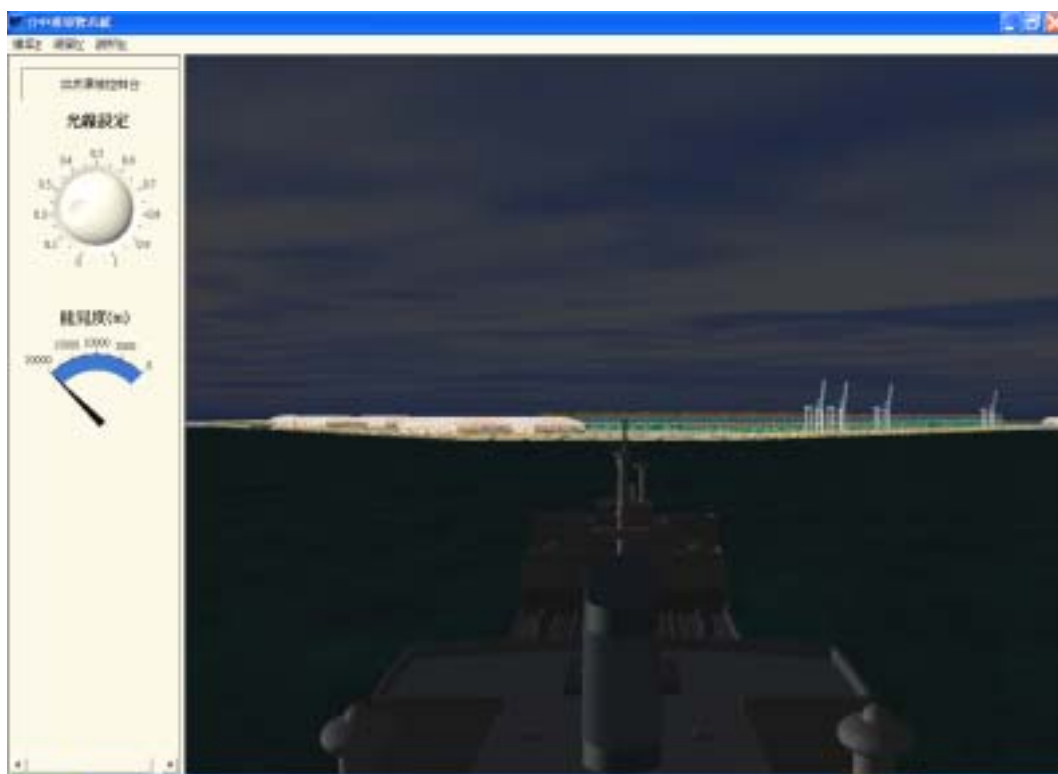


圖8.7 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣模擬系統」模擬系統整合(白天/夜晚)

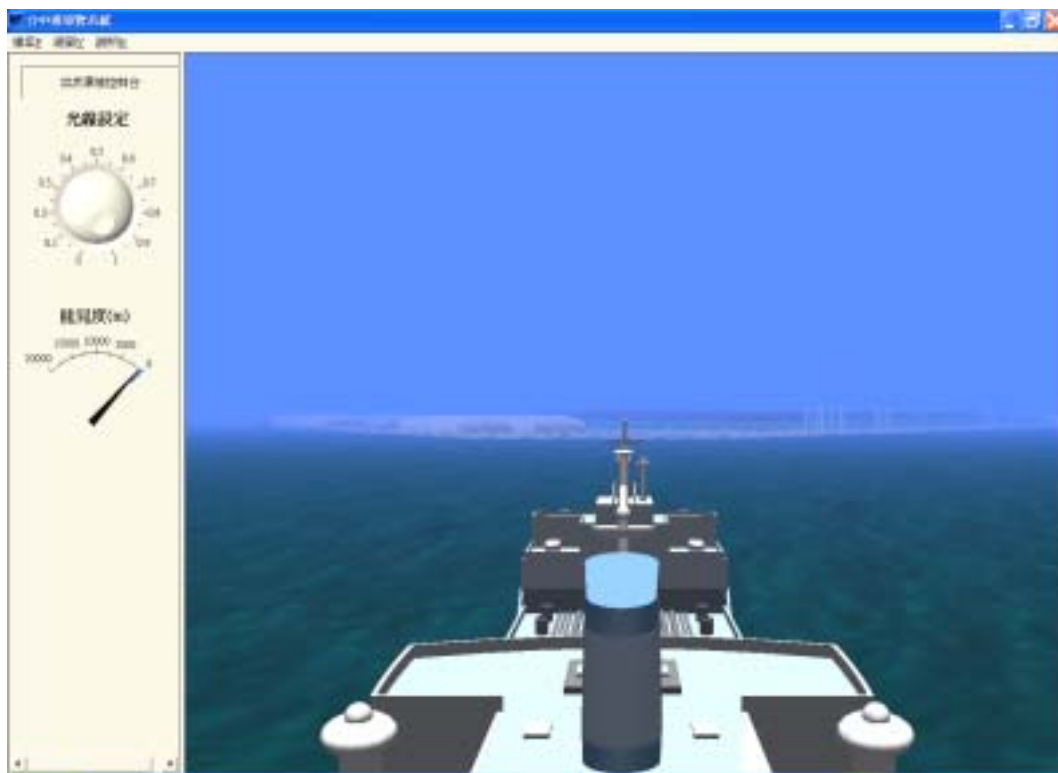


圖8.8 臺中港港灣導覽系統中「自然環境主控台」與「虛擬港灣模擬系統」模擬系統整合情形(霧的效應)

在「海洋環境特效」控制模式目前已經完成定義六級海象的快速設定模式，使用者可以很快的直接在「自然環境主控台」選擇目前的操作場景是要使用何種基礎海象。「海洋環境特效」控制模式除可快速設定六級海象的模式之外，亦可加入風、海流與波浪的波高與波向。

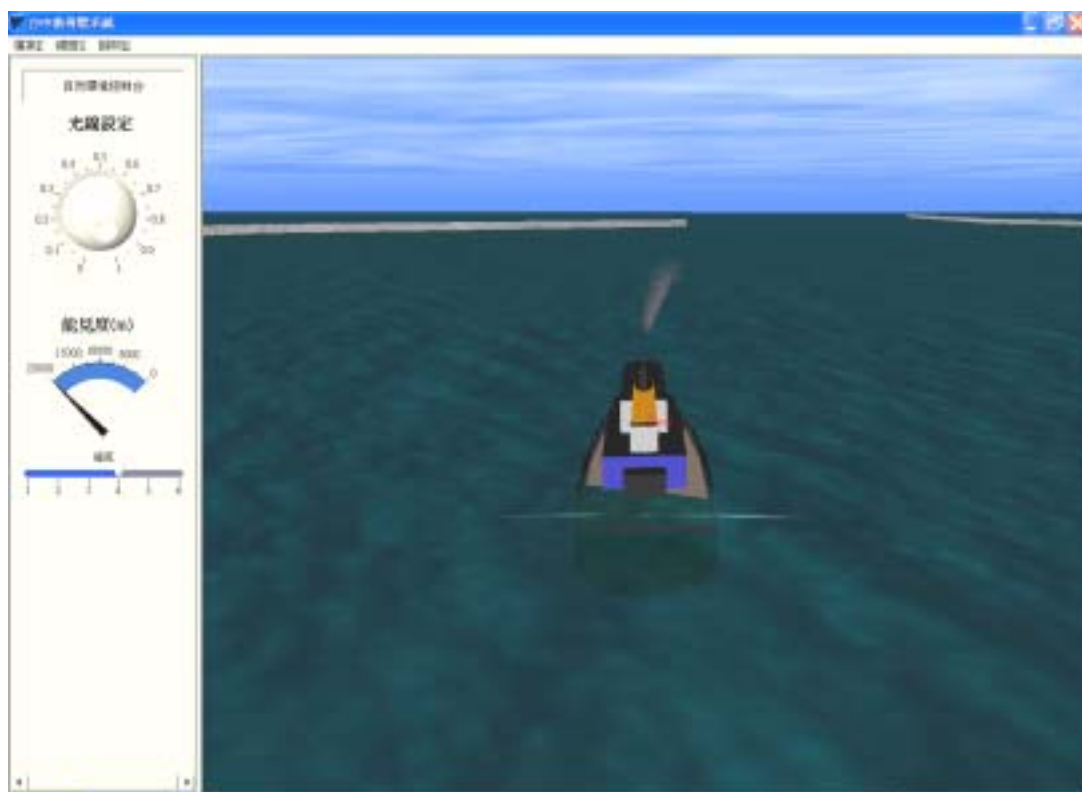


圖8.9 自然環境控制台加入快速設定6級海象功能

8.4 臺中港船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計

為延續本研究第一、第二年研究成果，本年度將參考國內外有關船舶避碰與港灣管理系統各項關鍵技術發展，整合現有虛擬港灣資訊模擬系統，規劃設計「臺中港船舶航行避碰與管理系統」。「臺中港船舶航行避碰與管理系統」包括「虛擬港灣模擬系統」、「多船模擬控制系統」、「虛擬環境控制台」與「船舶自動避碰決策支援系統」等四大主系統。前三項已於第一、第二年完成基礎研究，並於本年度因應「臺中港船舶航行避碰與管理系統」發展需求加以整合精進與擴充。

本年度研究重點在「船舶自動避碰決策支援系統」之研究，除研究分析港灣避碰決策原理外，在「船舶自動避碰決策支援系統」實作上以前述虛擬港灣系統與多船模擬架構整合系統為基礎，將系統輸出之雙船即時模擬座標資料，提供「船舶自動避碰決策支援系統」所需雙船基本資料(圖8.10)，系統架構圖如圖8.11。

經綜合整理國內外有關「船舶自動避碰決策支援系統」設計原理，以「基於避碰幾何學」與「基於避碰數學模型」兩種為主；在實作方法上則可透過人工智慧、不確定性評估分析、模糊數學等方式，建立船舶自動避碰數學模式與決策模式。

本研究著重於「基於避碰幾何學」的船舶自動避碰決策支援系統為主，並探討部分「基於避碰數學模型」的研究方法。此外，為使本研究能充分與第一、第二年完成之「虛擬港灣模擬系統」、「多船模擬控制系統」、「虛擬環境控制台」等系統整合，也於期中進度中進行相關系統修改。

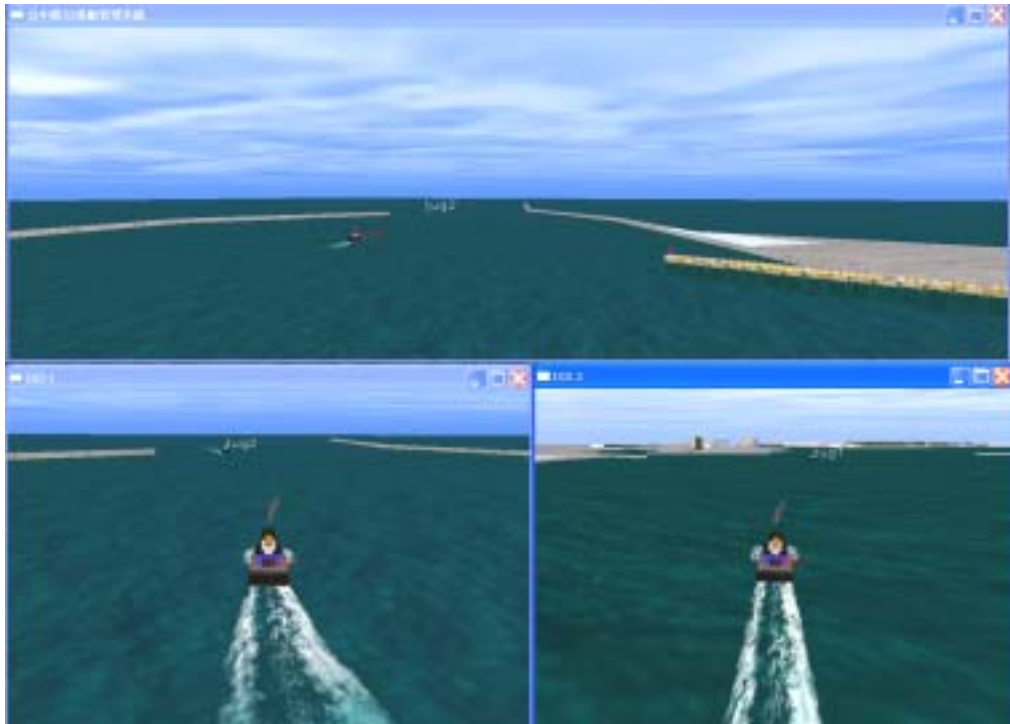


圖8.10 以虛擬港灣系統與多船模擬架構整合系統為基礎，將系統輸出之雙船即時模擬座標資料，提供「船舶自動避碰決策支援系統」所需雙船基本資料

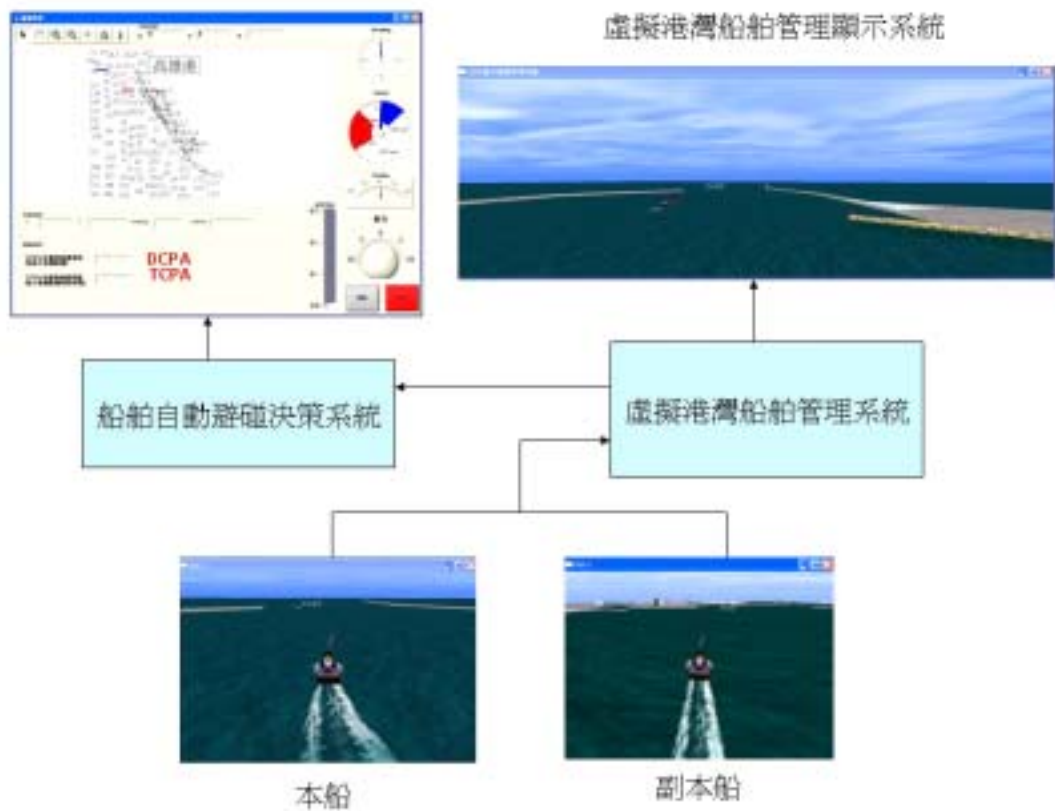


圖8.11 「船舶自動避碰決策支援系統」系統架構圖

本研究首先探討基於避碰幾何學的研究，當兩艘船舶相遇時，利用幾何作圖方法，求出兩船之間的最近會遇距離和到達最近會遇距離點的時間。以最近會遇距離作為碰撞危險的絕對指標，參考到達最近會遇距離的時間及其他運動要素，來斷定兩船之間是否存在碰撞危險。當存在碰撞危險時，採取何種避碰行動以避免碰撞也可由避碰幾何作圖來求取。

為進行基於避碰幾何學的船舶自動避碰決策支援系統研究，必須確定船舶是否存在碰撞危險的最根本的因素是兩船接近時的DCPA (Distance of close point of approaching)即兩船接近時的最小通過距離與TCPA(Time to close point of approaching)即兩船到達最小會遇距離時的時間。基於避碰幾何學研究的船舶自動避碰決策系統，首要的研究工作，必須考慮各種特殊船舶接近情況下，建立一個新的通用目標船DCPA與TCPA的計算模型，以便能在航海模擬系統的教官台上能即時、動態、快速顯示各目標船相對於各本船的DCPA與TCPA等資訊。(史國友，2000)

本研究是建立一個虛擬模擬系統的避碰模型，因此先以假設座標計算船舶運動參數，經過測試無誤後，再以座標轉換方式與本研究虛擬港灣模型結合。

假設本船(S_0)與他船(S_1)的地理座標、速度與航向分別為(x_0, y_0)、(x_T, y_T)、 V_0 、 V_T 、 φ_0 與 φ_T ，DCPA與TCPA的計算可由下步驟求得：(鄭中義，2000)

1. 本船與他船運動速度在x，y軸上的分量可表示為

$$\begin{cases} v_{x_0} = v_0 \cdot \sin(\varphi_0) \\ v_{y_0} = v_0 \cdot \cos(\varphi_0) \end{cases} \quad (8-1)$$

$$\begin{cases} v_{x_T} = v_T \cdot \sin(\varphi_T) \\ v_{y_T} = v_T \cdot \cos(\varphi_T) \end{cases}$$

2. 他船相對運動速度在x，y軸上的分量、相對速度與相對速度的航向可分別表示為

$$\begin{cases} v_{xR} = v_{xT} - v_{x0} \\ v_{yR} = v_{yT} - v_{y0} \end{cases} \quad (8-2)$$

$$\text{相對速度大小：} v_R = \sqrt{v_{xR}^2 + v_{yR}^2} \quad (8-3)$$

$$\text{相對速度的航向：} \varphi_R = \alpha \cdot \tan\left(\frac{v_{xR}}{v_{yR}}\right) + \alpha \quad (8-4)$$

其中

$$\alpha = \begin{cases} 0^\circ & \text{如果 } v_{xR} \geq 0, v_{yR} \geq 0 \\ 180^\circ & \text{如果 } v_{xR} < 0, v_{yR} < 0 \\ 180^\circ & \text{如果 } v_{xR} \geq 0, v_{yR} < 0 \\ 360^\circ & \text{如果 } v_{xR} < 0, v_{yR} \geq 0 \end{cases} \quad (8-5)$$

1. 他船相對距離

$$v_R = \sqrt{(x_T - x_0)^2 + (y_T - y_0)^2} \quad (8-6)$$

2. 他船相對本船的真方位

$$\alpha_T = \alpha \cdot \tan\left(\frac{x_T - x_0}{y_T - y_0}\right) + \alpha \quad (8-7)$$

其中 α_T 判斷原則與 α 相同

5. 本船相對他船的真方位

$$\alpha_T = \alpha \cdot \tan\left(\frac{x_0 - x_T}{y_0 - y_T}\right) + \alpha \quad (8-8)$$

6. 他船舷角

$$\theta'_T = \alpha_T - \varphi_0 \pm 360^\circ \quad (8-9)$$

7. 他船與本船航向交角

$$C_T = \varphi_T - \varphi_0 \quad (8-10)$$

8. 本船與他船接近時的最小通過距離(DCPA)

$$DCPA_T = R_T \bullet \sin(\varphi_R - \alpha_T - \pi) \quad (8-11)$$

9. 本船與他船到達最小會遇距離時的時間(TCPA)

$$TCPA_T = R_T \bullet \cos(\varphi_R - \alpha_T - \pi) / v_R \quad (8-12)$$

10. 最近會遇點與本船舷角的關係

$$\begin{aligned} \text{當 } DCPA > 0 \text{ 時, } \theta_T &= \varphi_R + 90^\circ - \varphi_0 \\ \text{當 } DCPA < 0 \text{ 時, } \theta_T &= \varphi_R - 90^\circ - \varphi_0 \end{aligned} \quad (8-13)$$

8.5 花蓮港灣模型建模

1. 簡介

花蓮港地處台灣東部，有其地理位置的限制，從光復初期的滿目瘡痍，每年裝卸量只有幾十萬噸，進港船隻只有幾百艘，到今天，每年裝卸量已有一千五百多萬噸，進港船隻已有兩千餘艘，營運情形，從虧損到盈餘，達成發展臺灣東部經濟的任務，並成為國際聞名的商港



圖 8.12 地理位置(一)



圖 8.13 地理位置(二)

A. 功能定位

- (1) 臺灣東部主要國際港
- (2) 環島航運之主要據點
- (3) 臺灣東部水泥、礦石之主要出口港

B. 發展目標

- (1) 滿足臺灣環島航運之需求

- (2)滿足臺灣東部大宗散貨出口需求
- (3)提供臺灣東部區域貨源就近出口之通過
- (4)落實港埠民營化及營運管理資訊化
- (5)提供親水空間，發展觀光遊憩

2.花蓮港模型建模



圖 8.14 花蓮港港務局大樓



圖 8.15 花蓮海巡警備單位



圖 8.16 雜項建物



圖 8.17 水泥碼頭設施(1)

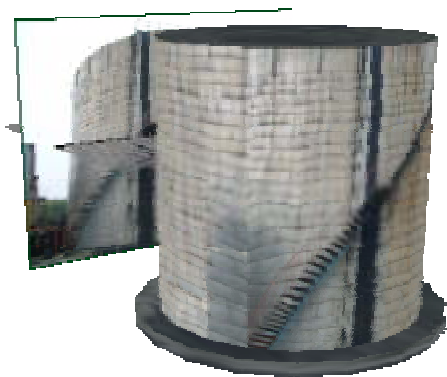


圖 8.18 水泥碼頭設施(2)

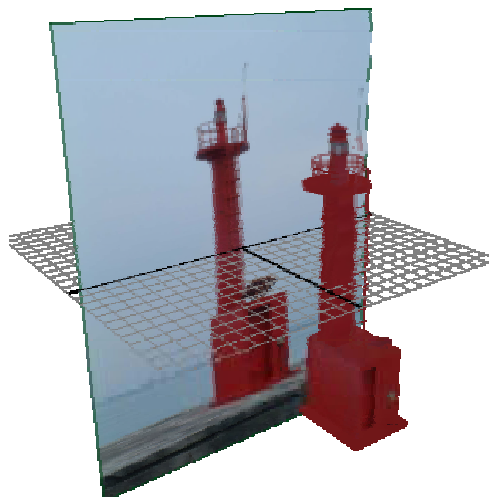


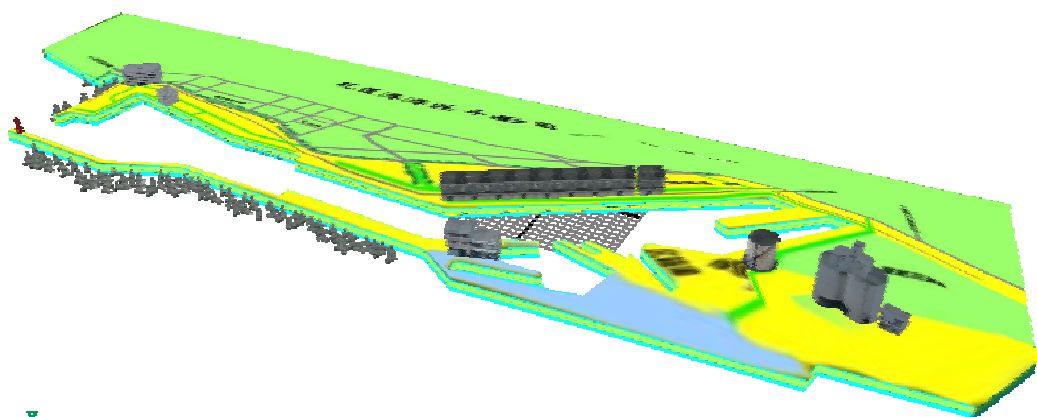
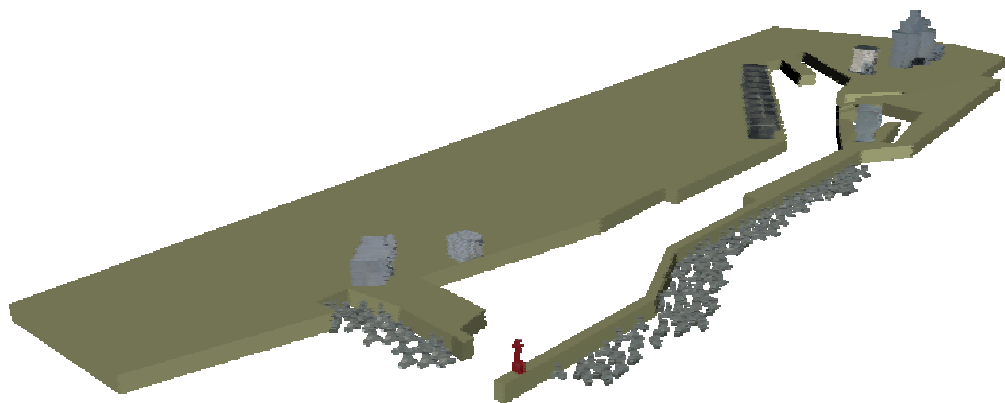
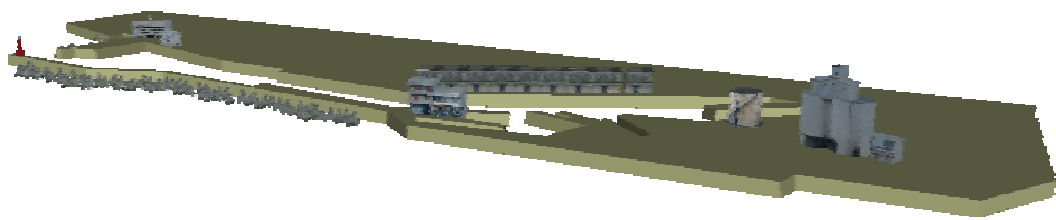
圖 8.19 進港紅色燈塔



圖8.20 消波塊



圖8.21 倉庫



Y

圖8.22 花蓮港模型

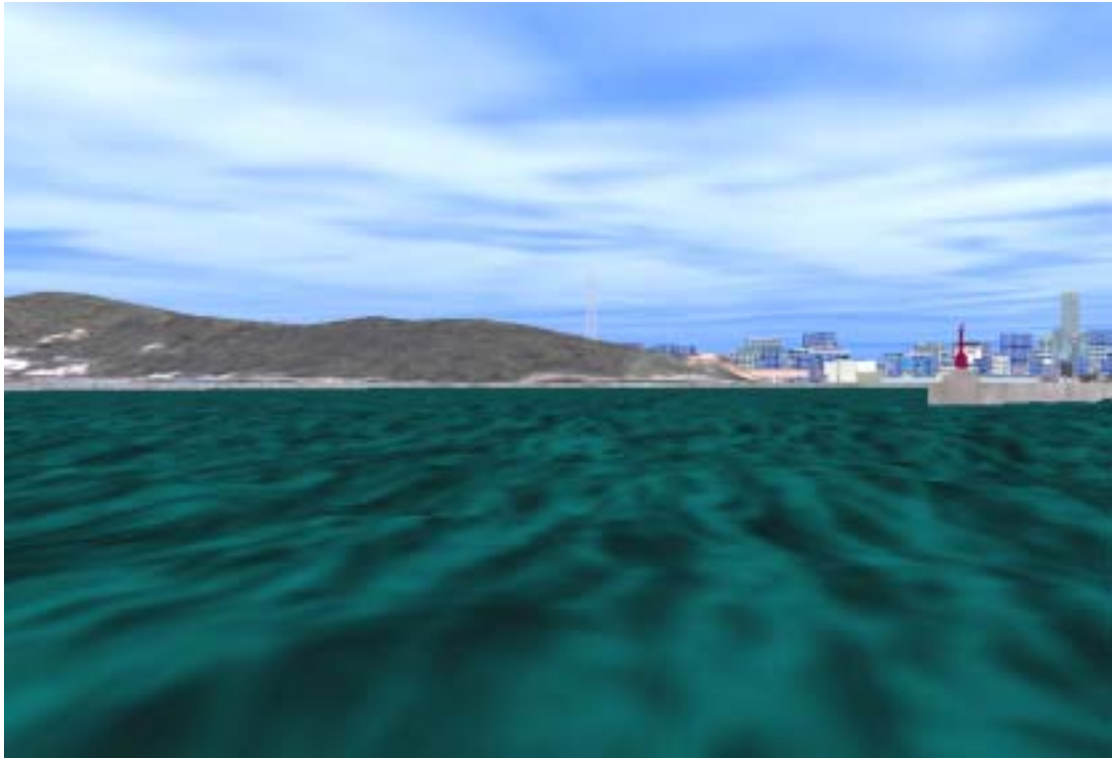


圖8.23 高雄港模型精進(一)



圖8.24 高雄港模型精進(二)

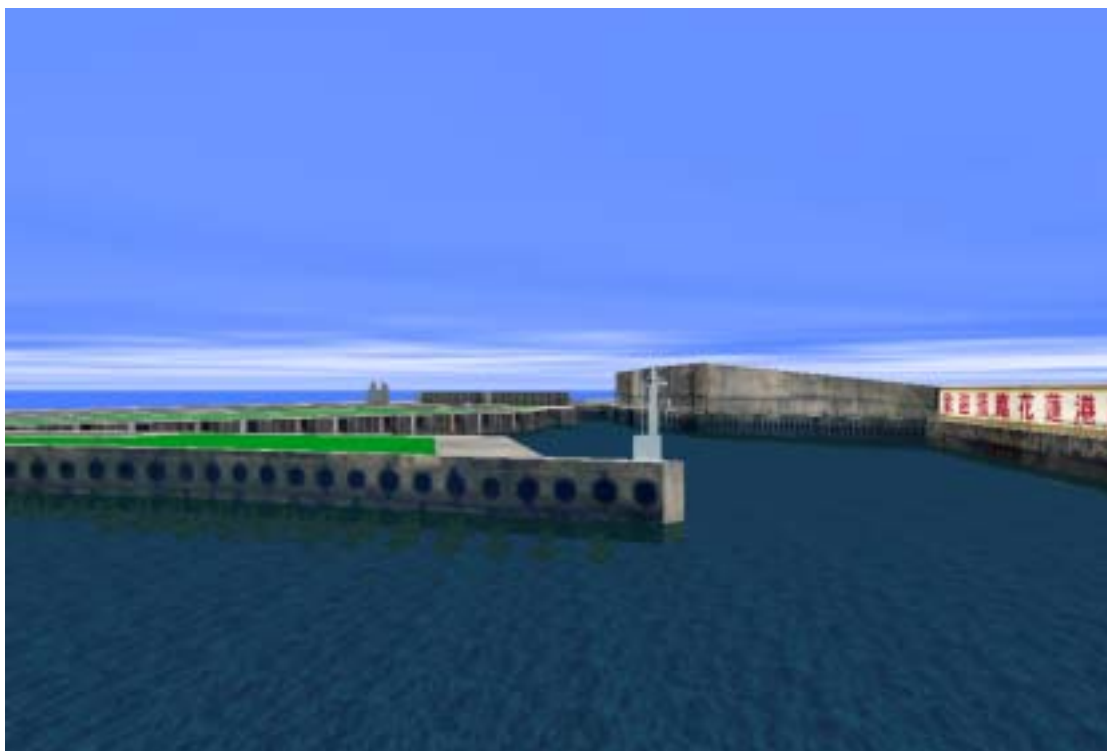


圖8.25 花蓮港瀏覽

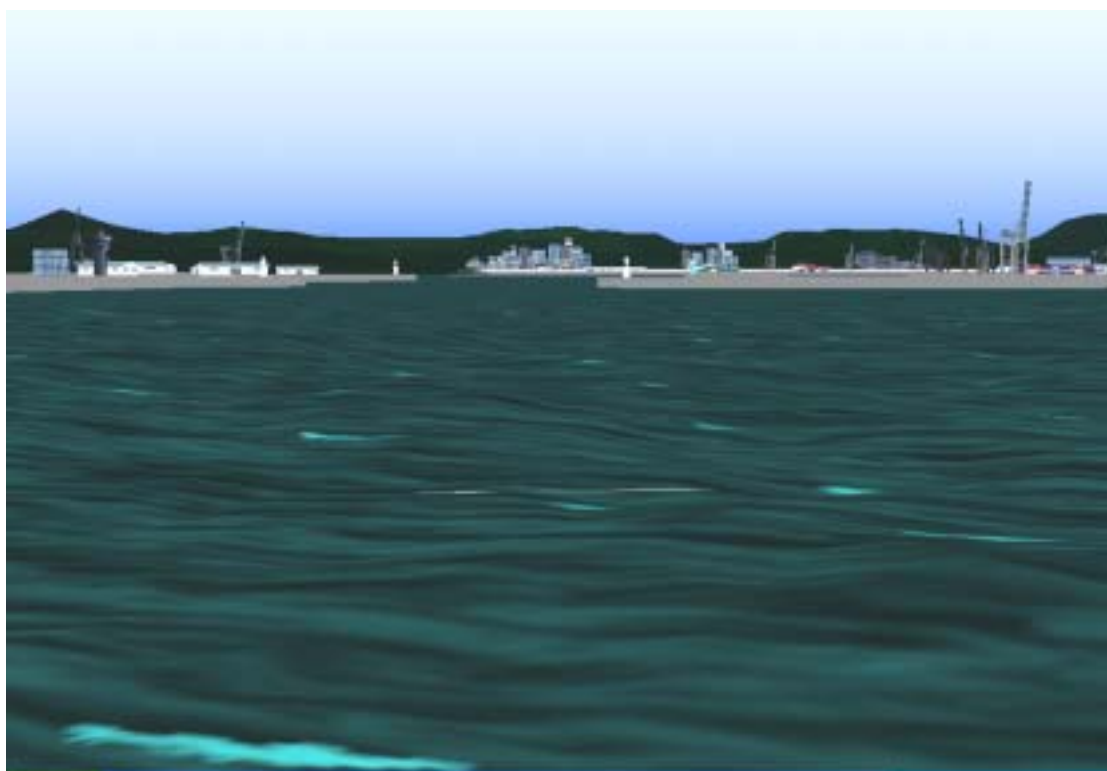


圖8.26 基隆港瀏覽

8.6 船舶定位管理系統之自動化資料識別

以健保卡為例，說明其處理之流程：

- (1) 以掃描器或數位像機取得健保卡的圖像。
- (2) 轉成黑白影像，轉的方式為 R，G，B 皆小於 50 者為黑，其餘為白色。
- (3) 以黑邊與卡片交界處為邊緣，做轉正處理。
- (4) 去黑邊處理。
- (5) 由固定座標處取得姓名及身分證字號之子影像。

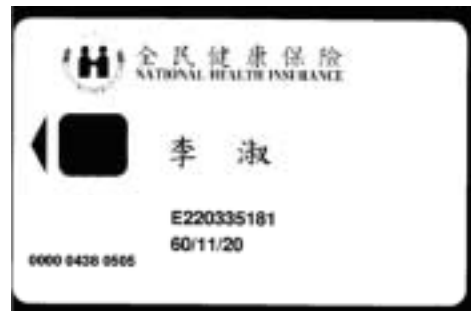
李 淑

E220335181

- (6) 執行光學文字辨識(OCR)，即可得文數字資料 『李淑』及『E220335181』



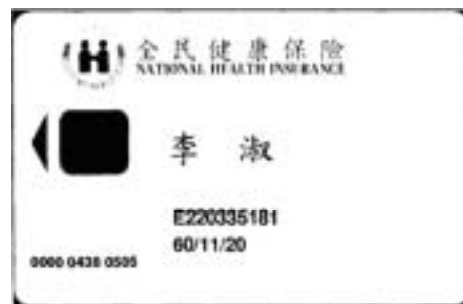
(1)



(2)



(3)



(4)

本系統將擴充花蓮港賞鯨船船舶定位管理系統，設計登船人員基本資料自動化登錄機制，將規劃研究能否以讀取全民健保卡內姓名與身分證字號等基本資料，以節省登錄出海人員所需時間。由於健保卡的個人資料晶片內資料僅供醫療系統使用，故本研究擬以光學文字辨識(OCR)相關技術，自動辨識以掃描機或數位相機獲得的全民健保卡影像中身分證號與姓名兩個欄位的資料，可節省大批遊客登船時的登錄時間。由於OCR相關研究已經將近有40年的歷史，隨著電腦製造技術、人工智慧、圖型識別與機器學習演算法等資訊科技的日新月異，這些重要的關鍵技術不斷地被組合應用於不同的領域中。整套文字識別系統的作業流程如下：

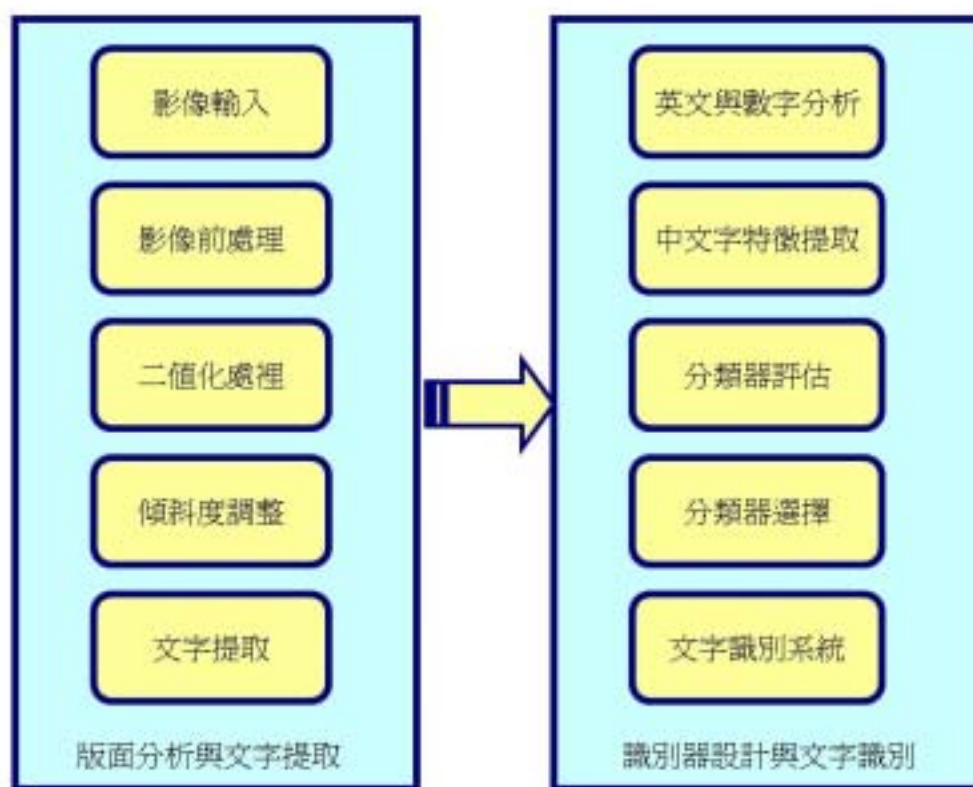


圖8.27 全民健保卡身分證號與姓名欄位資訊提取作業流程

圖8.27顯示全民健保卡身分證號與姓名欄位資訊提取文字識別系統的作業流程分為「版面分析與文字提取」及「識別器設計與文字識別」兩大部分，前者所需技術大部分屬於影像處理研究範疇，後者則屬圖型識別(Pattern Recognition)與機器學習(Machine Learning)研究範疇。

「版面分析與文字提取」主要的目的在從輸入的影像獲得可供辨識系統所需的文字影像。「影像前處理」的主要工作在消除影像的背景雜訊、影像格式轉換(由全彩影像轉換成黑白影像)等。經過前處理後的影像中每個像素只有一個灰度值，為了進行後續的文字辨識，必須先對灰度影像作「二值化處理」，將影像內的灰度依據一個閾值T(Threshold)將影像切割為黑白兩色的影像。二值化處理有很多演算法，這裡只探討整體閾值二值化的方法，亦即對整幅影像的各個部份都採用相同的閾值，而不考慮影像局部的特殊情形。整體閾值的設定一般根據實驗或經驗事先給定，或由灰度值直方圖給定，經分析前處理後全民健保卡掃描影像的灰度值直方圖(圖8.28)可知其直方圖內有兩個峰值，一個是文字部分，一個為背景部份，故整體閾值可以設定在兩個峰值的中間。



圖8.28 全民健保卡掃描影像的灰度值直方圖

圖8.28分析經前處理後全民健保卡掃描影像的灰度值直方圖。從圖中可知其直方圖內有兩個峰值，一個是文字部分，一個為背景部份。

通常掃描得到的文件會因為各種因素造成影像檔案有不同程度的傾斜，在實際的系統設計上，可以設計黑色的背景，以黑邊與卡片交界處為邊緣，做轉正處理的參考依據。由於健保卡的身份證號在卡片的下緣，未避免影像旋轉後損失重要資訊，故採用擴大影像的旋轉影像設計。

由於全民健保卡的文字辨識可算是OCR技術的特例，其文字的提取與分割可以直接切割固定區域範圍內的子影像，取出身分證號與姓名。在真實世界的應用系統中，如要從汽車超速相片中自動辨識車牌號碼的應用系統，可以用牌照特徵自動在影像中找出車牌子影像後，再交給文字辨識系統自動辨識。

提取文字後必須對文字進行細化和正規化，由於英文與數字筆畫較少，其正規化工作比較單純，本研究已經先針對身分證號的辨識研究發展系統雛形。文字特徵提取系統畫面如圖8.25。



圖8.29 英文與數字提取、正規化與緊縮重排過程。

文字筆畫特徵是中文OCR系統常用的特徵提取方法，其優點為容易理解且適用於各種字符(如簡繁中文)，比較容易建立通用的模式識別系統。其缺點是抗雜訊能力較差。其步驟包括「邊緣萃取」、「筆畫分類」、「筆畫識別前雜訊處理」、「筆畫方向碼合併處理與筆畫識別」、「筆畫間特徵向量的定義與識別」、「整個中文字匹配距離原則」、「中文文字統計特徵」等，由於其牽涉原理非常專業，再此不多贅述。

文字識別方法可分為「統計模式識別」、「結構模式識別」與「類神經網路識別」等幾大類。「結構模式識別」與文字結構分析有密切關係，分析方法複雜，前處理工作要求較高，在實作比較困難。「類神經網路識別」識別方法比較適合英文文數字字符集較小的辨識系統，本研究目前已經測試完成基於「類神經網路識別」識別方法辨識數字的系統雛形(如圖8.25)。

中文文字辨識系統可比較統計模式中不同的統計原理，如最大後驗機率分類器、距離測度分類器以及決策樹等方法，選擇適當的分類器加以發展。上述各種統計方法中以決策樹(Decision Tree)方法具有結構靈活、分類速度快與容易實作等優點，較適合做為中文辨識系統所使用的核心方法。

第九章 結論與建議

9.1 結論

本計畫由91年至93年分三年度完成，主要目標為結合3S技術[遙感探測(RS)、衛星定位(GPS)、地理資訊系統(GIS)]及虛擬實境(Virtual Reality)技術，針對重要港口，建置基本環境資料及視覺化顯示之應用。具體完成下列各項主要成果

1. 臺東富岡—綠島魚港、高雄港、臺中港、花蓮港及基隆港等六個主要港之基本資料建置、影像圖臺及港灣立體模型建模。
2. 各港口三度空間視覺化、細緻層次(LoD)、LADBM及語音系統結合之虛擬實境導覽系統。
3. 全球定位系統結合數位通訊(GSM或GPRS)之船舶航行定位及管理模式。
4. 自然環境模式(日夜/天氣/海浪)主控台、碰撞模式之港灣環境虛擬顯示模型。
5. DIS/HLA分散式模擬通信架構之多船模擬之應用系統，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。
6. 港區船舶航行之自動避碰決策支援系統模式與設計。
7. 虛擬港灣模擬系統船舶動力模式整合介面與接口，為操船模擬提供必要之基礎。

以上各項成果，無需再購置特殊之軟硬體系統已可提供港灣環境若干實質之基本應用，亦已對操船模擬系統之發展提供必要之基礎。

9.2 建議

本計畫之研究與執行,使用了3S(GPS,RS,GIS)及虛擬實境(VR)為核心技術,由於仍未能與船舶動力模式完整結合,因此目前之成果仍未達『船舶操縱模擬系統』之水準及應用,但已提供該系統發展必要之基礎及技術,未來如能結合船舶動力模式與相關之硬體顯示設備,將有潛力進一步發展成實用之操船模擬系統。

參考文獻：

1. 邱永芳等，2000，臺灣港灣及海岸數位圖像資料庫建立之研究，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，MOTC-IOT-IHMT-CA8905。
2. 金一丞、尹勇，2002，STCW 公約與航海模擬器的發展，大連海事大學學報第 28 卷第 3 期。
3. 廖河樹、彭國均，2003，船舶在狹水道航行的碰撞危險性評價研究，中國航海 2003 年第 1 期。
4. 劉敬軍，2000，對船舶交通管理系統的探討，港航監督。
5. 賈傳熒等，2002，基於電子海圖的船舶動態監控系統設計與實現，大連海事大學學報第 28 卷第 3 期。
6. 孫立成，2000，船舶避碰決策數學模型的研究，大連海事大學博士論文。
7. 鄭中義，2000，船舶自動避碰決策系統的研究，大連海事大學博士論文。
8. 史國友、賈傳熒，2000，航海模擬器中 DCPA TCPA 的演算法，大連海事大學學報第 25 卷第 3 期。
9. 姚杰，2002，船舶避碰幾何決策的優化方法，大連水產學院學報第 17 卷第 3 期。
10. 劉靜賢、楊國卿，2003，基於船舶碰撞點分析模式的避碰決策優化原則，交通標準化第 116 期。
11. 張茂軍，2001，虛擬現實系統，科學出版社。
12. 黃心淵，1999，虛擬現實技術與應用，科學出版社。
13. Shan, J., 1998, Visualizing 3-D Geographic Data with VRML Computer Graphics International p.108-110.
14. Germs, R., Maren, G. V. etc., 1999, A Multi-View VR Interface for 3D GIS, Computer and Graphics p497-506.
15. Huagues Hoppe, 1998, Smooth View-Dependent Level-of-Detail Control

and its Application to Terrain Rendering *IEEE Visualization '98* ,

16. Mark Duchaineau, Murray Wolinsky et al. , 1997 , ROAMing Terrain : Real-time Optimally Adapting Meshes , *IEEE Visualization '97 Proceedings* , 81-88 ,

17. Jonathan Blow, 2000 , Terrain Rendering at High Levels of Detail Paper for the *Game Developers' Conference 2000* , San Jose California, USA

附錄一：期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中 □期末 報告審查意見處理情形表

計畫名稱：視覺化港灣環境資訊系統(第三年)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
何維信教授： 1.本計畫執行的工作項目相當多，且多為延續性之工作，其中有規劃與設計也有整合之工作，同時還有建模等繁複工作。 2.船舶自動避碰決策支援系統透過人工智慧、不確定性分析與模糊數學等方式進行研究，方向正確，困難度高。 3.本研究之應用價值甚高，若能順利完成，對港灣之管理有正面之意義，同時應對本研究之項目持續進行改善，期能使各項作業更臻於完善。 4.信號傳遞系統對本研究之執行效率影響大，更應精細規劃，避免令本研究之效益打折。	1.本計畫的確工作內容及項目眾多，系統整合尚稱順利，建模則相當費時，當如期完成計畫。 2.船舶自動避碰決策支援系統目前仍屬該領域之研究重點，本計畫將採實用的模式來完成。 3.本計畫完成後仍期望能持續予以精進及維護。 4.通訊問題一直是本研究中困擾的問題，目前已尋求中山科學院之合作，期能有理想及經濟之解決方案。	1.符合。 2.依處理情形辦理。 3.依年度計畫需求列為參考。 4.依處理情形辦理。
江渾欽副教授： 1.本計畫各項工作均順利進行，部份項目並見成果，值得肯定。	1.感謝委員對本計畫之肯定與支持。	1.符合。

2. 虛擬港灣模型結合自然環境更具真實感，印象深刻，值得對自然環境作進一步探討。 3. 船舶避碰決策支援系統採用何種系統操作條件應儘早確認。 4. 期末報告應對各系統作完整規劃說明，及系統間之關聯關係。	2. 自然環境以日夜晨昏及能見度(霧)遠近為主，目前所使用之數學模式已能模擬的相當真實。 3. 船舶避碰模式主要以幾何模式為主，配合相關條件如船速、航向等作為避碰決策支援之依據。 4. 將遵照委員意見於期末報告中說明。	2. 符合。 3. 依處理情形辦理。 4. 依處理情形辦理。
夏榮生副教授： 1. 各項工作均依期程順利進行，並已有部份成果。 2. 船舶航行避碰與管理系統之規劃與設計已進行多方面方法之評估。 3. 虛擬港灣模擬系統與船舶動力模型之整合方面已就不同架構予以比較分析。 4. 虛擬港灣模擬系統與自然環境主控臺之整合方面已完成六級海象之快速設定模式，成效顯著。 5. 期中報告內容詳實。	1. 感謝委員之肯定。 2. 船舶航行避碰模式將以幾何模式為主，配合相關條件如船速、航向等作為避碰及管理系統設計之依據。 3. 船舶動力模型將與臺大船研所之邱教授合作，以結合於本虛擬港灣模擬系統中。 4. 海象之快速設定模式係依海浪參數而設計，希望能更接進真實，感謝委員之肯定。 5. 感謝委員之肯定。	1. 符合。 2. 依處理情形辦理。 3. 依處理情形辦理。 4. 符合。 5. 符合。
何良勝科長： 1. 報告編排及格式請依本所規定辦理。 2. 有關模型之建置請考量實體	1. 將遵照委員意見於期末報告中修正。 2. 本計劃中有關模型之建置	1. 依處理情形辦理。 2. 依處理情形辦理。

比例情形。 3.建議於期末報告書增列說明成果應用及持續改善情況。	絕大部份係利用正確之圖像來進行，基本上，其尺度應為正確，而有少部份建物高度採視覺推估方式完成，將注意改善。 3.將遵照委員意見於期末報告予以說明。	3.依處理情形辦理。
蔡立宏研究員： 1.本計畫目的為提供港務機關最直接有效且科學化的港灣航運管理系統，在計畫執行中是否與港務機關實際可能操作人員，就需求及功能性作連繫，以免日後研究成果實際操作時必須再次修改。 2.是否有開設培訓班的需要，提供航海專業人員或相關領域人員作實際的訓練操作，達到技術轉移之目的，並提供操作手冊讓操作者能練習及查詢。 3.國外已研發有完整的船舶操作系統(航海模擬系統)，國內此項研究與外國技術及應用有哪些差異？有何特色？ 4.報告中許多圖表(圖 4-1，4-2，5-1，6-2)的繪製，希望於更為精緻。 5.在資訊數位化時代，本研究能以更真實高解析的影像實境模擬系統，提供港務單位使用，給予本報告極高研究肯定。	1.本計畫實際工作項目及內容是由貴委託單位邱主任與港務機關平常連繫中所瞭解之需求而設定，原則上並無針對特定對象而設計，因此未來對不同的使用者之應用可能仍須作小幅度之修正與更新。 2.目前並無開設培訓班的規劃，若有必要，仍願配合來辦理，操作手冊將於計畫完成後提供。 3.本研究所研發之航海模擬系統尚未達到操船模擬之層次，目前仍以導覽為目的，要達到操船模擬之水準仍須結合船舶運動模式等，有待進一步精進及設計。 4.將遵照委員意見進行修正。 5.感謝委員之肯定。	1.依處理情形辦理。 2.依處理情形辦理。 3.依處理情形辦理。 4.依處理情形辦理。 5.符合。

邱永芳主任： 1.類比信號應可作較遠距離之傳輸，可否採行應說明。 2.本系統之特效是否皆用 VEGA 來處理，未來對版權之處理如何解決？ 3.總結報告是否可歸納三年之研究內容詳細說明。 4.未來研究成果應轉為到 End ing Us er 因此測試相重要，是否作現場測試。	1.目前電信單位已全面更新為數位系統，類比信號雖可作較遠距離之傳輸，但目前可能已無法使用。 2.本系統之特效部分並未使用 VEGA 來處理，並無使用版權之問題。 3.將於期末報告中作詳細說明。 4.本研究已規畫在系統設計完成後作現場測試。	1.依處理情形辦理。 2.符合。 3.依處理情形辦理。 4.依處理情形辦理。
---	---	--

附錄二：期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中 ■期末 報告審查意見處理情形表

計畫名稱：視覺化港灣環境資訊系統(第三年)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
何維信教授： 1.本計畫之實用性相當高，包括了船舶航行避碰與管理系統可提高航行安全以及管理效率。3D 港灣導覽系統可結合船隻定位，判斷船隻進港，開啟語音建構 3D 空間導覽。同時包含基隆港、花蓮港、高雄港及臺中港之港灣模型，可說是結合目前高科技(3S)的研究。 2.本研究之成果符合當初規劃之目標，當然還有改善的空間，港灣模型之細緻效果，以及如何達成實際的管理。為達成實際管理通信系統是依重要因素。以及登船人員的登錄系統等。	1.感謝委員之肯定。本計畫依預期之成果完成，期望仍能持續予以精進及維護。 2.模型部份仍將持續予以精進及維護，實際應用情況將與使用單位溝通，瞭解使用上之需求並修正系統功能，以配合實務應用之需求。	符合 依處理情形辦理
夏榮生副教授： 1.成果兼具理論基礎及實用性。 2.研究內容符合計畫需求。 3.坐標系統由 WGS84 轉換至 TWD67 二度 TM 投影坐標，是否可以擴充兼具 TWD97 二度 TM 投影坐標，以利現行臺灣新的坐標系統。	1.感謝委員之肯定。 2.感謝委員之肯定。 3.由於目前所使用圖籍資料仍以 TWD67 二度 TM 投影坐標系統為主，因此，本系統之設計所使用之坐標系統為以 TWD67 為主，未來若有需要改為 TWD97 系	符合 符合 依處理情形辦理

4.船舶避碰與管理系統之安全係數(船速、船隻接近程度、障礙物...等),有那些需要設備(例如裝備、行政管制、天候管制),應可增進其安全性。 5.研究成果具擴充性。	若有需要改為 TWD97 系統,可藉坐標轉換之方式來完成。 4.船舶避碰有諸多不同之規則,本研究中為以二船之安全距離作為避碰之依據,而二船間之距離原則上以 GPS 定位之坐標反求而得,安全距離則是以船速與方位為參數而訂定,是否因其他因素須增加安全係數,可進一步研究再確認。 5.本研究成果已完成若干基礎及應用之建置,可作為多船操縱模擬系統發展之基礎。	依處理情形辦理 符合
何良勝科長： 1.修正摘要內容。 2.修正 1、2、3 節內容。 3.修正或補充 p.44 及 p.147 之方程式	1.將遵照委員意見於期末定稿報告中修正,增加完成成果之敘述。 2.感謝委員之指正,將遵照委員意見修正。 3.感謝委員之指正,遵照委員意見修正方程式錯誤之處。	依處理情形辦理 依處理情形辦理 依處理情形辦理

蔡立宏研究員： 1.本計畫為三年期之工作，工作項目相當多，且具實用性，研究成果值得肯定。 2.報告中格式需要符合本所之規定，內容文字及圖表仍有許多錯別字(如目錄的 1-3 和九、p.45 之圖 3-2、p.135 之表 8-2 及 p-136 之表 9-2...等)，文章中標點符號及方程式符號的字體和字型需前後統一(如 p.44 之 Title)。 3.如何證明整合各操作模式的準確性，是否經過驗證程序？建議報告完成後，應朝現場實地測試，再加以修正，以符合實際需要。	1.感謝委員之肯定。 2.感謝委員之指正，將遵照委員意見修正方程式錯誤及打字錯誤之處，並統一方程式符號的字體和字型。 3.本研究各操作模式所使用之資料為模擬之坐標數據，而現實之數據則應由定位系統實際獲得，在背景圖籍為固定坐標系統之定義下，模擬之坐標數據應有相當的準確性，當然，最佳的測試仍以現場之驗證最為可靠，本計畫在報告完成後，將進行現場實地測試。	符合 依處理情形辦理 依處理情形辦理
邱永芳主任： 1.全期三年報告請幫忙整合成全程完整報告。 2.資料辨識系統取樣時間間格，儲存時間應詳細且明確流程說明。 3.取樣資料以後統計結果及報告匯出應訂定標準格式，以利統計運用。 4.各完成之軟體應整合套裝	1.謹遵照委員意見提出整合之全程報告。 2.資料辨識系統取樣時間間格，儲存時間將依所使用之硬體(取像設備)而有所不同，例如使用數位相機將是最快速的方法，時間將不超過一秒鐘，使用掃描器則需 3-4 秒鐘，明確流程說明將於期末報告中補充說明。 3.匯出資料基本上採取 Microsoft EXCEL 格式，方便於統計運用，將於期末報告中補充說明。 4.本計畫完成之軟體即已套	依處理情形辦理 依處理情形辦理 依處理情形辦理 依處理情形辦理

化，以利成果轉移其他單位使用。	裝化，可將成果轉移其他單位使用。	
-----------------	------------------	--

附錄三：期末簡報資料



視覺化港灣環境資訊系統(第三年)



期 末 簡 報



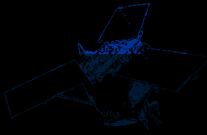
國立高雄應用科技大學 土木系

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





計畫背景

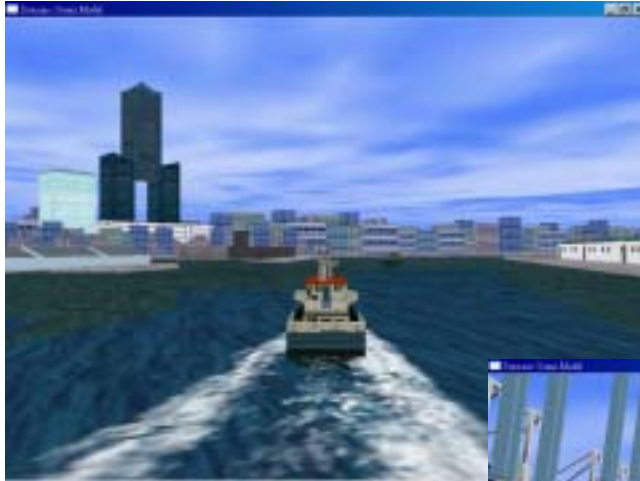


本計畫第一、二年工作主要以VEGA即時模擬系統完成臺東富岡、綠島魚港及高雄港及臺中港三度空間視覺化導航系統雛形，工作成果包括：

- 以3S技術整合衛星影像資料
- 視覺化港區導覽資訊系統
- 衛星影像電子海圖
- 多船操控模擬

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

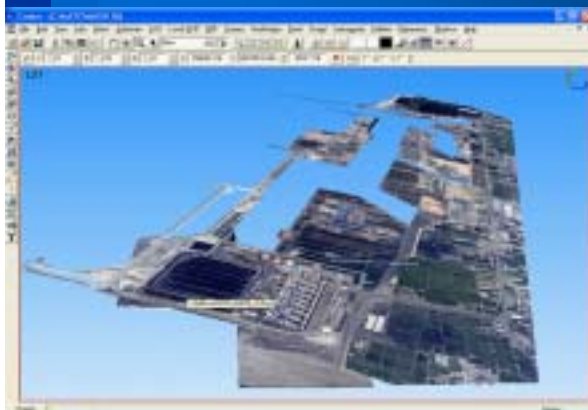
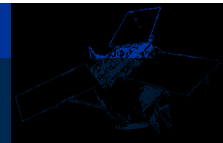




高雄港

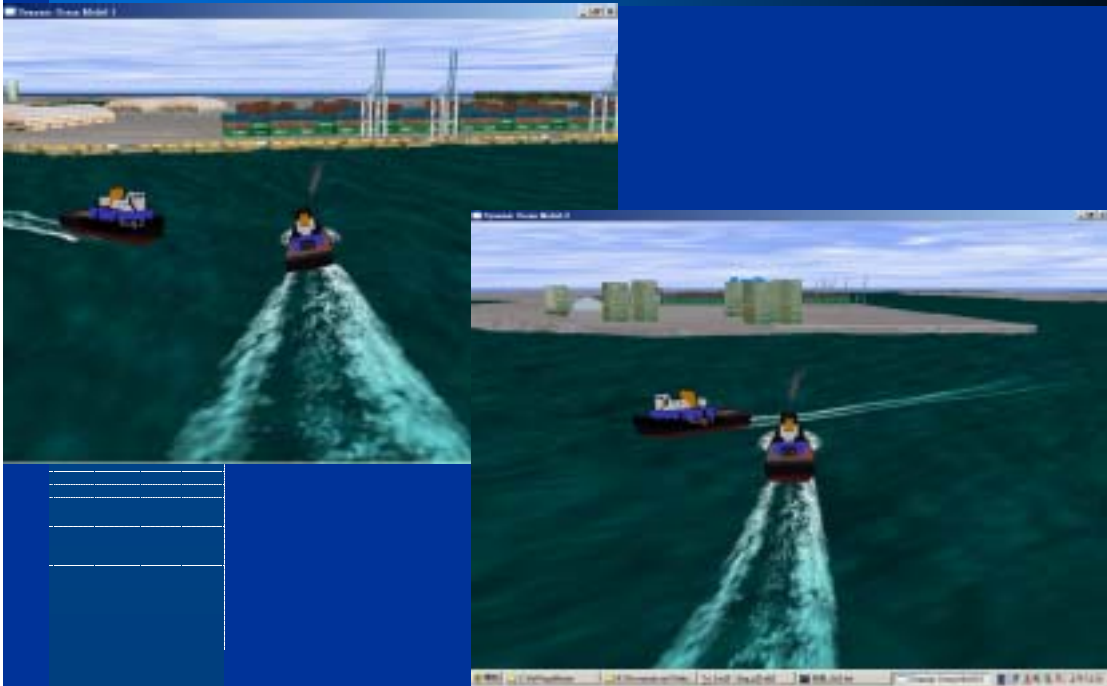
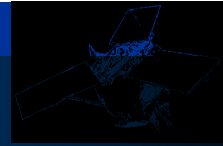


台中港模型之建構與場景

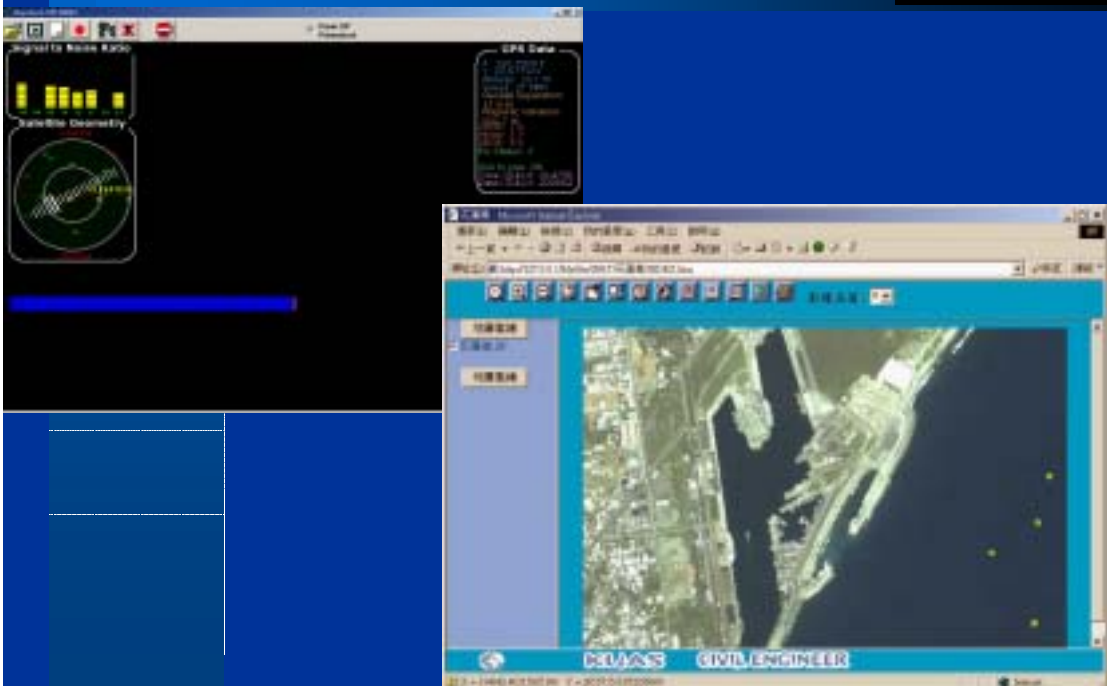
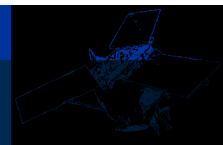




多船模式操作



船舶GPS定位管理系统





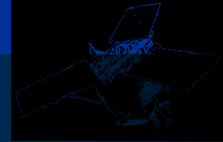
前計畫完成工作



- ❑ 整合港灣之水深、潮汐、導航與海流資料等各種海洋環境資料庫。
- ❑ 製作一套可顯示衛星影像與海洋環境資訊之平面圖台。
- ❑ 建立船舶所使用之全球衛星定位系統接收介面，並將船舶定位資料與平面圖台海洋環境資訊系統結合。
- ❑ 建立三度空間的視覺化資訊系統，包括建立港灣模型及屬性資料。
- ❑ 整合成一套完整之平面及三度空間船舶位置接收與顯示之港灣導航系統。



本年度計畫目的

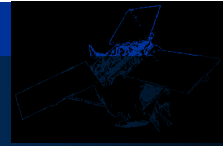


本年度將延續第一、二年之研究成果，依據製作高雄港與台中港之經驗，建置基隆、花蓮港港灣模型，並結合多船操作與船舶GPS定位管理系統，完成台中港港區船舶航行避碰與管理系統設計。並結合語音及描述性屬性資料，建構三度空間港灣導覽系統。





本年度研究對象與範圍



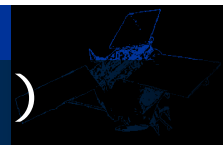
臺 中 港（船舶管理及避碰）



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



本年度研究對象與範圍（建模）



基隆港 30°00'N 121°45'E 衛星影像圖

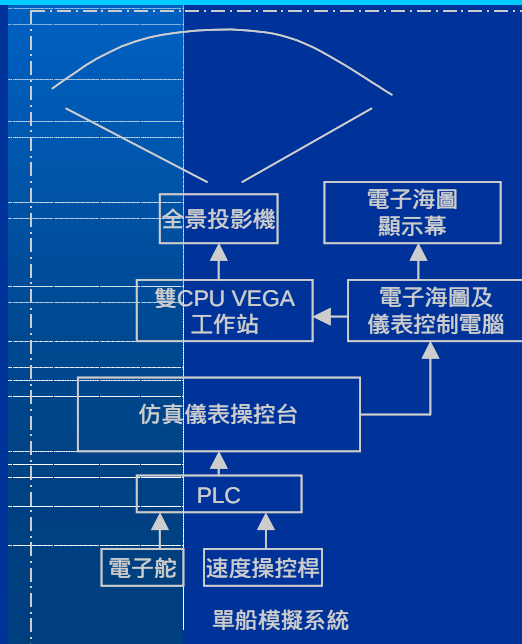


花蓮港 23°00'N 121°10'E 衛星影像圖





系統硬體及軟體架構

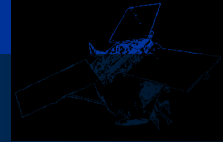


軟體工具
MultiGen
VEGA
Virtual C++
Virtual Fortran

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



研究內容與工作項目



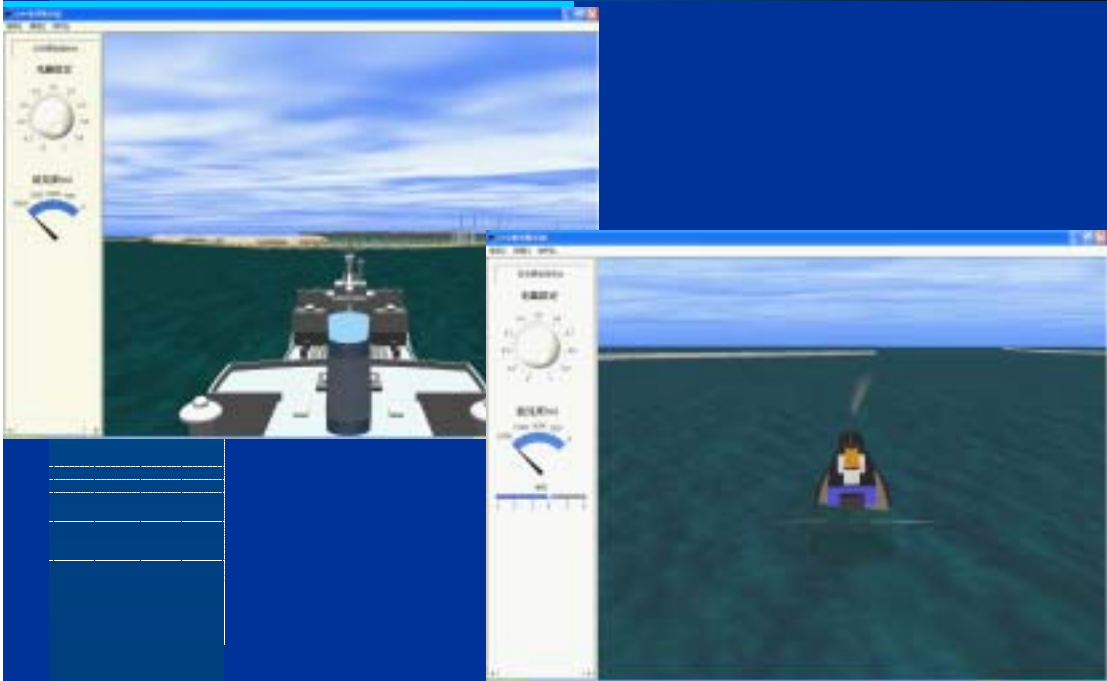
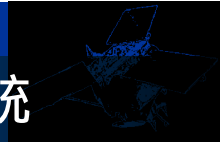
- ☐ 船舶航行避碰與管理系統
- ☐ 三度空間港灣導覽系統
- ☐ 船舶定位管理系統
- ☐ 建立基隆港與花蓮港港灣模型
- ☐ 精進高雄港與台中港港灣模型之細緻程度
- ☐ 信號傳送系統(通信)之規劃

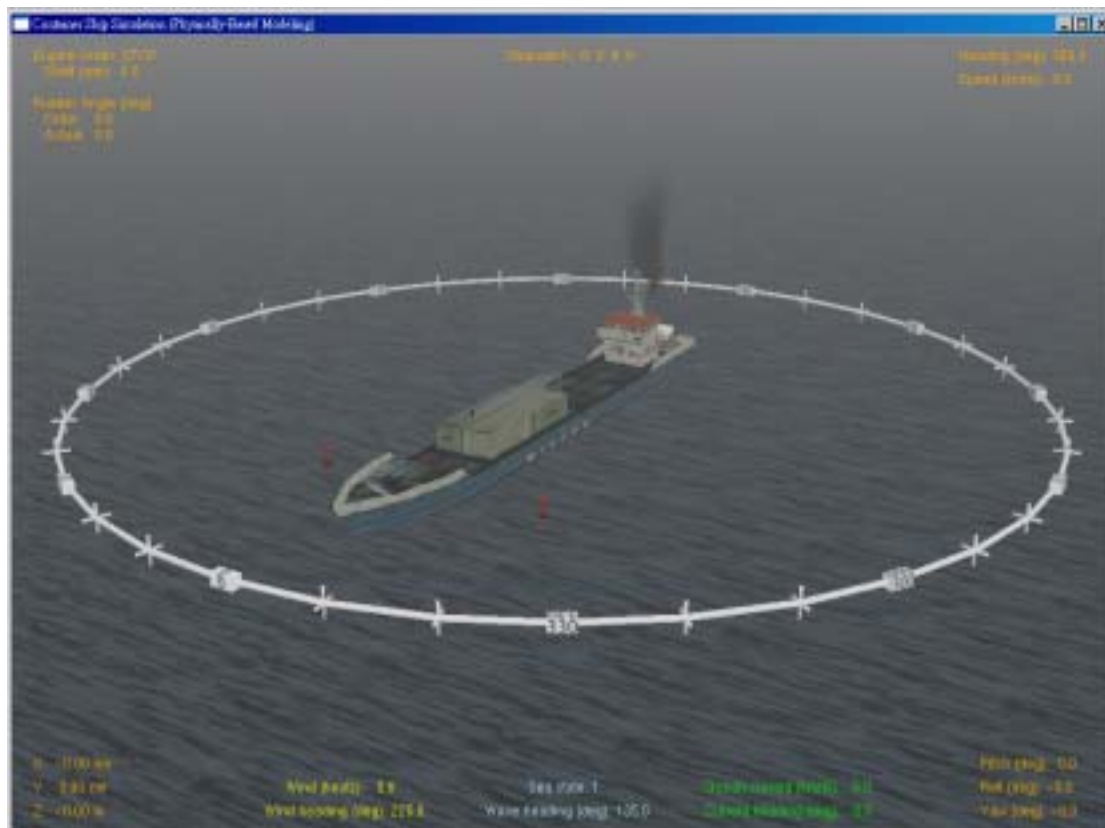
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





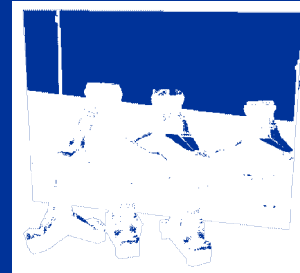
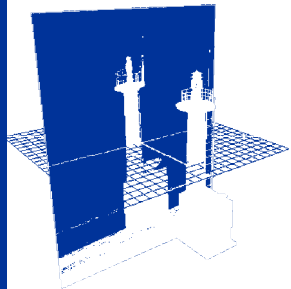
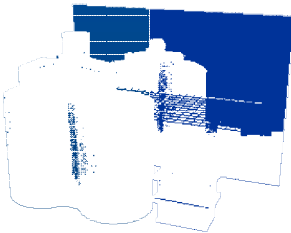
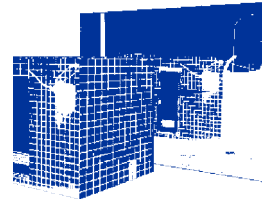
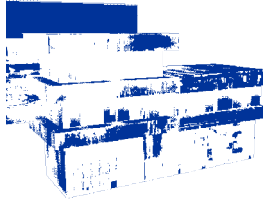
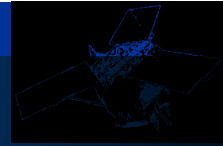
台中港三度空間港灣導覽系統







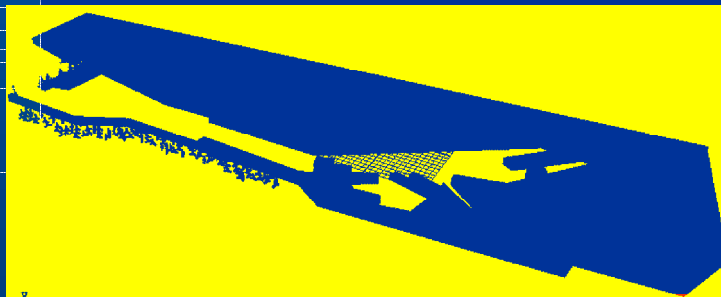
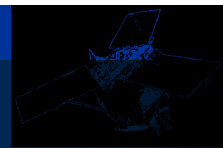
花蓮港模型（一）



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



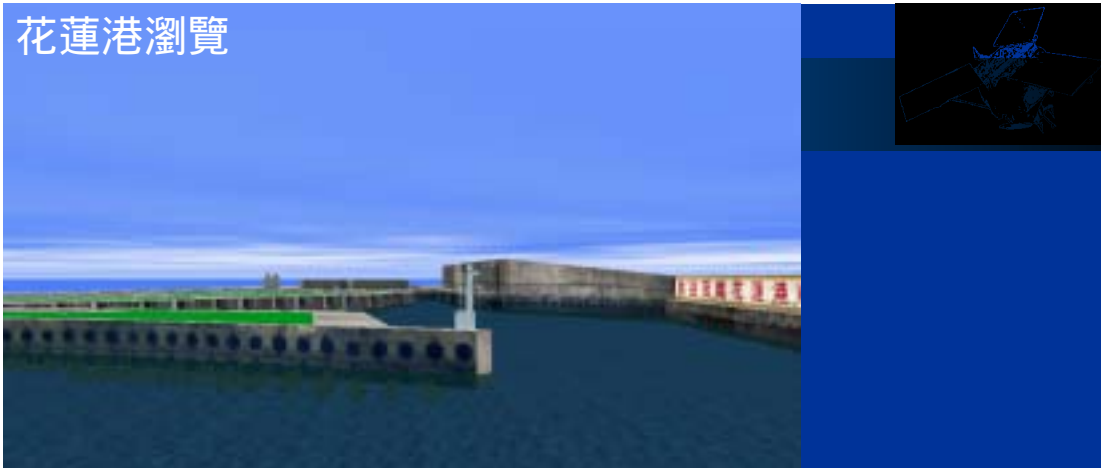
花蓮港模型（二）



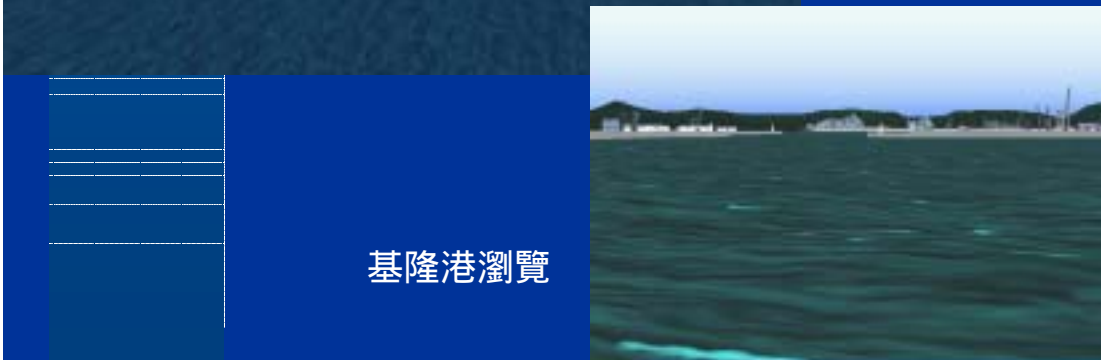
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



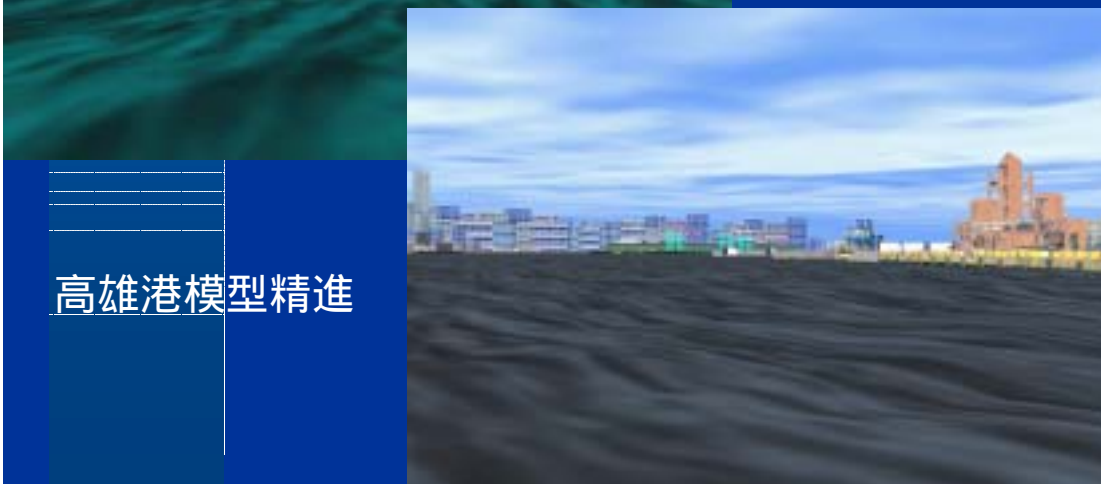
花蓮港瀏覽



基隆港瀏覽



高雄港模型精進





船舶定位管理系統之自動化資料識別



以健保卡為例，說明其處理之流程：

- (1) 以掃描器或數位像機取得健保卡的圖像。
- (2) 轉成黑白影像，轉的方式為R，G，B皆小於50者為黑，其餘為白色。
- (3) 以黑邊與卡片交界處為邊緣，做轉正處理。
- (4) 去黑邊處理。
- (5) 由固定座標處取得姓名及身分證字號之子影像。

李 淑

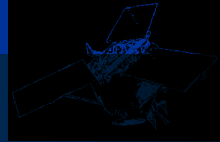
E220335181

- (6) 執行光學文字辨識(OCR)，即可得文數字資料『李淑』及『E220335181』

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



旅客登船身份辨識流程圖



旅客依序繳交相關證明文件

掃 描

存於儲存裝置中

資料辨識

否

是

資 料 彙 整

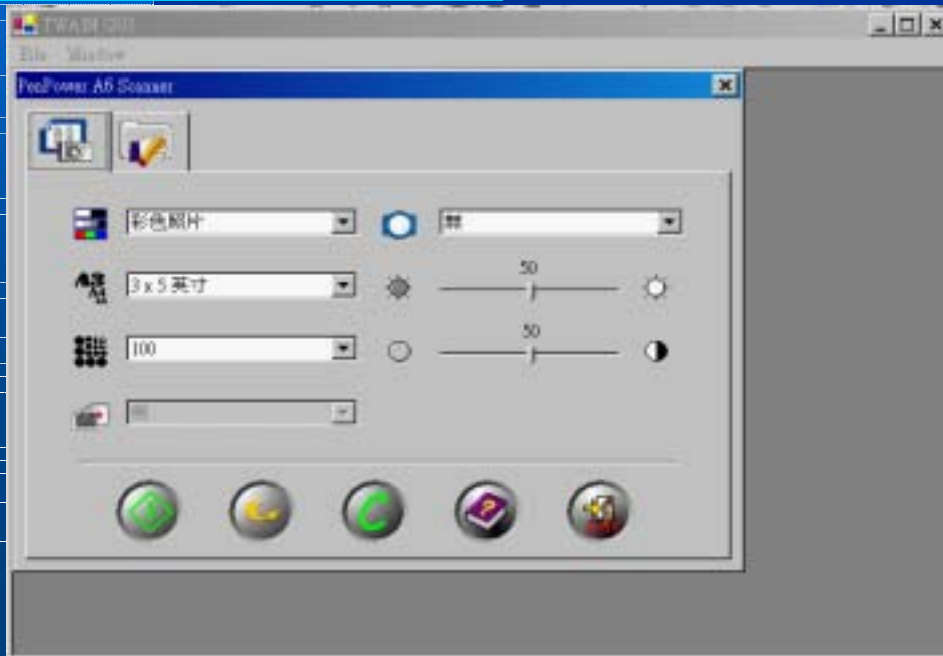
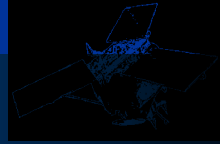
登 船

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

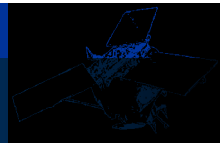




旅客登船掃描系統畫面

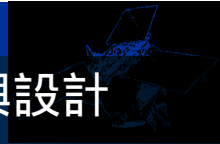


旅客登船管理系統畫面說明





船舶自動避碰決策支援系統之規劃與設計

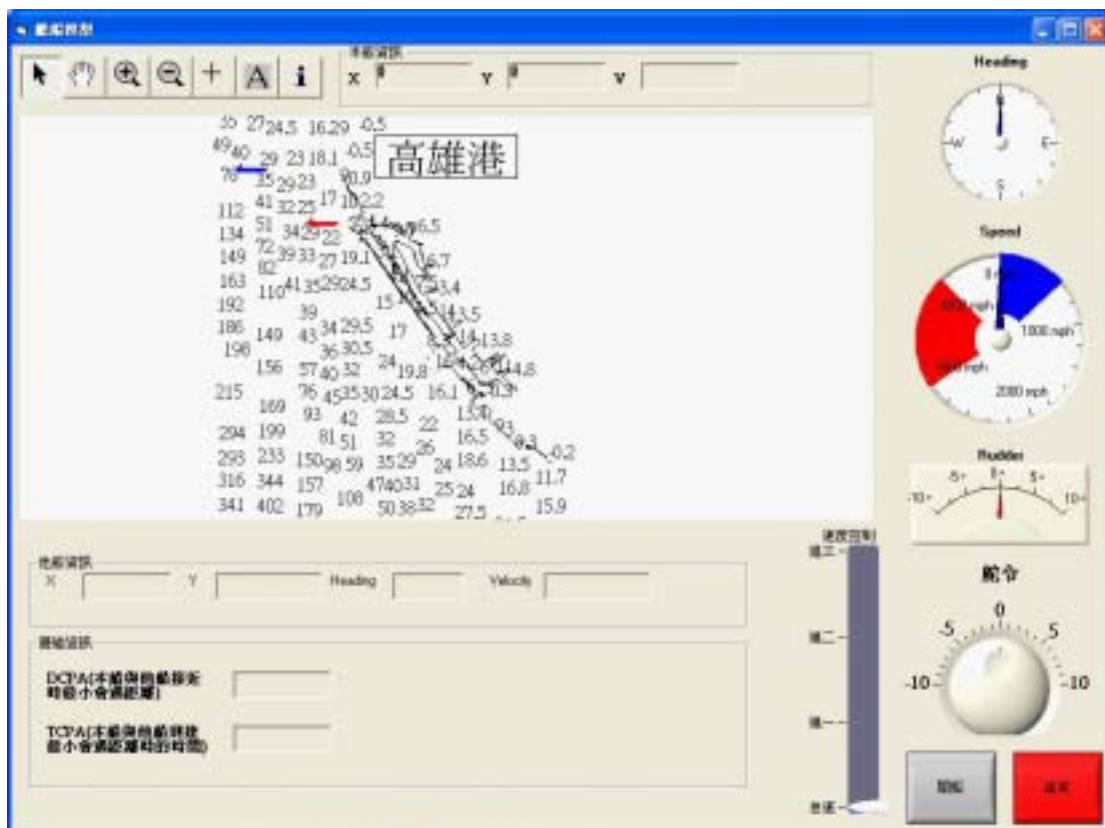


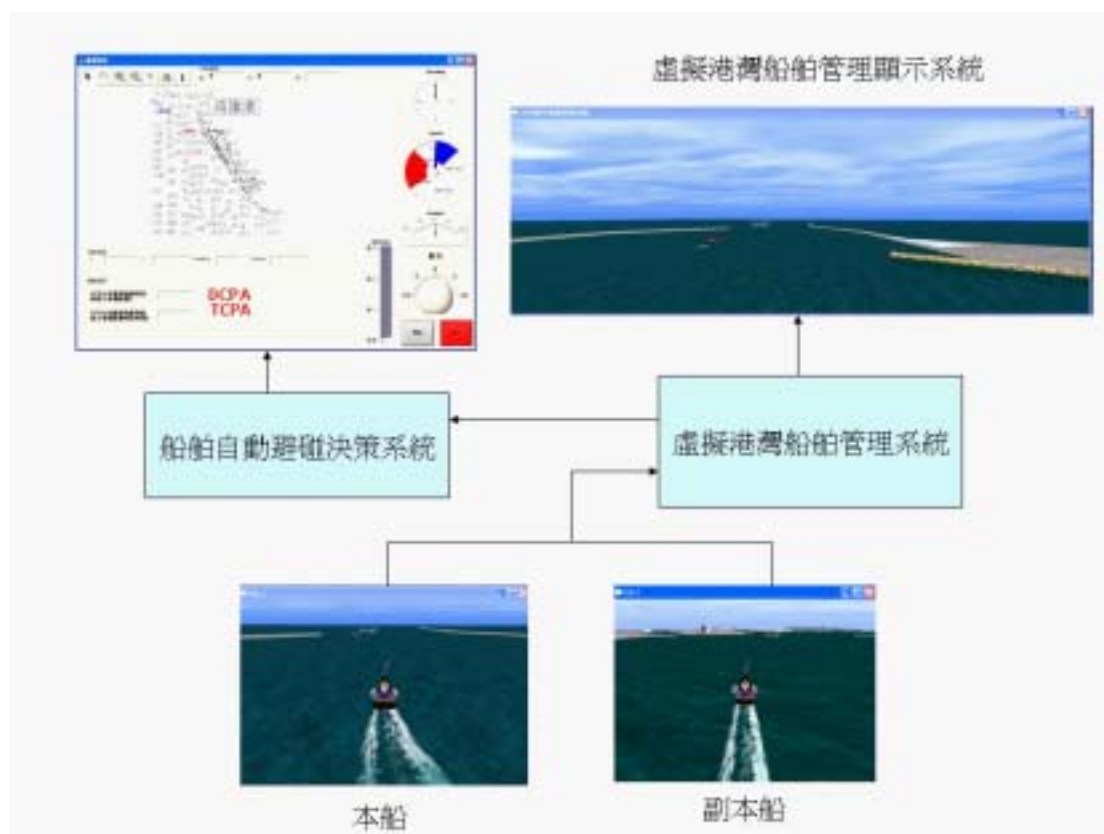
避碰幾何學

DCPA (Distance of close point of approaching)
即兩船接近時的最小通過距離

TCPA(Time to close point of approaching)
即兩船到達最小會遇距離時的時間

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







結 論



- (1) 臺東富岡 – 綠島魚港、高雄港、臺中港、花蓮港及基隆港等六個主要港之基本資料建置、影像圖臺及港灣立體模型建模。
- (2) 各港口三度空間視覺化、細緻層次(LoD)、LADBM及語音系統結合之虛擬實境導覽系統。
- (3) 全球定位系統結合數位通訊(GSM或GPRS)之船舶航行定位及管理模式。
- (4) 自然環境模式(日夜/天氣/海浪)主控台、碰撞模式之港灣環境虛擬顯示模型。



結 論(續)



- (5) DIS/HLA分散式模擬通信架構之多船模擬之應用系統，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。
- (6) 港區船舶航行之自動避碰決策支援系統模式與設計。
- (7) 虛擬港灣模擬系統船舶動力模式整合介面與接口，為操船模擬提供必要之基礎。

以上各項成果，無需再購置特殊之軟硬體系統已可提供港灣環境若干實質之基本應用，亦已對操船模擬系統之發展提供必要之基礎。





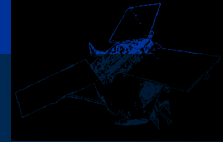
建議



本計畫之研究與執行，使用了3S(GPS, RS, GIS)及虛擬實境(VR)為核心技術，由於仍未能與船舶動力模式完整結合，因此目前之成果仍未達『船舶操縱模擬系統』之水準及應用，但已提供該系統發展必要之基礎及技術，未來如能結合船舶動力模式與相關之硬體顯示設備，將有潛力進一步發展成實用之操船模擬系統。



期末成果展示



敬請指教！

