

95-75-7212

MOTC-IOT-94-H2DA005

電子化航行安全模式之建立研究



交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

95-75-7212

MOTC-IOT-94-H2DA005

電子化航行安全模式之建立研究

著 者：邱永芳、張淑淨、李良輝、周宗仁

交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

電子化航行安全模式之建立研究 / 邱永芳等著.

-- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民95

面 : 公分

參考書目:面

ISBN 986-00-4970-X(平裝)

1. 航海 - 自動化

444.9029

95006989

電子化航行安全模式之建立研究

著者：邱永芳、張淑淨、李良輝、周宗仁

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：(04)26587176

出版年月：中華民國 95 年 4 月

印刷者：大興國際科技有限公司

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臺灣技術研究中心網站

定價：100 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路 3 段 10 號 B1•電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009500947

ISBN：986-00-4970-X (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

95 電子化航行安全模式之建立研究

交通部運輸研究所

GPN : 1009500947

定價 100 元

交通部運輸研究所自行研究計畫行出版品摘要表

出版品名稱：電子化航行安全模式之建立研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 986-00-4970-X（平裝）	政府出版品統一編號 1009500947	運輸研究所出版品編號 95-75-7212	計畫編號 94-H2DA005
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 研究人員：張淑淨、李良輝、周宗仁、張富東 聯絡電話：04-26587101 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 94 年 01 月 至 94 年 12 月
關鍵詞：e 化航行、			
摘要： 本計畫為求航行安全，e 化海運技術，提高海上運轉能量。主要針對航行的電子海圖研發來提供臺灣海峽的航行安全及船舶進出港之效率。而航行安全的主要關鍵在於人員的訓練，依「海上航行訓練認證與值標準國際公約 STCW」允許並鼓勵利用操船模擬器來訓練與培訓專業航海人員，以節省實際海上之訓練時程。但我國至今皆無自制之操船模擬系統，鑑於此本計畫即以開發本土化之操航模擬機配合電子海圖制作，強化我國各國際港進出港操航安全與效率。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
95 年 4 月	74	100	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定價價購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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: Establishment of an Electronic-navigation System			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-4970-X (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009500947	IOT SERIAL NUMBER 95-75-7212	PROJECT NUMBER 94-H2DA005
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu, Yung-Fang PROJECT STAFF: S. J. Chang, L. H. Lee, C. R. Chou, F. T. Chang PHONE: 886-4-26587101 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM January 2005 TO December 2005
KEY WORDS: Electronic-navigation			
ABSTRACT: <p style="text-align: justify;">In order to improve the safety of navigation, to enhance the e-navigation technique, and to improve the capacity of marine transportation, the electronic-navigation chart about the Taiwan Strait has been established for the navigation in the strait and the efficiency of ship maneuvering around the ports. According to the INTERNATIONAL CONVENTION ON STANDARDS OF TRAINING, CERTIFICATION AND WATCHKEEPING FOR SEAFARERS (STCW), 1978, the professional crewmembers are encouraged to get training through navigation simulator to enrich their experience of ship maneuvering and be familiar with the specific water area. This study focused on establishing a local Navigation Simulation System for the Taiwan Strait to enhance the safety level and efficiency of the navigation around the international ports of Taiwan.</p>			
DATE OF PUBLICATION April 2006	NUMBER OF PAGES 74	PRICE 100	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

電子化航行安全模式之建立研究

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	VI
第一章 前言.....	1
第二章 電子海圖資訊通報與資料安全系統之建立.....	3
2.1 電子海圖資訊通報管理系統.....	3
2.1.1 設計操作依循的基本規範.....	4
2.1.2 通報資料的一致性與識別碼的唯一性.....	8
2.1.3 圖文多媒體檔案等屬性之通報.....	9
2.1.4 帳號管理與運作維護.....	10
2.2 電子海圖資料安全系統之設計與建立.....	11
2.2.1 國際海測組織資料保護計畫 S-63.....	11
2.2.2 相關資料安全技術簡介.....	12
2.2.3 S-63 的資料保護措施.....	15
2.2.4 電子海圖的數位簽章.....	17
2.2.5 資料保護計畫的運作程序.....	18

第三章 多船操縱模擬系統之建立.....	21
3.1 研究 STCW 78/95 公約內操船模擬器相關規定.....	21
3.2 訂定系統發展規劃與細部功能規格.....	23
3.3 三度空間視景繪圖顯示系統核心設計理念.....	31
第四章 船舶運動數值模式建立.....	37
4.1 船舶運動特性.....	37
4.2 介面設計.....	45
第五章 結論與建議.....	47
參考文獻.....	48
期末報告簡報.....	附錄

圖目錄

圖 1 垂直度量值屬性編碼方式示意圖.....	6
圖 2 分弧燈的物件編碼方式.....	7
圖 3 部分遮蔽之燈光的物件編碼方式.....	8
圖 4 通報上傳文字檔的範例.....	9
圖 5 通報上傳影像檔的範例.....	10
圖 6 查詢物件現有圖文檔案內容的範例.....	10
圖 7 通報系統的帳號管理與運作維護入口網頁畫面.....	11
圖 8 電子海圖數位簽章簽署與驗證的流程圖.....	18
圖 9 SA 參與 S63 資料保護計畫的運作程序.....	18
圖 10 DS 參與 S63 資料保護計畫的運作程序.....	19
圖 11 OEM 與 DC 參與 S63 資料保護計畫的運作程序.....	19
圖 12 雷達模擬子模組所模擬的場景.....	28
圖 13 多船模擬系統主本船硬體架構圖.....	29
圖 14 多船模擬系統副本船硬體架構圖.....	29
圖 15 英國船商公司全功能航海模擬器系統配置圖。.....	30
圖 16 船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示。.....	30
圖 17 以視點距離為函數的影像簡化計算公式.....	34
圖 18 隨視點距離所計算求得不同解析度的地面涵蓋範圍圖.....	34
圖 19 船體座標系與大地座標系示意圖.....	39
圖 20 舵力示意圖(邱，1997).....	43

表 目 錄

表 1 資料品質與詮釋資料相關屬性.....	5
表 2 可提供文字資訊的屬性.....	5
表 3 各種等級模擬器的操作環境.....	26

第一章 前言

本研究期望以電子海圖顯示與資訊系統為主軸先行研發與制作，達成建立台灣海域國際標準電子海域資料庫，電子海圖資訊更新服務以及台灣沿岸之 DGPS 位導航服務等系統，對於進出港與靠離航行操船模式之建立，依前期研究之數位影像圖台來研制多船操模擬系統，達到近岸航行安全與 e 化之目標。同時海域面的海象預測與資訊提供更為航行安全的保證，因此電子海圖顯示與資訊系統(ECDIS)與海象資訊的結合已成為國際海事組織、國際海測組織與世界氣象組織共同關切的主要議題。

本研究為建立 e 化航行，提升海上運輸及船舶進出港航行安全，促進港埠營運效率，因而針對航行資訊，操航管理與海象即時播報等相關問題的研析，各項工作內容說明如下。

- (1) 電子海圖已成為整合海測、航安與氣象資訊的核心平台，更是航行安全與效率不可或缺的有效工具。以電子海圖為骨幹的海洋電子公路所構築的全球智慧型海運系統正快速形成。本研究之目的在於整合電子海圖資料庫之建置和最新的資訊與通訊技術，以因應國際趨勢並達成台灣海域航安與管理全面電子化的目標。以「電子海圖資訊通報管理系統」加速電子海圖資料庫的建置，以及電子海圖資訊內容的正確性與完整性等品質檢核。以「電子海圖資料安全系統」建立向國際海測組織申請加入 S-63 資料保護機制，取得數位憑證以發行電子海圖之技術條件。
- (2) 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繪圖電腦系統已經可以個人電腦為發展平台，不再需要昂貴的繪圖工作站。此外大型投影設備的發展日新月異，價格也大幅下滑，讓航海模擬器所需的大型場面視景，不再需要由昂貴的繪圖顯示單元所構成。本計畫預計開發建置一套「多船操縱模擬系統」，系

統主要由主本船、副本船與教官台所構成，系統內重要的軟體關鍵技術將自行研究開發，包括視景系統、船舶動力模式、電子海圖、雷達模擬系統等軟體系統開發，硬體則包括高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備與軟體系統之整合與測試。

- (3) 船舶操縱性能模擬計算之應用除可輔助船舶設計外，亦可應用於港灣規劃、海上交通動線規劃、操船模式評估、海事鑑定評估分析等，同時其亦為操船模擬機之主要構成要素，因此各國之學術機構或船舶協會皆紛紛建構操船模擬系統，然而有關船舶操縱性能之項目繁多，影響因素亦甚複雜，如何建立一較完整且可靠之計算模式，均為各國的研究重點。本研究在操縱模擬計算之基本構架下，討論項目主要可分為三大方面，其一為船舶特性方面，其包含船體流體力微係數、主機特性及舵力，第二項為自然環境之作用力，其包含風力、波浪力、潮流力，第三項為人為環境或自然環境邊界對船舶運動之影響，其包含淺水效應、拖船效應、岸際效應、船舶間之交互作用。

第二章 電子海圖資訊通報與資料安全系統之建立

為加速我國電子海圖之製作並且在正式發行電子海圖之前，先依循國際標準建置我國電子海圖資料保護機制。本研究一方面利用網路地理資訊系統（Web GIS）技術建置「電子海圖資訊通報管理系統」，提供各港務局人員，就各港所轄範圍內的海域與港埠設施等實際狀況，通報電子海圖製圖與更新所必需的空間與屬性資訊，以加速電子海圖資料庫的建置，並檢核電子海圖資訊內容的正確性與完整性。另一方面設計建置「電子海圖資料安全系統」，以具備向國際海測組織申請加入 S-63 資料保護機制，取得數位憑證發行電子海圖之技術條件。本文後續章節將分別敘述這兩個系統之設計與建置。

2.1 電子海圖資訊通報管理系統

系統之設計採用多層式架構：由電子海圖伺服器、資料庫伺服器、應用伺服器、以及用戶端軟體所組成。設計與操作依循國際海測組織的電子海圖相關標準。系統特別設計中文化線上輔助導引式的使用介面，以避免因國際標準 S57 電子海圖複雜的物件屬性代碼、格式定義、以及高度專業性的英文詞彙，造成系統使用上的困難，或因 S57 標準、通報者、電子海圖製圖者三者之間認知或輸入格式上的差異而造成錯誤。

由於電子海圖資料涉及空間座標，為了避免錯誤、重複、或錯置，以致蒐集後難以處理，因此本研究選擇以電子海圖視窗畫面顯示資料的現況與修改後的狀況以便確認。系統除了將操作資料記錄於資料庫以外，也將依據最新的物件與屬性資訊顯示修改後的電子海圖，以免重複修改或造成混淆。因此本系統亦設計有通報上傳圖文檔案的功能。各項功能說明如下：

2.1.1 設計操作依循的基本規範

1. 基本原則

(1) 座標基準與單位

(a) 座標基準

水平座標基準：一律採用「WGS84」以經緯度形式輸入，若輸入的資料非 WGS84，應於「文字說明」欄位中註明。

垂直座標基準：一律採用「平均海平面 (mean sea level)」，若輸入的高度資料並非相對於平均海水面，請於「文字說明」欄位中註明。

水深基準：一律採用「最低低潮面」，若輸入的深度資料並非相對於最低低潮面，請於「文字說明」欄位中註明。

(b) 度量單位

深度、高度、位置準確度的單位必須是「公尺」。

(c) 日期與時間

日期的輸入格式如下 (CCYY = 西元年, MM = 月, DD = 日)：

每年同一天：「--MMDD」

每年同一月：「--MM」

不需指定日：「CCYYMM」

不需指定月：「CCYY」

季節性的物件，例如：每年 3-6 月禁止進入的海域，應該以「狀態」屬性值=5 表示；若已知其周期性的開始與結束日期，則分別以「開始日期」與「結束日期」屬性說明之。

時間一律採用 UTC(世界協調時)，格式為：CCYYMMDDThhmmss (不加'Z')，其中 hh=時，mm=分，ss=秒，日期與時間之間以大寫的 T 字分隔。

2. 資料品質與來源

可用以描述說明資料品質、準確度、來源的屬性如表 1：

表 1 資料品質與詮釋資料相關屬性

屬性代碼	資料項意義
QUASOU	水深的品質
SOUACC	水深的準確度
POSACC	位置座標的準確度
QUAPOS	位置座標的品質
TECSOU	水深測量技術
SORDAT	原始資料日期
SORIND	資料來源說明
SURATH	測量的責任機關

3. 文字資訊

在 S57 電子海圖中，如果可以用其他屬性來描述，應盡量減少使用文字資訊；除非有指明「本國語言」的屬性，否則一律只能輸入英文 (ASCII)；而且所有「字串文字」屬性的字串內都不得含格式化控制字元，在「文字資訊檔」屬性中另附的文字檔案內才可以使用格式化控制字元。可提供文字資訊的屬性如表 2：

表 2 可提供文字資訊的屬性

屬性代碼	資料項意義
OBJNAM	物件名稱
INFORM	資訊(說明文字)：較簡短的說明
TXTDSC	文字說明檔的檔名：另附檔案 (.TXT)
NOBJNM	本國語言物件名稱
NINFOM	本國語言資訊(說明文字)：較簡短的說明
NTXTDS	本國語言文字說明檔的檔名：另附檔案 (.TXT)

4.預告更新

對於已知將於預定日期開始生效的海圖資訊，例如：預期於某年某月某日拆除或遷移的燈標，可以利用「開始日期」與「結束日期」預告海圖物件的更新，方法如下：

對於即將生效的新增物件，應輸入「起始日期」屬性。

對於即將生效的刪除物件，應輸入「結束日期」屬性。

對於即將生效的修改物件，相當於刪除現有物件並以新物件取代。

5.垂直度量

在垂直度量的部分，可分為 height（頂點高），elevation（底部高程），vertical length（垂直長度），vertical clearance（垂直通行高度）等。值得特別說明，以免混淆。以圖 1 為例：

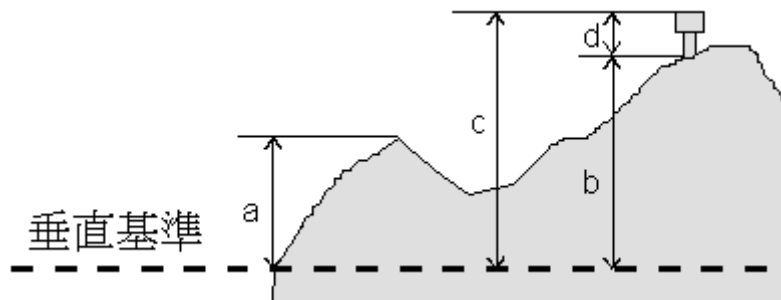


圖 1 垂直度量值屬性編碼方式示意圖

山峰、海岸線等自然物的高度以「ELEVAT」表示（如圖 5 中的 a）；至於人工物（陸標、建物）或樹，其物件底部的高度以「ELEVAT」表示（如圖 5 中的 b），物件最高點的高度以「HEIGHT」表示（如圖 5 中的 c），物件本身的高度以「VERLEN」表示（如圖 5 中的 d）。

vertical clearance（垂直通行高度）又依據物件的開啟或閉合狀況（例如：啟閉式橋樑）、安全餘域（例如：高壓電纜）的考量等，而衍生出不同的屬性類別如下：

VERCLR：垂直通行高度

VERCCL：閉合時的垂直通行高度

VERCOP：開啟時的垂直通行高度

VERCSA：安全的垂直通行高度

6.助導航設施

助導航設施由「結構物件」與「設備物件」組成，例如：燈塔由「塔（陸標）」和「燈」兩類物件組成，兩物件共用空間資訊（例如同一個點）。結構物件包括：浮標、立標（標杆）、橋樑、單一建物、日間標誌、燈浮、燈船、陸標、繫泊設施、海上平台、樁柱、岸線構築、...等等。設備物件包括：霧號、燈光、頂標、雷達站、無線電台、反光物質、雷達信標、交通信號台、警告信號台、...等等。雷達反射器則直接以物件的「雷達顯著性」屬性標示，不再另外建物件。

7.燈光

(1)分弧燈

每個有發射燈光而從海上可以看見的燈弧，都各建成一個「燈光」物件，並分別輸入其扇型的兩個邊界方位角（從海上看該物件中心的真方位），如圖 2。



圖 2 分弧燈的物件編碼方式

(2)部分被遮蔽的燈光

關於部分被遮蔽的燈光，其物件與屬性的編碼原則如圖 3：

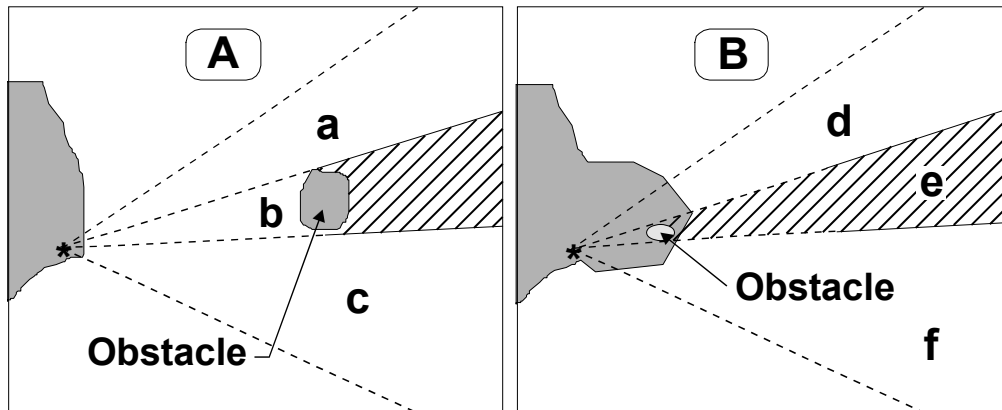


圖 3 部分遮蔽之燈光的物件編碼方式

圖 7A 的情況，應建 a, b, c 三個燈光物件，其中 b 的「燈光能見度」設為 8（部分遮蔽），並以「資訊」文字說明之。圖 7B 的情況，應建 d, e, f 三個燈光物件，其中 e 的「燈光能見度」設為 3（微弱、部分遮蔽）或 7（被遮蔽）。

2.1.2 通報資料的一致性與識別碼的唯一性

因為電子海圖資料涉及空間座標，為了避免錯誤、重複、或錯置，以致蒐集後難以處理，因此本研究選擇以電子海圖視窗畫面顯示資料的現況與修改後的狀況以便確認。在增刪修改物件屬性或刪除物件時，通報管理系統的介面設計讓使用者可以直接在電子海圖視窗中點選該目標物件，系統將直接取出該物件在電子海圖中的識別碼（S57 標準電子海圖的物件識別碼本身具有唯一性），按下「顯示」鍵後系統會在海圖上以紅色標示該物件的空間幾何讓使用者確認，按下「修改」鍵可查詢該物件目前各屬性欄位的屬性值並予增刪修改，若按下「刪除」鍵，系統將要求確認，經使用者確認後即可將該物件刪除。這樣的設計可以讓使用者擬通報的資訊和目標物件正確地連結。

系統除了將以上的操作資料記錄於資料庫中以外，也將以最新的物件與屬性資訊顯示修改後的電子海圖。系統的各個使用者所看到的

海圖都將以當時最新而一致的修改狀況呈現，以免重複修改或造成混淆。而系統端也可以藉由操作記錄而管理通報資訊的來源、歷程與時效。

新增資料時，系統將賦予新增物件一個新識別碼，該識別碼由伺服器端自動依據「唯一性」的原則產生。

2.1.3 圖文多媒體檔案等屬性之通報

有些 S57 物件的屬性欄位應填入的是文字檔或圖片檔的檔案名稱，並於發行的電子海圖光碟內附上這些圖文檔案，以便 ECDIS 可以直接透過屬性欄位找到並開啟這些圖文檔案。因此本系統亦設計有通報上傳圖文檔案的功能。使用者可以按「開啟檔案」後從資料夾中選取要上傳的檔案，右下視窗將顯示該檔案內容（文字或圖片），以便確認（如圖 4-6），擬上傳的檔案將會由系統伺服器端依據通報時間而發給新的檔案名稱，在資料庫將以此識別名稱儲存上傳的檔案。電子海圖各物件中現有的圖文檔案屬性都可以在線上查詢瀏覽，如圖 6。



圖 4 通報上傳文字檔的範例



圖 5 通報上傳影像檔的範例



圖 6 查詢物件現有圖文檔案內容的範例

2.1.4 帳號管理與運作維護

為了方便帳號管理，本系統設計有管理網頁（如圖 7），讓使用者在首次登入時填寫基本資料，並自行變更設定使用者名稱與密碼，供使用通報系統時登入用，目前設定每一港口只能有一個使用者。登錄

基本資料後可進入下載軟體更新版本的網頁，下載新的通報系統 Client 端軟體，或新的線上說明等輔助文件。使用者帳號密碼的變更歷程也詳細記錄於伺服器資料庫中，以便追蹤各筆通報資料的確實登錄者。



圖 7 通報系統的帳號管理與運作維護入口網頁畫面

2.2 電子海圖資料安全系統之設計與建立

「電子海圖資料安全系統」依據 S-63 標準文件，採用 Java 程式語言設計建置 Scheme Administrator(SA), Data Server(DS)與 Data Client (DC/OEM)三方必要之軟體架構與功能模組。以 S-63 標準測試資料測試確認已符合 S-63 標準之要求，並就 Data Server 運作所需的憑證管理、圖幅金鑰管理、各 Data Client 的訂購資料與圖幅許可管理等作業流程，設計了便利的整合操作系統。已具備向國際海測組織申請加入 S-63，取得 Data Server 憑證以發行電子海圖之技術條件與實際運作能力。

2.2.1 國際海測組織資料保護計畫 S-63

由於國際海測組織(IHO) S57 標準電子海圖 (ENC) 的製作成本高，卻不易保護版權，而且於發送的過程中，萬一被假冒官方之名散佈不實電子海圖資料或故意竄改官方資料，可能會危及航行安全。因

此自從國際間開始生產發行 S57 電子海圖，就已經開始有加密保護資料的主張，引發長期的討論。一開始主要的反對者所持的理由是：加密保護資料所帶來的複雜性本身，可能使得電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS）無法順利讀取電子海圖資料，因而危及航行安全，也很可能不利於電子海圖與 ECDIS 的推展應用。PRIMAR 是由挪威與英國海測局為了促進歐洲各國海測局之間的合作，於 1998 年依循 IHO 的世界電子海圖資料庫（WEND）而設立的「區域電子海圖協調中心（Regional ENC Co-ordination Centre, RENC）」，約有 12 個歐洲國家的海測局參與。PRIMAR 在其電子海圖配銷(distribution)機制中，率先引進了資料保護的措施。在數年之後，英國海測局更另行推動成立了國際電子海圖中心（International Centre for ENCs, IC-ENC），企圖將此電子海圖中心從區域性的 RENC 提升至涵蓋面更廣的世界級中心。隨著各國電子海圖製圖量以及 ECDIS 應用經驗的增加，國際海測組織會員國於 2002 年 12 月採納了電子海圖資料保護的標準：S63（IHO Data Protection Scheme）。S63 標準以 Primar 所研發運作的資料保護機制為基礎，定義了「將各國海測局生產的電子海圖資料配銷給 ECDIS 系統使用」這個過程中，各參與者在資料保護計畫內的角色定位及其所應負的責任。

2.2.2 相關資料安全技術簡介

1. 資料安全的基本要素

大部分的安全系統都會應用下列四項基本要素：鑑別 (authentication)、授權(authorization)、機密性(confidentiality)及完整性(integrity)。

(1)鑑別(Authentication)：

鑑別安全系統有鑑別者(Verifier)與身分碼(Credential)兩個主要單元，由鑑別者透過一套認證方式，驗證使用者身份碼，而被鑑別的

個體稱為主體(Principal)，只有通過鑑別的使用者，能獲得授權得到使用資料的權限。

(2)授權(Authorization)：

設定通過系統驗證的使用者，存取系統資源權限的過程即稱為授權。透過授權程序，可以區分使用者存取特定資源權限的安全文件，這些文件區分為資源的擁有者與使用者，以及讀取、寫入、刪除及執行的權限。

(3)機密性(Confidentiality)：

由於訊息是不斷透過網際網路以電子郵件、網路封包及其他各種形式傳送，因此沒有人能夠控制誰會存取到這些訊息。「機密性」是將資料使用金鑰變更或加密，只有獲准讀取資料的使用者，可以使用金鑰解開機密檔案的原始資料，藉此來維護資料的秘密。

(4)完整性(Integrity)：

在資訊傳輸或儲存時，有時會發生損毀或變更，改變資訊的完整性，透過資訊雜湊(Hashing)可驗證資料的完整性。雜湊是一種演算法，用來處理資訊以產生唯一結果的演算法，只要變更資訊的一個字元，會產生不同的結果。

2. 金鑰

使用金鑰的目的是為了保護資料不被未經授權者讀取，達到資料的機密性，以特殊密碼將傳送資料予以變更或加密，此種密碼轉換作業使用關鍵在於金鑰的製作與使用。密碼作業機制以金鑰的型態分為對稱式金鑰(Symmetric key)與非對稱式金鑰(Asymmetric key)兩個不同的機制。

(1)對稱式金鑰(Symmetric key)：

對稱式金鑰是最早利用金鑰之密碼系統，在資料加密與解密都使用同一把金鑰或稱密鑰(secret key)。優點：加解密速度快。缺點：加

密金鑰與解密金鑰為同一把金鑰，如何安全的交換並共享此把金鑰成為一大問題，例如：DES 金鑰交換協定。

(2)非對稱式金鑰(Asymmetric key)：

非對稱式金鑰改善對稱式金鑰交換金鑰的問題，其加密金鑰與解密金鑰不是同一把，每組金鑰對包含兩把互相對應的金鑰，一把是可以公開的公鑰(public key)，另一把是不可公開之私鑰(private key)，公鑰是由私鑰計算而得，所以公鑰與私鑰具有唯一的關連性。例如：Diffie-Hellman (DH) 金鑰交換協定、RSA 金鑰交換協定、ECC 金鑰交換協定、數位簽章。

一般為防止竊聽者取得金鑰副本，通訊的各方協議出一把相同的金鑰，且不需透過網際網路傳輸欲使用的金鑰。大部分的狀況，各方僅需使用議定的同一把金鑰，並且每隔一段時間就變換金鑰，以防攻擊者臆測。當金鑰隨著每次通訊進行變更時，就稱為階段作業金鑰(session key)。金鑰對的公鑰會以 X.509 憑證的形式發送，可確保公鑰在傳送過程中不會遭到竊改，目前有許多相關的通訊協定與第三方組織，專門處理 X.509 憑證的更新、發送、撤銷及管理。公開金鑰基礎建設(Public Key Infrastructure, PKI)即是提供公開金鑰管理與配送。

3. 數位簽章

數位簽章演算法(Digital Signature Algorithm, DSA)是由數位簽章標準 (Digital Signature Standard, DSS) 內所描述的演算法 (<http://www.itl.nist.gov/fip186.htm>)，由美國國家技術標準局(National Institute of Standards and Technology, NIST)所提出，並在 90 年代初期為美國聯邦資訊處理標準(Federal Information Processing Standard, FIPS)接受。

數位簽章的用途很廣，主要常被用於驗證資料是否有遭竊改和確保簽章與使用者之間的不可否認性。數位簽章是由金鑰對、訊息及簽

章組成，這三者之間存在著相互對應的關係，其中一項產生變動時，則驗證簽章就會失敗。數位簽章作業機制屬於非對稱式金鑰對，若要對資料進行簽署，必需以簽署者的私鑰簽署資料，產生數位簽章；若要驗證簽章，則要使用私鑰相對應的公鑰來驗證簽章的真確性。若簽章驗證無誤，即代表訊息沒有被竄改，並可確保簽章與使用者之間的不可否認性。

2.2.3 S-63 的資料保護措施

1. 資料保護措施的操作目的

IHO S-63 資料保護計畫採用了三重保護措施，包括：

(1) 防止盜拷 (Piracy protection)

利用「加密」的機制，防止 ENC 資料被非法盜拷。並且在加密之前先「壓縮」，以去除 ENC 資料中的重複模式，降低加密資訊被破解的機率。

(2) 選擇性存取 (selective access)

利用「圖幅許可」(cell permit) 的機制，限制用戶所能存取的 ENC 資訊範圍和期限。如此一來，可以將大量的電子海圖檔案儲存於同一張資料光碟，即使各個用戶的訂購內容(圖幅範圍、數量)或條件(一次購買、購買一年的使用權)不同，也可以用同樣內容的光碟交貨。後續的維護或添購，只需將新的圖幅許可或電子海圖資料的更新檔等較小量的資料以通訊的方式傳送即可。

(3) 鑑定證明 (authentication)

利用「數位憑證」(digital certificate) 的機制，讓用戶端確認 ENC 資料的來源是哪一個資料伺服器中心。同時也確認電子海圖資料在傳送的過程中沒有被竄改過。

2. 資料保護計畫的參與者

IHO S-63 資料保護計畫 (Protection scheme) 的參與者，依據角色定位可分類為：

(1) 安全架構管理者 (Scheme Administrator, SA)

由 IHO 的秘書處-國際海測局 (International Hydrographic Bureau, IHB)，代表 IHO 會員國擔任整個安全架構的管理者。由 SA 控管參與資料保護計畫的成員資格，確保各成員遵循既定的程序運作。在整個架構中唯有 SA 可以發「數位憑證」給資料保護計畫的參與者。

(2) 資料伺服器中心 (Data Server, DS)

資料伺服器中心是提供電子海圖服務的組織，例如：海測局或區域電子海圖協調中心 (RENC)。DS 負責以符合 S63 的程序與方法加密及簽署 ENC 資訊。DS 必須為每一個電子海圖圖幅檔案 (ENC cell) 的每個版本建立一個「圖幅金鑰」 (cell key)，用以加密該電子海圖圖幅檔案及其同一版本的所有更新檔。DS 也必須能依據資料用戶 (DC) 提出的用戶許可 (User Permit) 和用戶的訂購狀況，產生「圖幅許可」 (cell permit) 傳送給用戶端，並適時更新許可。

(3) 資料用戶 (Data Client, DC)

資料用戶是指 ENC 資訊的使用者，例如：使用 ECDIS/ECS (電子海圖系統) 的船員。DC 負責以符合 S63 的程序驗證 ENC 數位簽章並將 ENC 資訊解密。驗證簽章和解密的動作實際上是由安裝於資料用戶端的應用軟體 (例如：船上的 ECDIS) 來執行。也就是說，支援 S63 資料保護計畫的電子海圖系統廠商 (OEM) 必須在其應用軟體中提供此一功能模組。

(4) 電子海圖系統廠商 (OEM)

被 SA 允許參與資料保護計畫的電子海圖系統廠商(OEM)，將由 SA 提供一組具有唯一性的金鑰 (M_Key) 與識別碼 (M_ID)。參與 S63 資料保護計畫的 OEM 必須在其應用軟體中提供資料保護計畫的相關功能模組，也必須提供一個安全機制使每個安裝於用戶端的軟體都有一個具有唯一性的「硬體識別碼」(HW_ID)。資料用戶無法得知此 HW_ID，而是取得一個「用戶許可」(User Permit)，該許可內含以廠商金鑰 (M_Key) 加密的 HW_ID，以及廠商識別碼 (M_ID)。資料用戶(DC)向資料伺服器中心 (DS) 提出此用戶許可 (User Permit) 後，DS 從「用戶許可」內的廠商識別碼 (M_ID) 得知應該用哪一個廠商金鑰 (M_Key) 解密取得「硬體識別碼」(HW_ID)，再依據該 HW_ID 對應的用戶訂購資訊，產生「圖幅許可」(cell permit) 發給該用戶，以便解密使用其訂購的電子海圖資訊。

2.2.4 電子海圖的數位簽章

在電子海圖資料安全系統裡，ENC 數位簽章是由 Data Server 簽署並發佈給電子海圖的使用者(Data Client)，ENC 數位簽章的簽署流程中主要有下列幾項程序：Data Server 壓縮/加密 Cell、Data Server 簽署 ENC 數位簽章、Data Client 解密/解壓 Cell、Data Client 驗證 ENC 數位簽章，如圖 8 所示。

在 Data Server 發佈任何新版或更新版的圖幅，都會先對圖幅檔執行壓縮、加密和簽署 ENC 數位簽章等程序。在 Data Server 加密圖幅前，會先使用 ZIP 壓縮技術對圖幅先執行壓縮，減少儲存圖幅的檔案大小，更重要的是避免因為資料格式的規則性而易被破解，並對完成壓縮的圖幅使用圖幅許可裡，圖幅的 Cell Key 進行加密，緊接著，Data Server 會將每一張完成壓縮和加密的圖幅執行簽署，產生 ENC 數位簽章，並將加密的圖幅、ENC 數位簽章和圖幅許可(Cell Permit)發佈給提出原使用許可的使用者(Data Client)。電子海圖使用者收到任何 Data Server 所發佈的圖幅檔後，應先驗證 ENC 數位簽章，再解密和解壓圖幅，確保

接收到的圖幅未遭竄改。

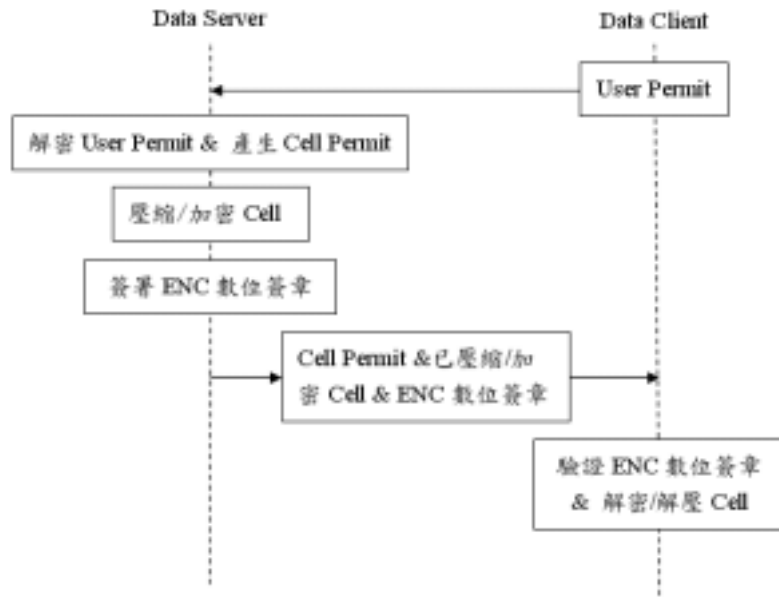


圖 8 電子海圖數位簽章簽署與驗證的流程圖

2.2.5 資料保護計畫的運作程序

1. 安全架構管理者 (SA)

SA 參與 S63 資料保護計畫的運作程序如圖 9。

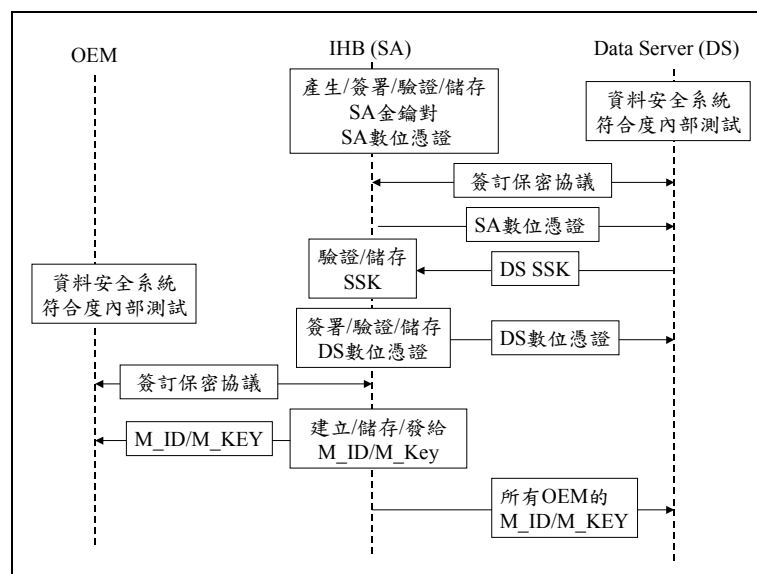


圖 9 SA 參與 S63 資料保護計畫的運作程序

2. 資料伺服器中心 (DS)

DS 參與 S63 資料保護計畫的運作程序如圖 10。

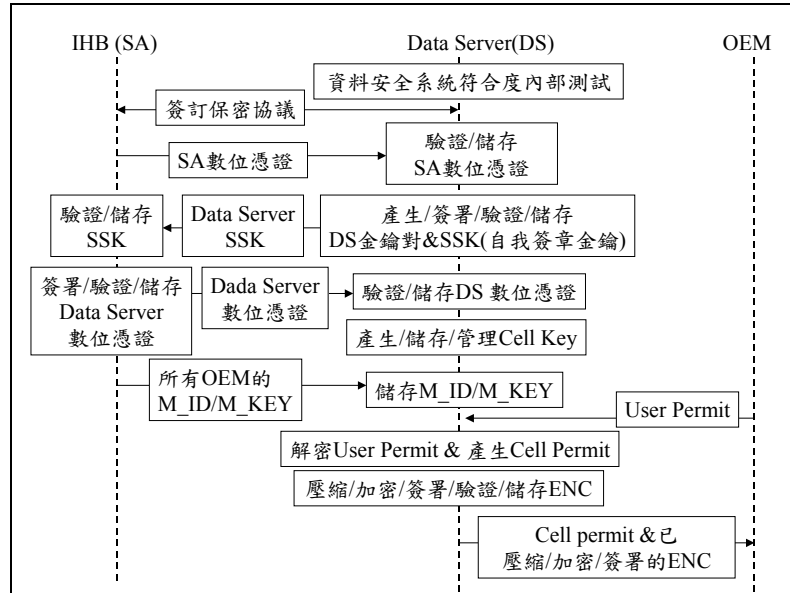


圖 10 DS 參與 S63 資料保護計畫的運作程序

3. 電子海圖系統廠商 (OEM) 與資料用戶 (DC)

OEM 與 DC 參與 S63 資料保護計畫的運作程序如圖 11。

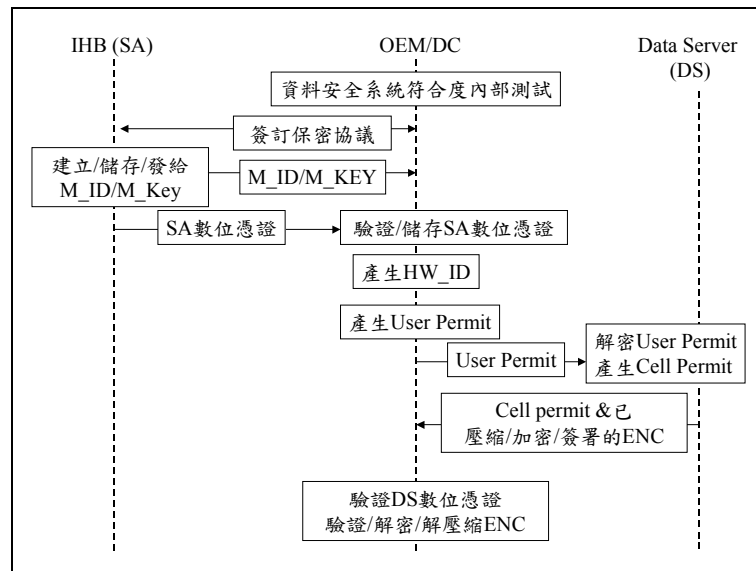


圖 11 OEM 與 DC 參與 S63 資料保護計畫的運作程序

其中硬體識別碼(HW_ID)於OEM的軟體安裝於電子海圖資料用戶端 (Data Client) 時產生。廠商以此 HW_ID 以及該用戶所訂購的電子海圖圖服與使用期限而產生 User Permit 向 Data Server 取得 Cell Permit 和已壓縮、加密、簽署的 ENC 資料，經過驗證、解密、解壓縮後所得的 ENC 資料，由廠商將 ENC 從 S57 格式轉換成為系統電子海圖(SENC) 的格式。廠商的系統設計應確保過程中已解密的 S57 格式 ENC 資料不會留存於資料用戶端或讓資料用戶取得。OEM 廠商必須對此過程擔負資料保護的責任。

第三章 多船操縱模擬系統之建立

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繪圖電腦系統已經可以個人電腦為發展平台，不再需要昂貴的繪圖工作站。因此本文預計建置一套「多船操縱模擬系統」，系統主要由主本船、副本船與教官台所構成，系統內重要的軟體關鍵技術將自行研究開發，包括視景系統（包括 3D 繪圖核心模組、港灣模型、自然環境特效、海洋環境特效）、船舶動力模式、電子海圖、雷達模擬系統等軟體系統開發，硬體則包括高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備與軟體系統之整合與測試。

3.1 研究 STCW 78/95 公約內操船模擬器相關規定

聯合國國際海事組織(U.N. International Maritime Organization, IMO)秘書長 William A. O'Neil 指出：「超過百分之八十之海上意外事故歸咎於『人為過失』(human error)因素所造成」。大多數意外事件都是由於人員「能及應該」避免的錯誤所造成。雖然人為過失是無法完全避免的，但如果決心要防止意外事件再次發生，則必須集中努力從消除「人為過失」方向著手。人為疏忽造成意外因素可包括疲勞、壓力、健康、工作條件、工作技能及通訊能力等。如有完善之人員教育訓練制度，這些因素所造成之意外事件大都可以防範，同時亦能保障海上工作人員生命財產的安全。

IMO 自 1959 年開始即竭力朝向增進船舶安全與提升海上工作人員素質標準而努力。海上人命安全國際會議(International Conference on the Safety of Life at Sea)於 1960 年即通過許多決議案，要求各國政府採取實際可行之措施，加強海上工作人員對於導航與船用儀器設備之教育訓練，使海上工作人員均有足夠能力正確使用，同時更建議 IMO 與國際勞工組織(International Labor Organization, ILO)充分合作為達成上述目標而努力。

於是 ILO 與 IMO 之海事安全委員會(Maritime Safety Committee, MSC)設立了聯合訓練委員會，於 1964 年召開第一次會議，制定了船長、幹部以及船員如何操作使用導航、救生設施與滅火裝備和其他增進海上安全之船舶設備之教育訓練指導綱領，聯合訓練委員會於 1975、1977 與 1985 年陸續修訂與補充相關規定。

儘管有了這些訓練指導綱領，IMO 大會於 1971 年要求 MSC 儘速制定訓練、發證及當值國際標準，隨即由 IMO 「訓練與當值標準次委員會」(Sub-Committee on Standards of Training and Watchkeeping, STW)草擬包括訓練、發證及當值要求及相關建議案。1971 年 IMO 大會亦決議，為落實上述目標，必須針對本項議題另外召開會議以公約方式討論。該會議於 1978 年召開，共有 72 個國家參加，是 IMO 成立以來最大型的會議，會議所通過之「航海人員訓練、發證及當值標準國際公約」被認為是當時最重要的海上安全公約。

本公約是 IMO 首次嘗試建立商船航海人員，包括船長、幹部船員以及航行當值人員之資格及訓練標準規範。本公約於 1995 年修訂，增加許多規定，包括更嚴謹之訓練與能力測試標準。以往航海人員之訓練、發證與當值標準係由各國政府分別制定，彼此之間並無聯繫與交流機會，結果往往造成訓練標準不一，人員素質亦有相當差異，對國際性的船舶海運事業而言，建立一致之人員訓練標準是首要工作。對漁船而言，STCW 公約排除適用於漁船及小型船舶。截至 2001 年 4 月共有 136 個國家批准，STCW 公約已於 1984 年 4 月 28 日生效。STCW 95 修正案已於 1997 年 2 月 1 日生效，2002 年 2 月 1 日起，所有航海人員必須接受適用 STCW 95 新標準之各項訓練，並持有證書。

台灣地處亞洲航運交通樞紐，強大之航運能力為台灣數十年來引以為傲之經濟奇蹟主要成功因素之一。然而，如何維持航運安全，全賴良好之船員素質與嚴密之船員專業訓練。船員培訓除了海事學校教育或船員養成教育外，在成為船員後，即應按船員本身之職務與工作性質接受不同之專業訓練，由交通部委託相關船員專責訓練機構訓練船員，船員訓練機構須依照一九七八年航海人員訓練、發證及當值標

準國際公約附錄之一九九五年修正案相關規定制定訓練課程。

交通部為因應須於期限內符合該公約要求，委託國立台灣海洋大學周和平主持相關研究計劃與因應方案，於一九九七年提出「一九七八年航海人員訓練、發證及當值標準國際公約一九九五年修正規定對我國船員管理體制之影響及規劃因應方案」，後於一九九九年由周和平等完成「一九七八年航海人員訓練、發證及當值標準國際公約附錄之一九九五年修正案我國資料遞送之擬訂」送由交通部參考運用(江宏榮，2002)。

行政院亦針對 STCW 公約在九十一年度提出相對的施政方針：「配合全球運籌發展計畫，提升海運國際競爭力，落實『市(縣)港合一』及航政歸中央成立航政局、港務獨立自主管理與經營之政策；規劃高雄海空聯運，加強各商港擴建及改善基礎設施，增進港埠營運效率；建置海運資訊通信系統，發展海運資訊網路；強化本國船員訓練，設立船員職業訓練中心，完成航海人員訓練、發證及當值標準國際公約(STCW)九五修正案之認證。」

國際間對於海上航行安全及海洋環境保護非常重視。目前 IMO 制訂有 26 種公約及議定書要求各國政府遵行。然而各國對國際間所制訂的各項法規、標準與要求往往未能落實執行，以致意外事件還是發生。有鑑於此，IMO 已經開始注意並要求各會員國加強對其船籍國船舶落實各項公約要求標準，同時並建立港口國檢查制度(Port State Control)、船舶安全管理系統(Safety Management System)等措施。因此，除了意外事故原因調查及分析報告提出外，如何加強海上工作人員之培訓是目前 IMO 主要工作重點。許多研究也指出，「訓練」是防止職業災害和意外發生最有效和最值得信賴的方法(孫志鵬，2001)。

3.2 訂定系統發展規劃與細部功能規格

航海仿真系統是一種典型的人在回路中的仿真，人作為一個環節參與到仿真系統中，通常通過仿真系統提供的各種信息，經過判斷和決

策對系統進行操縱和控制，進而達到人員訓練、方案論證、海事分析等目的。該系統已應用於：

- (1)規則訓練；
- (2)雷達/ARPA、ECDIS 的熟悉和使用；
- (3)BridgeTeamworkManagement 綜合訓練；
- (4)船舶操縱綜合能力培養訓練；
- (5)港口和航道開發分析；
- (6)由於特殊需要，某些已大於航道、泊位設計能力的船舶進出港和靠離泊的可行性及相關措施研究；
- (7)事故調查與分析。

IMO(世界海事組織)一直鼓勵在航海教育和培訓中使用模擬器,新的 STCW78/95 公約(海員培訓發證值班公約)還允許將接受模擬器訓練的時間部分折算成海上經歷的時間。

國際海事組織(IMO)，在關於海員培訓、值班和發證公約的國際會議上，規定在海運界對於雷達、ARPA 和 GMDSS 操作訓練，使用模擬器來培訓是強制性的。根據 IMO 有關文件對船舶操縱模擬器的定義，船舶操縱模擬器是一種能部分模仿真實情況專門為滿足某些特種目的而設計，以便讓操作者在一個可控制的安全環境中通過操作來實踐和(或)顯示其能力的裝置。船舶操縱模擬器主要用於航海教學與培訓，其功能應能滿足 STCW 公約和主管機關的有關教學與培訓的要求。根據目前我國的航海教學與人員訓練，船舶操縱模擬器應包括如下的基本功能：

- (1)現有雷達模擬器的主要功能(如雷達和 ARPA 操作訓練，雷達標繪和避碰訓練，雷達導航訓練，擁擠水域航行訓練等)；
- (2)受限水域和進出港航行的操縱訓練；

- (3)夜航訓練；
- (4)操舵訓練；
- (5)大型和超大型船舶操縱訓練；
- (6)惡劣環境下的操縱訓練，包括能見度不良、強風、強流等；
- (7)錨泊和靠離泊訓練等。

另外，船舶操縱模擬器是一種比較昂貴的大型設備，除保證滿足教學和訓練的基本要求外，還應考慮在科學研究和工程設計中發揮應有的作用。因此，在設計航海模擬器萬案時應盡可能考慮使其可用於：

- (1)為航行和導航設備的開發研究提供模擬實驗條件；
- (2)駕駛人員行為研究；
- (3)海事原因分析研究；
- (4)特定水域或特定船舶操縱方法研究；
- (5)航道或泊位設計的論證與評估；
- (6)船舶和其他設備工程設計的論證和性能預報等。

經過數十年來的發展，船舶操縱模擬器經歷了從簡單到複雜，從單一到綜合的過程，目前航海界已基本達成共識，將船舶操縱模擬器(Bridge Operation Simulator)分成如下四個等級：

A 級：功能完備的船舶操縱模擬器 (Full Mission Simulator)

功能完整的船舶操縱模擬器，能完整地模擬船舶駕駛操作環境，包括在受限水域進行高級操縱和引航訓練。

B 級：多功能船舶操縱模擬器 (Multi Task Simulator)

多功能船舶操縱模擬器能完整地模擬船舶駕駛台操作環境，但不要求能在受限水域進行高級操縱和引航訓練。

C 級：有限功能船舶操縱模擬器 (Limited Task Simulator)

有限功能船舶操縱模擬器能模擬船舶駕駛台操縱環境(無視景，單憑儀器操縱)，以便進行有限的航行和避碰操縱。

D 級：單一功能船舶操縱模擬器 (Single Task Simulator)

單一功能船舶操縱模擬器能模擬特定的駕駛儀器操作，或有限的航行操縱情景，但操作者並不真正置身在駕駛台環境之中(例如桌上模擬器模擬操作區域的俯視圖)其更具體的功能。各種等級模擬器的操作環境詳列於表 3

表 3 各種等級模擬器的操作環境

編號	操作環境	A	B	C	D
a	目標船				
	模擬器應能提供至少 10 條不同種類的目標船，每條船均具有足夠精度的數學模型	√	√	√	√
b	目標船須配備符合避碰規則的航行燈，號型和聲信號	√	√		
	信號可由教練員分別控制，每個目標船在天氣晴朗時，距離本船應能提供與速度相對應的船頭浪花				
c	模擬器應能同時提供至少 20 條目標船(參閱 STCW-95 section A-1/12.4.3)，教練員可為每條目標船設定足夠數量的轉向點	√	√	√	√
d	視景				
	模擬器應提供真實的白天或夜晚的視景，包括可變化的氣象能見度，隨時間變化，能夠創建從濃霧到晴朗的系列視覺情景	√	√		
e	視景系統能體現本船六自由度運動	√			
f	視景系統能體現本船三自由度運動		√		
g	視景的更新速率至少 30 幀/秒，有足夠的分辨率	√			
h	視景的更新速率至少 20 幀/秒，有足夠的分辨率		√		

i	有獲得足夠的環境真實感，投影銀幕應距駕駛台窗5m 以上，觀測者可使用望遠鏡系統	✓			
j	視景系統應能提供四周(水平 360)和垂直至少 25 視場角視景。 水平視場角可以是至少 240，其餘部份可漫遊	✓			
k	視景系統應提供至少 120°		✓		
l	視景系統應能顯示所用海圖上的全部導航標誌	✓	✓		
m	視景系統所顯示的物體應具有足夠的真實感	✓	✓		
n	視景顯示系統中兩台投影器顯示的視景邊界畸變應盡量減小	✓			
o	外界聲響 模擬器應提供與模擬海況時對應的環境聲響(風、雨等)	✓			
p	航行水域 航行水域應包括與所用海圖相應的隨時間變更的流模型，潮水應有所反映	✓	✓	✓	
q	與所用海圖相對應的水深，並應反映相應的潮水狀況	✓	✓	✓	✓
r	模擬器能提供方向和強度可變的波浪	✓	✓		

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，將雷達模組與即時模擬系統整合，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 12)。

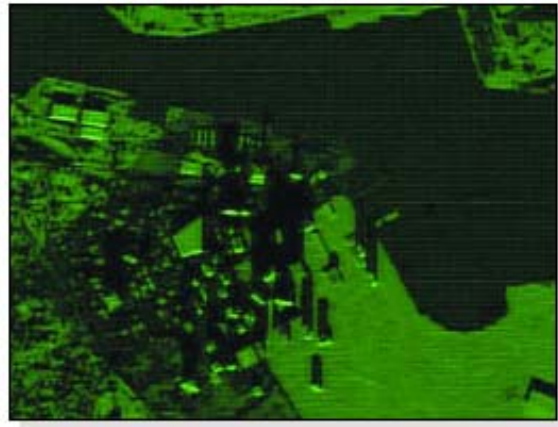


圖 12 雷達模擬子模組所模擬的場景

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。

目前各國發展之先進模擬器的視景展示系統，多採用先進的 OpenGL 圖形技術，動態即時生成視景圖像，包括：本船、目標船、周圍的物標、環境的影響、能見度及光照等的影響，完全符合 STCW 95 的各項細節的規定（詳請參閱 4-1 節）。航海模擬系統允許在任何時間和各種氣象環境下改變能見度和光照程度。教官可以根據訓練的目的和要求，在練習中的任何時刻即時改變訓練環境的能見度條件及光照條件。學員可以在練習中看到全部的 360 度視景。根據硬體環境和系統的要求，每個視景通道最大可達到 1280 X 1024 的解析度。根據自身的要求，使用者可使用個人電腦來顯示視景，也可使用高解析度投影機顯示效果更佳。

本計畫預計建置一套「多船操縱模擬系統」，系統主要由本船、教官台與副本船所構成，本系統硬體架構規劃圖如圖 13、圖 14 所示。

主本船架構



圖 13 多船模擬系統主本船硬體架構圖

副本船架構



圖 14 多船模擬系統副本船硬體架構圖

整套系統的配置將參考美國 Ship Analytics 或英國船商公司發展之航海模擬器，將雷達顯示幕(radar displays), 電子海圖(ECDIS), 船舶控制(vessel controls)與導航裝置(navigational sensors)等，全部安裝於主控台(console)內，所有的航海模擬視景由 5-7 個投影機投射於圓柱形螢幕上，音效系統與視效系統全部裝璜於一個房間內，如圖 15 所示。



圖 15 英國船商公司全功能航海模擬器系統配置圖。

圖片來源

http://www.transas.com/simulators/bridge_simulators/full_mission/index.asp

全套系統船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示使用 PLC 連接，並使用 RS-232c 與電腦系統通訊，如圖 16 所示。



圖 16 船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示。

3.3 三度空間視景繪圖顯示系統核心設計理念

人類在進入 21 世紀後，Internet 技術也正在改變著全世界，而社會對地理資訊系統的需求也在不斷地增長，為日新月異的科技領域往前邁向一大步。如何將 3S（GIS：地理資訊系統；RS：遙感探測；GPS：全球定位系統）技術與 Internet 技術融合為一體，彼此互動互補，也是目前熱門研究的課題。

就實際應用觀點而言，目前市場上的地理資訊系統與空間資料庫仍無法有效儲存、管理、展示大型且巨量的影像資料，不易在網路上展示巨量的影像資料，也難以在網路上以有限的頻寬展示大型三維立體化影像。因此，以現有 3S 技術為基礎，發展本土化三度空間視景繪圖顯示系統核心，仍然受到極大的限制。然而，自從 2005 年中網路蒐尋引擎大廠 Google 推出 GoogleEarth 之後，更為空間資訊研究領域開啟在網路上流覽全球大型影像與地形資料的新里程碑。

本研究的目的是在探討如何發展一個以網路為基礎之 3D 地形顯示系統所需的技術，作為三度空間視景繪圖顯示系統核心。這個技術必須以 TB 級巨量無縫影像空間資料庫管理系統為核心內容，具有多解析度、高效的空間索引和空間查詢特性，且能以與視點相關技術，在網路上展現與即時瀏覽大型的三維影像資料。

本案首先分析基於 LoD 之大規模圖像即時瀏覽研究現況，設計一套以網路為基礎之 3D 地形顯示系統所需的技術，最後以高雄港為範例展示以本研究所探討的技術實作的初步成果。

1. 基於 LoD 之大規模圖像即時瀏覽研究現況

近年來有關地形模型建構的研究一直非常熱門。Lindstrom 首先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，之後一一將頂點的高度差投影到螢幕座標系統上，如果高度差投影小於給定的誤差容許值，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 (Lindstrom, 1996)。Lindstrom 於 2001 年再次提出 SOAR 演算法，以視點相依的方式，在記憶體(Out-of-Core)最佳化方式排列資料，達到快速流覽地形的目的(Lindstrom, 2001)。

Hoppe 應用漸進式網格模型的概念使用前置處理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。此法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，雖然此法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(Hoppe, 1998)。

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。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(Duchaineau D. *etal.*, 1997)。

Thatcher Ulrich 提出 ChunkLOD 的演算法，近年來由於消費者對 3D 繪圖需求與日俱增，電腦繪圖原理也由原先以 CPU 為主 3D 繪圖流程(pipeline)，改為以繪圖顯示卡上的繪圖晶片(GPU)的 3D 繪圖流程，也大幅改變了在模型幾何的 LOD 考量上的演算法。

2.以網路為基礎之 3D 地形顯示技術探討

本研究提出之網路 3D 地形顯示技術，除了參考上述各種基於 LOD 之大規模圖像即時瀏覽研究的優點外，使用特殊的資料結構，以加速在伺服器端大型影像與 DEM 的資料存取。此外，在計算完所需的地形模型圖資後，還必須考慮網路資料傳輸頻寬與續傳的問題，在不將資料放入客戶端電腦硬碟的前提下，達成在網路上快速流覽大型 3D 地形的目的。以下分別說明本研究所使用的各項關鍵技術：

3.與視點相關的影像與地形簡化

大型影像與地形 3D 流覽的基本概念是以地形高程點所構成的多邊形表面(polygonal surface)，用透視投影的方式呈現在電腦螢幕上，為求地形流覽的真實感，可將衛星影像貼覆在多邊形表面所構成的地表模型上，這個貼在地表的衛星影像就是這個地表模型的貼圖材質(Texture Mapping)。與視點相關的影像簡化技術，是以視點所見範圍內，離視點愈近的影像採用較高的解析度，較遠的地方採用較差的影像解析度。

考慮螢幕上每個像元(pixel)能顯示的影像數量是固定的，因此影像簡化方法的目的是儘量在螢幕上的每個像元內只顯示一個貼圖材質影像像元，若採用與視點相關的概念，可以(1)式計算出以視點距離為函數的影像簡化計算公式

$$d(n) = \frac{Width * Detail * 2^n}{2 * \tan(\frac{\theta}{2})} \quad (n \geq 0) \quad \dots\dots\dots(1)$$

其中

Width：顯示視窗寬度(寬、高中取較大者)

Detail: 衛星影像解析度 (unit/pixel)

θ : 視角

由視點離地面高度與(1)式，可以計算出每一個整數的 n 值代入 d(n) 後，在地面上的投影長度，這個投影長度就是在三度空間繪圖中的視埠寬度(Viewport Width)，由不同的 d(n)值所求得的投影長度(圖 17)。當視點在移動時，會因為高度位置不同，必須隨時計算當時 n 值的範圍(亦即要計算幾個層次的影像)，n 值的大小可以用下式決定：

$$\begin{aligned} H &\leq d(n) \\ d(n-1) &< MaxD \\ d(n) &\geq MaxD \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

其中 MaxD 為模型最大可視距離

H 為視點高度

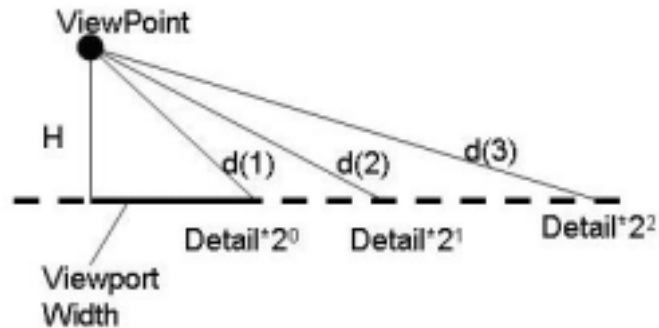


圖 17 以視點距離為函數的影像簡化計算公式

由於地表模型已經貼覆衛星影像作為其貼圖材質，因此，可以對 DEM 資料作更進一步的簡化，本研究提供一個地形簡化參數，讓使用者自行決定電腦螢幕上每多少個像元，才需要有一個高程值，就可以達到最佳的模擬視覺效果。由這個參數值再參考圖 18 的多解析影像涵蓋圖，用來決定地形的簡化過程。

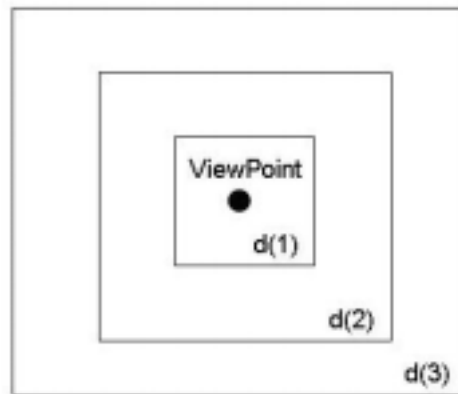


圖 18 隨視點距離所計算求得不同解析度的地面涵蓋範圍圖

假設在 d(1)距離範圍內，由使用者決定的地形簡化參數求得之地形取樣解析度為 dx，為使後續建立的地形模型不會有不一致的情形，必須將 dx 約化成 2 的倍數，那麼在 d(2)範圍內的地形取樣解析度就為 2dx，以此類推即可求得簡化後的多解析度地形圖。

4.適應調整的誤差控制指標

確定與視點相關的影像與地形簡化關係式之後，還必須知道何時該重新產生新的地形模型與影像。本研究設定一個自適應調整的誤差控制指標，系統每秒鐘計算並檢查這個指標是否大於一個門檻值，若大於該門檻值，才重新產生新的地形模型與影像。

這個自適應調整的誤差控制指標主要是檢查新的視點看到的地面涵蓋面積差是否過大，作為是否更新的依據。此指標的計算方式是依據檢查點當時視點位置所計算求得之多解析度地面涵蓋圖，計算其與現有模型每個不同解析度的面積差，再以 $d(n)$ 中的 n 值 ($n \geq 0$) 加上 1 作為反比加權指數，累計加權後面積差即為此誤差控制指標。

假設現在使用的模型，其多解析度涵蓋為 $n=2,3,4$ ，而在計算並檢查誤差控制指標時所得的多解析度涵蓋為 $n=3,4,5$ ，因此，誤差控制指標計算方式如下

$$ErrorIndex = dA_3 \frac{1}{(3+1)} + dA_4 \frac{1}{(4+1)} + dA_5 \frac{1}{(5+1)} \dots\dots\dots(3)$$

其中

dA_n : 代表不同解析度的面積差

當 $ErrorIndex=0$: 代表檢查點與現有模型涵蓋面積完全改變

當 $ErrorIndex=1$: 代表檢查點與現有模型涵蓋面積完全相同

依據經驗，在單機作業環境時，門檻值設為 0.9~0.85 時效果最好，在網路作業環境時，門檻值則設為 0.7 時效果最好。

5.網路資料傳輸設計

由於以網路為基礎的大型影像地形流覽的效能最大關鍵，仍然在於網路頻寬的限制因素，為降低網路資料傳輸量，影像與地形資料都必須經過壓縮後，才經由網路傳送。影像壓縮方式是以數位餘弦轉換

(DCT, Digital Cosine Transform)與 Huffman 壓縮後傳送；地形則只有第一個值以倍精度實數傳送，之後的值則只傳送前後資料高程差，降低傳送資料的動態範圍後，再將高程差以 12bit 大小重新編碼包裝後傳送，減少網路資料傳送量。

此外，當模型重新更動後，先傳送地形資料，當地形資料收畢後，立即以舊有貼圖材質先更新模型，此時在螢幕上已經感覺到畫面被更動。這時，隨後傳到的影像是以分塊的方式，逐步更新模型的貼圖材質。所以，當使用者忽然停在目標區上空時，會慢慢看到地面的衛星影像一塊一塊逐漸變清楚，其更新速度與網路頻寬就有很大的關係，Google Earth 也是使用相同的方式更新衛星影像。

由於本研究除了傳送地形與衛星影像外，還要傳送向量資料與全區導覽圖。因此，在 TCP 資料傳輸設計上是開啟三條 Socket 連線來完成不同類型的資料傳送。

第四章 船舶運動數值模式建立

以往相關研究或目前之船舶航行運動方程式大都著重於主機之模擬上，配合各種船舶之特性，自然環境外力則對於波浪力之作用較少考慮，但在天候較差或船舶噸位較輕時，有其相當影響，必須加以考慮。然而至目前為止，船舶進出港口之操船模擬，或購至國外、或無法完整之模擬描述其過程之運動狀況，實有必要發展符合本國需要且完整之船舶運動數值模式。

本研究主要以航行於港口附近或港內之船舶為探討對象，數值探討在此區域內航行船舶之運動情形，所使用之船舶操縱理論主要參考日本 MMG 之研究成果，希望能在目前既有之船舶運動模擬之基礎上，計算船舶由外海進入港口乃至停靠繫纜為止之運動，自然力則除考慮風與潮流力外，波浪則考慮方向波浪所引起之外力另外，本研究亦將針對多艘船舶進出港時，船舶間之相互影響及所引發之水流效應進行考慮。

4.1 船舶運動特性

模擬船舶航行時，座標系統固定於船舶上，船舶航速固定，並根據都譜勒定律重新計算海洋波浪之週期與波向，以定常解進行數值計算。船舶操縱運動方程式，其主要在於考察船舶操舵的功能與特性，即目前所謂操船模擬系統的理論基礎。亦可發展出六自由度之操縱運動方程式，為簡化整個計算量，省略對操縱與航行性能影響不大之縱平面上之運動項(Heave、Pitch)。

一般而言，研究船舶運動的計算模式大致可分兩種，其一為船舶運動計算模式，根據牛頓第二運動定律推展出六自由度運動方程式，其六自由度運動分別為三個線性位移，相對於直角座標系統分別為縱移(Surge)、橫移(Sway)、垂直移(Heave)及三個角旋轉，即縱搖(Pitch)、橫搖(Roll)、平擺(Yaw)。模擬船舶於大海中航行時之運動，座標系統固

定於船舶上，船舶航速以固定速度前進，並根據都譜勒定律重新計算海洋波浪之週期與波向，在波力的考量上則考慮波強制力(Exciting force)，即包含入射波強制力(Froude-Krylov force)、繞射波強制力(Diffraction force)，另外，並考慮因船舶運動所誘發之 Radiation force，理論基礎主要以勢流理論為基礎，同時已定常解進行數值計算，其解法與海洋結構物波力計算大致相同，但由於船舶外型大都為細長型，因此 Korvin-Kroukovsky 及渡邊等學者相繼發展細長型理論(Ordinary Strip method, OSM)，OSM 法在流體力的計算上有部分簡化，但不失為一實用之方法，其後有多位學者針對 OSM 法加以改進，大致發展出四種新型的 Strip method (NSM)。

另一為船舶操縱運動方程式，其主要在於考察船舶操舵的功能與特性，即目前所謂操船模擬系統的理論基礎，船舶操縱運動方程式在座標的應用上，由於實務上的需要，大都採用「大地固定座標」及「船體固定座標」兩個座標系統，如圖 19 所示。其基本上依據牛頓第二運動定律，亦可發展出六自由度之操縱運動方程式，由於操縱運動方程式主要功能在於探討船舶操舵迴旋與航行安全性能，另外，由於船舶操縱運動必須隨著船舶所在位置的變動逐時計算，為簡化整個計算量，因此省略對操縱與航行性能影響較小之縱平面上之運動項(Heave、Pitch、Roll)，而根據以往相關研究指出，在波高較小時，省略上述三個運動方程式所得結果與實測結果差異不大，但大波高時如颱風波作用時則影響較大，目前全世界操船模擬系統所應用之方程式亦大都使用簡化過之方程式，同時在其流體力的考慮上，亦僅考慮入射波強制力，而不考慮船舶與流體間之互制行為。本研究所使用到的數學模式乃以邱(1997)所整理之模式為基礎，同時參考日本 MMG(Mathematical Modeling Group)所發展之模式加以擴展。數學模式同樣採用「大地固定座標」及「船體固定座標」兩個系統，並假設：

- (a)地球自轉與公轉運動對船舶操縱運動影響甚小，可忽略。
- (b)操船過程中之起伏(Heave)及縱搖(Pitch)運動甚小，可忽略。

(c)船體固定座標軸近似於船體之慣性主軸。

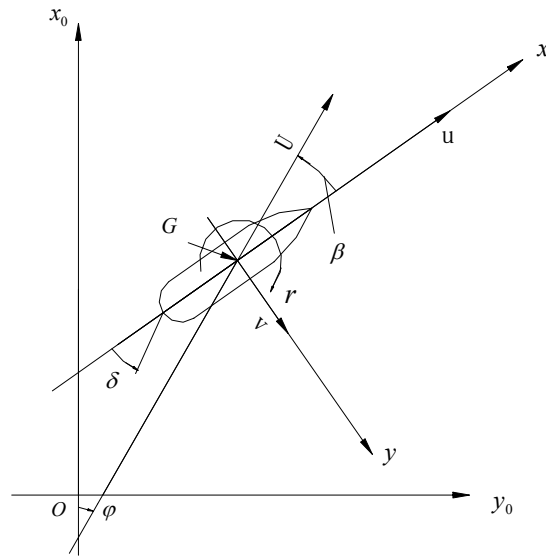


圖 19 船體座標系與大地座標系示意圖

1. 船舶操縱方程式

船舶在航行中由於外力之作用，因此誘發船體六自由度之運動，而固定於船體上之座標系統將因船體之旋轉而變動，若設船體在 x 、 y 、 z 軸之旋轉角分別為 ϕ 、 θ 及 ψ ，則由座標轉換原理其各相對應之旋角速度 p 、 q 、 r 分為

作用於船舶之各方向外力與力矩分別為

$$\begin{aligned}
 X &= X_H + X_P + X_R + X_W + X_{WV} + X_E + X_C + X_B + X_F \\
 Y &= Y_H + Y_P + Y_R + Y_W + Y_{WV} + Y_E + Y_C + Y_B + Y_F \\
 N &= N_H + N_P + N_R + N_W + N_{WV} + N_E + N_C + N_B + N_F \dots\dots\dots(4) \\
 K &= K_H + K_P + K_R + K_W + K_{WV} + K_E + K_C + K_B + K_F
 \end{aligned}$$

分別考慮縱移(Surge)、橫移(Sway)、平擺(Yaw)、及橫搖(Roll)四個自由度之船舶操縱運動方程式。下標 H、P、R、W、WV、E、C、B、F 分別代表船體流體力 (Hull)、螺槳 (Propeller)、舵 (Rudder)、風 (Wind)、波浪(Wave)、主機(Engine)、潮流 (Current)、邊界(Bank)、及其他之力源 (Force) 如拖船、繫纜力等。

本研究在應用船舶操縱方程式時，同時考慮兩種狀況，因此在程式設計時，可選擇是否對橫搖運動進行解析。而作用於船舶之各項力與力矩則分述如下列各節中。

螺槳力可由下式求得：

$$(I_{prop} + I_{ps})\dot{n} = Q \dots\dots\dots(5)$$

式(3-9)則是「螺槳轉動方程式」，其中，Q 為作用於推進軸系(含螺槳)之扭矩($Q = Q_p + Q_E$)； I_{prop} 為螺槳之極慣性矩； I_{ps} 為連接主機與螺槳之軸慣性矩。

2. 螺槳力

「螺槳轉動方程式」之($I_{prop} + I_{ps}$) 估算公式如下：

$$I_{prop} + I_{ps} = 0.424\rho D_p^5 (1.3 + q) A_E / \left(\frac{\pi}{4} D_p^2 \right) \dots\dots\dots(6)$$

其中

$$q = \begin{cases} 2 & (\text{Diesel Engine}) \\ 20 & (\text{Steam Turbine}) \end{cases}$$

D_p 為螺槳直徑， A_E 為螺葉展開面積(Expanded Area)。

3. 船體流體力

考慮橫搖運動時，船體流體動力可表示為：

$$X_H = -m_x \dot{u} + m_y v r + \frac{1}{2} L^2 U^2 (X'_{vv} v^2 + X'_{vr} v r + X'_{rr} r^2 + X'_{vvv} v^3) + X_0(u) \dots\dots\dots(7)$$

$$Y_H = -m_y \dot{v} + m_y u r + \frac{1}{2} L^2 U^2 (Y'_\beta \beta + Y'_r r + Y'_{NL} + Y'_{Roll}) \dots\dots\dots(8)$$

$$N_H = -J_{zz}\dot{r} + \frac{1}{2}\rho L^3 U^2 (N'_\beta \beta' + N'_r r' + N'_{NL} + N'_{Roll}) \dots\dots\dots(9)$$

$$K_H = -J_{xx}\ddot{\phi} + N(\phi) - mg \cdot \overline{GZ}(\phi) - Y_H Z_H \dots\dots\dots(10)$$

式中

$$\beta' = -\tan^{-1}(v/U)$$

$$r' = vL/U$$

$$X' = X / (\frac{1}{2}\rho L^2 U^2)$$

$$Y' = Y / (\frac{1}{2}\rho L^2 U^2)$$

$$N' = N / (\frac{1}{2}\rho L^3 U^2)$$

$$v' = v/U \text{ 。}$$

U：重心移動速度

m_x ：縱移附加質量

m_y ：橫移附加質量

J_{zz} ：平擺附加質量慣性矩

J_{xx} ：橫搖附加質量慣性矩

X'_{vv} 、 X'_{vr} 、 X'_{rr} 、 X'_{vvv} ：因船舶平面運動所引起之無因次阻力增加係數

$X_0(u)$ ：船舶直進阻力

Y'_β 、 Y'_r 、 N'_β 、 N'_r ：無因次線性流體阻尼力與力矩係數

Y'_{NL} 、 N'_{NL} ：無因次非線性流體阻尼力與力矩

Y'_{Roll} 、 N'_{Roll} ：無因次橫搖運動所引起的橫移力與平擺力矩

$-N(\dot{\phi})$ ：橫搖阻尼力矩

Z_H ：船體流體橫移力作用點與重心 G 的垂直距離

其中 $m_y vr$ 是因附加質量 m_y 引起之 x 方向離心力， $m_x ur$ 是因附加質量 m_x 引起之 y 方向離心力。

4. 舵力

船時舵力大小由舵之幾何形狀與有效入流決定。實際操舵產生舵力時，會在舵前方之主船體上誘導產生另一交叉流(Cross Flow)，而有額外之橫移力與水平轉力矩作用於主船體上。根據 MMG 研究結果顯示，圖 20 所示為舵力在各方向之分力與力矩，可表示如下：

$$X_R = -(1-t_R)F_N \sin \delta \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$Y_R = -(1+a_H)F_N \cos \delta \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$N_R = -(x_R + a_H x_H)F_N \cos \delta \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$K_R = -(z_R + a_H z_H)F_N \cos \delta \quad \dots\dots\dots(14)$$

其中

t_R ：舵之阻力減少係數

a_H ：舵之額外橫向力與橫向力之比值

x_R ：橫向力作用點的 x 座標

x_H ：額外橫向力作用點的 x 座標

z_R ：橫向力作用點的 z 座標

z_H : 額外橫向力作用點的 z 座標

δ : 舵角

F_N : 舵的正向作用力(Normal Force)

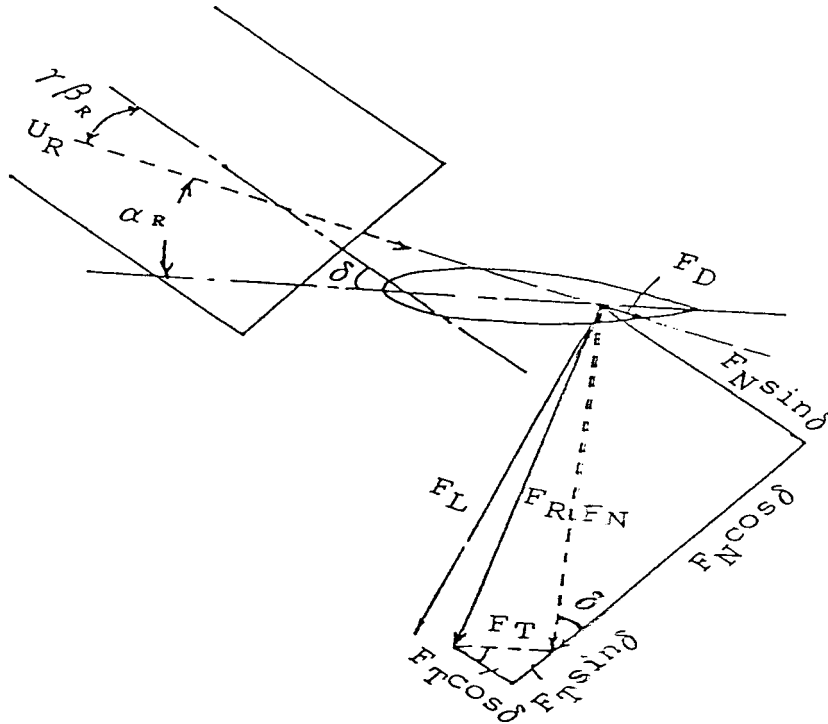


圖 20 舵力示意圖(邱，1997)

5. 波浪力

不規則波之計算可利用規則波疊加之原理加以計算，而規則波中之航行船舶除受一階振盪力作用外，尚受二階穩態漂流力之作用。為簡化起見，暫不考慮振盪力對操縱運動之影響。波浪飄流力之表示法如下：

$$X_{WV} = X'_{WV} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta_a^2 \dots\dots\dots(15)$$

$$Y_{WV} = Y'_{WV} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta_a^2 \dots\dots\dots(16)$$

$$N_{WV} = N'_{WV} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta_a^2 \dots\dots\dots(17)$$

$$K_{WV} = 0 \dots\dots\dots(18)$$

式中 ζ_a 為波高， X'_{WV} 、 Y'_{WV} 、 N'_{WV} 為波浪漂流力係數，是船速、波長船長比及相對波向角 β_R 之函數。至目前為止考慮船速效應之波浪飄流實驗值或理論計算值並不多見，本研究在計算波浪作用力時，則引用 Hirano(1980)所發表船舶於靜止時之漂流力試驗結果作為計算之漂流力係數。

6. 潮流力

作用於船舶之潮流力與力矩可表示如下：

$$X_C = X'_C \alpha_R \cdot \frac{1}{2} \rho \bar{A}_f \bar{V}_R^2 \dots\dots\dots(19)$$

$$Y_C = Y'_C \alpha_R \cdot \frac{1}{2} \rho \bar{A}_s \bar{V}_R^2 \dots\dots\dots(20)$$

$$N_C = N'_C \alpha_R \cdot \frac{1}{2} \rho \bar{A}_s L_{PP} \bar{V}_R^2 \dots\dots\dots(21)$$

$$K_C = K'_C \alpha_R \cdot \frac{1}{2} \rho (\bar{A}_s^2 / L_{PP}) \bar{V}_R^2 \dots\dots\dots(22)$$

其中， X'_C 、 Y'_C 、 N'_C 、 K'_C 為潮流力係數，是相對流向角 α_R 之函數， A_f 及 A_s 分別代表水面下船體之正向及側向投影面積。 \bar{V}_R 為對潮流的相對船速。

7. 風力

作用於船舶之風力與風力矩可表示為：

$$X_W = X'_W \gamma_R \cdot \frac{1}{2} \rho_a A_f V_R^2 \dots\dots\dots(23)$$

$$Y_W = Y'_W \gamma_R \cdot \frac{1}{2} \rho_a A_s V_R^2 \dots\dots\dots(24)$$

$$N_W = N'_W \gamma_R \cdot \frac{1}{2} \rho_a A_s L_{PP} V_R^2 \dots\dots\dots(25)$$

$$K_W = K'_W \gamma_R \cdot \frac{1}{2} \rho_a (A_s^2 / L_{PP}) V_R^2 \dots\dots\dots(26)$$

式中，風力係數 X'_W, Y'_W, N'_W, K'_W 為相對風向角 γ_R 之函數， \bar{A}_f 及 \bar{A}_s 分別代表水面上船體之正向及側向投影面積。 ρ_a 為空氣密度，本研究在計算風力係數時引用 Isherwood(1973)試驗所得風阻力回歸公式作為計算風力之參考。

4.2 介面設計

由於介面設計影響未來船舶操縱運動方程式執行之順暢與方便，經過統合執行船舶操縱運動所需各項資料後，將其以四個介面呈現，各介面功能、目的與所需輸入資料及其各資料說明、建議、目前可提供選擇之各理論或經驗參數皆呈現於介面上，以利使用者執行程式，此四個介面分別為「整體操作介面」、「本船資料介面」、「係數選擇介面」、「試驗參數介面」。

船舶操縱運動方程式外力繁多，各項外力係數有理論解者艱深難懂、無理論解者亦大都必須藉由試驗結果迴歸而得，一般人要完全了解整個船舶操縱運動的內容並不十分容易，然而此方程式之終極目標主要在於即使不明瞭船舶操縱運動理論的人能運用自如，因此操縱運動方程式搭配虛擬實境，透過虛擬影像重新包裝並呈現另一簡單、易於讓一般人接受與應用的方式，然而船舶航行於大海、進而進港靠泊過程中，所面臨的狀況相當多，每個狀況都必須修正或增加運動方程式的參數並修改程式，對使用及操作此程式的人造成很大之困難及不便，有鑑於此如，本研究希望藉由介面的設計，整合操船模擬系統程式，使其呈現另一較為簡潔、易於了解及執行的面貌。

介面設計地好壞攸關未來整個船舶操縱運動程式在執行時的方便性、簡單易了解與操作，同時必須兼顧整個方程式未來可能之擴充性，基於此，整合介面在原設計初始即必須構思整體構架，以及將執行本程式各項所需參數資料整合、分類，而後藉由所建立之各界面連結船舶操縱運動方程式主程式與各副程式，未來在執行程式時，將是以直接於介面面板上操控船舶航行運動的方式進行。本計劃所設計的程式係運用 Microsoft Visual Basic 軟體，該軟體所撰寫之程式最大優點是視窗化，在軟體開發完成後，使用全依滑鼠控制指令操作，極為容易，本程式所開發之軟體僅適用在 Microsoft Windows。

第五章 結論與建議

- (1) 電子海圖資訊通報管理系統」的伺服器端已持續運作中，用戶端軟體已可執行通報，另亦設有網站提供使用者帳號管理與後續新版軟體之下載。「資料安全系統」的軟體與運作流程已建立完成，與 IHO 簽訂協議申請後即可以 Data Server 與 OEM 的身分，正式加入 IHO S-63 的運作。
- (2) 參考目前所使用的 Vega 系統，以及其他及時模擬系統如 VTree, Open Scene Graph, OpenGVS 等系統功能架構，開發操船模擬器所需三度空間視景繪圖顯示系統，包括 3D 繪圖核心模組、大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組、港灣設施模型地理資訊管理模組、自然環境特效(日、夜、晨、昏、雲、霧)、海洋環境特效(波浪模擬、船舶船艏浪與船尾浪)等。
- (3) 以建立高雄港與台中港之經驗，採用高解析彩色衛星影像與數值地形高程資料(DEM)製作基礎圖台，並以本案開發之「大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組」所產生之地形地物為參考依據，在基礎圖台上以「港灣設施模型地理資訊管理模組」建立修改碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。
- (4) 本研究已完成本船/副本船系統整體設計與測試，本系統為完全由國人自行整合之船舶操控模擬系統，本系統共分為「船舶駕駛控制台」、「海景視效投影系統」、「簡易教官台」等三項硬體設備；軟體部分則包括「海景視效顯示系統」、「虛擬港灣模型」、「中央控制整合系統」等三項。
- (5) 本計劃之主要目的除改進船舶操縱運動方程式(如加入不規則波外力)外，亦希望能使操縱運動方程式更簡單、更易操作，使一般不十分清楚操縱理論的人能輕易操船，基於此，本計劃本年度主要工作項目大都集中於操船模擬系統之操作介面與資料輸入介面及相互間連結上。在大致完成整體構架後，未來將在此構架下針對操縱運動方程式加以改進。

參考文獻

1. 張淑淨、郭長齡等，1997，台灣海域管理－電子海圖及助導航定位系統規劃研究，交通部科技顧問室委託研究報告
2. 張淑淨、郭長齡等，1998，台灣海域管理－助導航定位系統規劃及研發(一)，交通部科技顧問室委託研究報告
3. 中華民國海岸海關管轄之燈塔及其他助航設施一覽表，八十四年版，關稅總局海務處印行
4. 刊物第一種 (Publication No.1)－中華民國海軍水道圖海圖圖例，第六版，1995，海軍海洋測量局刊行
5. 刊物第八種 (Publication No.8)－海洋測量詞典，1978，海軍海洋測量局譯印 (譯自 IHO Hydrographic Dictionary 3rd Edition)
6. 林銘智，「我國航海人員培育課程之現況與一九七八年航海人員訓練、發證及當值標準國際公約附錄之一九九五年修正案相關規定之比較研究」，碩士論文，國立台灣海洋大學，基隆市，1999。
7. 張茂軍，2001，虛擬現實系統，科學出版社。
8. 吳家鑄等，2001，視景仿真技術及應用，西安電子科技大學出版社。
9. 孫志鵬，2001，我國漁船船員培訓制度改進策略之研究，國立中山大學公共事務管理研究所碩士在職專班碩士論文。
10. 江宏榮，2002，實施 ISO 9001 品質管理系統對我國船員訓練中心之影響，國立海洋大學機械與輪機工程學系碩士論文。
11. 邱永芳等，2004，台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研究報告。

12. 李良輝等，2004，視覺化港灣環境資訊系統，交通部運輸研究所
港灣技術研究中心研究報告。
13. 張開國等譯，2004年5月，一九八七年航海人員訓練、發證及
當值標準國際公約及其修正案[中譯本]，交通部運輸研究所
93-88-3262 MOTC-IOT-93-SBD010。
14. 李良輝等，2005，以 Web 為基礎之 3D 地形顯示技術探討，台
灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
15. IHO S-57 ed.3.1: IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic
Data, International Hydrographic Bureau, Nov. 2000,
<http://www.iho.shom.fr/>.
16. IHO S-57 ed.3.1 Appendix A - Chapter 1 Object Catalogue & -
Chapter 2 Attribute Catalogue, <http://www.iho.shom.fr/>.
17. IHO S-57 ed.3.1 Appendix B.1 - ENC Product Specification,
<http://www.iho.shom.fr/>.
18. IHO S-57 ed.3.1 Appendix B.1, Annex A - Use of the Object
Catalogue for ENC, <http://www.iho.shom.fr/>.
19. IHO S-57 ed.3.1 Appendix B.1, Annex D - INT1 to S-57 Cross
Reference, <http://www.iho.shom.fr/>.
20. IHO S-57 Edition 3.1 Encoding Bulletins, <http://www.iho.shom.fr/>.
21. IHO S-63 Edition 1: IHO Data Protection Scheme, International
Hydrographic Bureau, 2003, <http://www.iho.shom.fr/>.
22. IHO Special Publication No.55 (S-55), 3rd Edition, July 2004,
<http://www.iho.shom.fr/>.
23. IHO Special Publication No.32 (S-32) Hydrographic Dictionary Part
I, Vol.I, English, 5th Edition, 1994.
24. Chart No.1 United States of America, Nautical Chart Symbols
Abbreviations and Terms, 9th ed. 1990, Department of Commerce

National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, DMA Stock No. WOBZC1.

25. FIPS Pub 186, Digital Signature Standard (DSS), (www.itl.nist.gov/div897/pub/fip186.htm)
26. FIPS Pub 180-1, Secure Hash Standard (SHA), (www.itl.nist.gov/div897/pubs/fip180-1.htm)
27. International Telecommunication Union (ITU), Information Technology – Open Systems Interconnection – The Directory: Authentication Framework. X.509 version 3.
28. ZIP File Format Specification, PKWare Inc.
29. DES Modes of Operation, FIPS Pub 81 (www.itl.nist.gov/fipspubs/fip81.htm)
30. RFC 1423: Privacy Enhancements for Internet Electronic Mail: Part III: Algorithms, Modes and Identifiers (<ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc1423.txt>)
31. B. Schneier, 1994, Blowfish encryption algorithm, Fast Software Encryption, Cambridge Security Workshop Proceedings (December 1993), pp. 191-204, Springer-Verlag (www.counterpane.com)
32. ISO/IEC 13239, 2002, CRC32 checksum algorithm. Information technology -- Telecommunications and information exchange between systems -- High-level data link control (HDLC) procedures.
33. R.Helton & J.Helton, 2002, JAVA Security Solutions, Wiley
34. Crane, C.L.” Maneuvering Trials of the 278,000 DWT Esso Osaka in shallow and Deep Waters”, T. SNAME, Vol.87, 1979.
35. C.C. Mei “Flow around a thin body moving in shallow water”, J. Fluid Mech. Vol.77, Part 4, 1976.
36. E.O. Tuck ”Shallow water flows past slender bodies”, J. Fluid Mech. Vol.26, Part 1, 1966.

37. Fujino, M., "An Introduction to Ship Manoeuvrability---Safety of Navigation and Prediction of Manoeuvring Performance", Lectures held at National Taiwan University, Taipei, 1986.
38. H. Eda and C.L. Crane, Jr "Steering Characteristics of Ships in Calm Water and Waves", T.SNAME, Vol.73, 1965.
39. H. Eda, R. Falls, D.A. Walden "Ship Maneuvering Safety Studies", TSNAME, Vol.87, 1979.
40. H. Eda "maneuvering performance of high-speed ships with effect of roll motion, Ocean Engineering", Vol.7, No.3, 1981.
41. Hirano, M., "On Calculation Method of Ship Maneuvering Motion at Initial Design Phase," J. of the Society of Naval Architecture of Japan, Vol. 147, pp. 144-153, 1980. (in Japanese)
42. Holtrop, J., and G.G.J. Mennen, "A Statistical Power Prediction Method," International Shipbuilding Progress, Vol.25, No.290, pp.253-256, 1978.
43. Holtrop, J., and G.G.J. Mennen, "An Approximate Power Prediction Method," International Shipbuilding Progress, Vol.29, No.335, pp. 166-170, 1982.
44. Inoue, S., M. Hirano, and K. Kijima, "Hydrodynamic Derivatives on Ship Manoeuvring," International Shipbuilding Progress, Vol.28, No.321, pp. 112-125, 1981a.
45. Inoue S., M. Hirano, K. Kijima, and J. Takashina, "A Practical Calculation Method of Ship Maneuvering Motion," International Shipbuilding Progress, Vol.28, No.325, pp. 207-222, 1981b.
46. Inoue, S., Hirano, M. and Mukai, K., "The Nonlinear Terms of Lateral Force and Moment Acting on Ship Hull in the Case of Manoeuvring", Trans. West-Japan Soc. Nav. Archit, No. 58, 1979
47. Kose, K., Hirata, H., Hashizume, Y. and Fatagawa, E. "On a Mathematical Model of Manoeuvring Motions of Ships in Low Speeds", Jour. Soc. Nav. Archit. Japan, No. 155, 1984.

48. K.S.M Davidson and L.I. Schiff "Turning and Course Keeping Qualities of ships", T.SNAME, Vol.54, 1946.
49. Lammeren, W.P.A.V., J.D.V. Manen, and M.W.C. Oosterveld, "The Wageningen B-Screw Series," Trans. SNAME, Vol.77, pp. 269-317, 1969.
50. Mikelis, N.E., "Data for the evaluation of the acceleration coefficients for tankers manoeuvring in shallow and deep waters," International Shipbuilding Progress, Vol. 29, No. 340, pp. 334-342, 1982.
51. Motora, S., "On the Measurement of Added Mass and Added Moment of Inertia for Ship Motions (Part 2) ," J. Soc. Nav. Archit. Japan, Vol. 106, pp. 59-62, 1959a. (in Japanese)
52. Motora, S., "On the Measurement of Added Mass and Added Moment of Inertia for Ship Motions (Part 3) ," J. Soc. Nav. Archit. Japan, Vol. 106, pp. 63-68, 1959b.(in Japanese)
53. R.F. Beck, J.N. Newman, E.O. Tuck "Hydrodynamic force on ship in dredged channels", J. ship research, Vol.19, No.3, 1975.
54. R.W. Yeung, W.H. Hwang "Nearfield hydrodynamic interactions of ships in shallow water", J. Hydronautics, Vol.11, No.4, 1977.
55. R.W. Yeung "Interactions of slender ships in shallow water", J. Fluid Mech. Vol.85, 1978.
56. Yoshimura, Y., "Mathematical Model for the Manoeuvring Ship Motion in Shallow Water", Jour. Kansai Soc. Nav. Archit. Japan, No. 200, 1986.
57. Germs, R., Maren, G. V. etc. , 1999, A Multi-View VR Interface for 3D GIS, Computer and Graphics, p497-506.
58. Shan, J., 1998, Visualizing 3-D Geographical Data with VRML, Computer Graphics International, p.108-110.



電子化航行安全模式之研究

邱永芳 張淑淨 李良輝 周宗仁
張富東

中華民國九十五年一月二十四日
運輸研究所港研中心會議室



電子化航行安全模式之研究

前言

電子海圖資訊通報與資料安全系統之建立

多船操縱模擬系統之建立

船舶運動數值模式之建立

結論與建議





前言

- 以電子海圖資料庫來提供臺灣海峽附近海域的航行安全以及提高船舶進出各港時之效率
- 利用船舶運動數值模式來建立船舶進出港至停靠繫纜為止之運動方程式，除考慮風、潮流與波浪等外力外，並考慮船舶航行時相互間所引發之水流效應
- 開發多船操縱模擬系統藉此可應用於港灣規劃、海上交通動線規劃、操船模式評估、海事鑑定評估分析等工作
- 整合各子計畫達成近岸航行安全與e化之目標





電子海圖資訊通報與資料安全系統之建立

- 電子海圖資訊通報管理系統
- 電子海圖資料安全系統之設計與建立





電子海圖資訊通報管理系統



電子海圖資訊通報查詢畫面

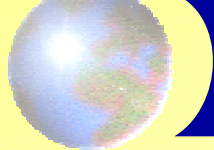


電子海圖資訊通報管理系統



電子海圖資訊通報畫面





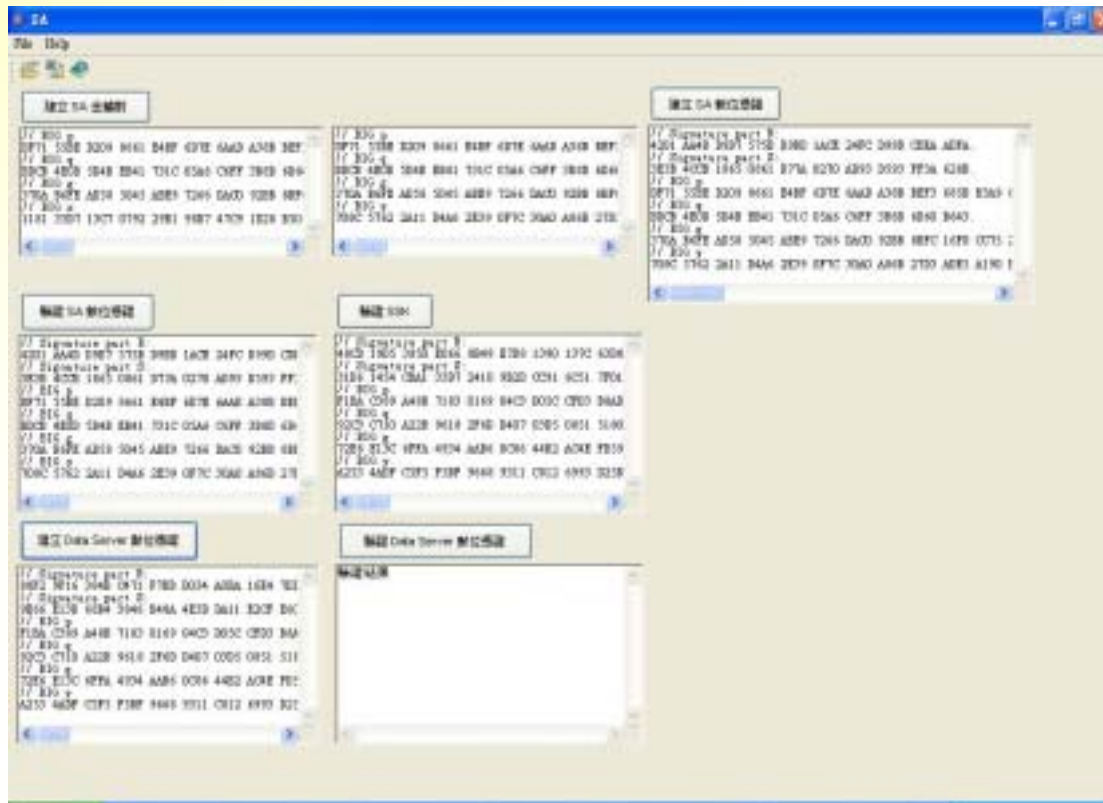
電子海圖資訊通報管理系統



電子海圖資訊顯示畫面



電子海圖資料安全系統之設計與建立

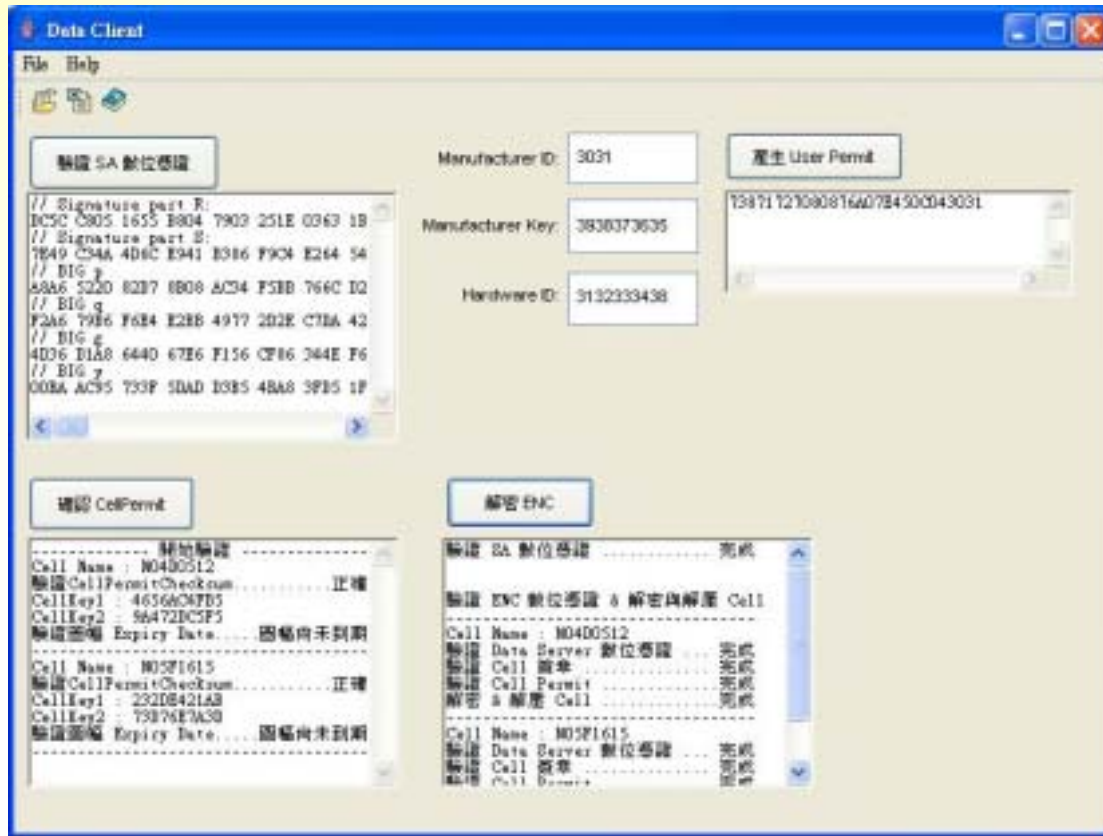


伺服器端建立數位憑證畫面





電子海圖資料安全系統之設計與建立



用戶端數位憑證解密畫面





多船操縱模擬系統之建立

- 研究STCW 78/ 95公約內操船模擬系統相關規定
- 訂定系統發展規劃與細部功能規格
- 開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統
- 製作港區三度空間模擬模型
- 整合操船模擬器視景繪圖顯示系統與現有船舶動力模式





開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統



多船操縱模擬系統主本船架構





製作港區三度空間模擬模型



台中港港灣圖台建模





製作港區三度空間模擬模型



高雄港港灣圖台建模





整合操船模擬器視景繪圖顯示系統 與現有船舶動力模式

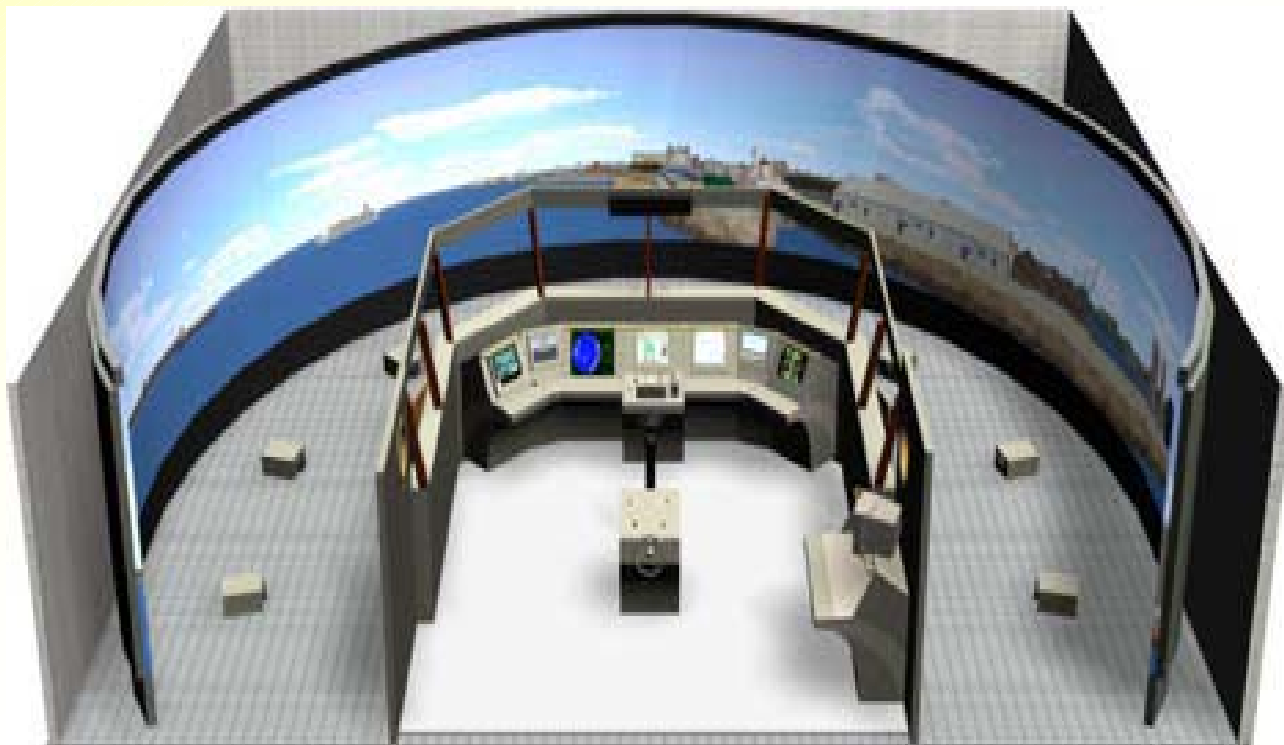


副本船系統整合測試情況



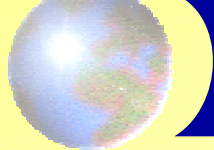


整合操船模擬器視景繪圖顯示系統 與現有船舶動力模式



整合視覺繪圖顯示系統之規劃示意圖





船舶運動數值模式之建立

- 船舶運動特性
- 介面設計





船舶運動特性

- 船舶操縱方程式
- 螺槳力
- 船體流體力
- 舵力
- 波浪力
- 潮流力
- 風力

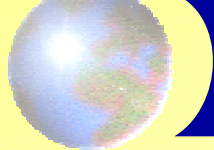




介面設計

- 整體操作介面
- 本船資料介面
- 係數選擇介面
- 試驗參數介面





整體操作介面



整體操作介面構想圖

整體操作介面畫面





本船資料介面

本船資料

請於本頁新增或修改本船資料。請於本頁新增或修改本船資料。請於本頁新增或修改本船資料。

1 船名 Shipname	17 上層艙面面積 ua	20 艙面艙位號碼 ca	40 艙面通風口高度 vga	50
2 船型 ShipType	18 船身長 L	26 艙面寬 B	50 艙面主軸 Bx	55
3 艙面 1 號通風口型號 AirType1	19 船面淨空高度 clear	27 中艙上層艙面內側距離 u1_dble	51 艙面中樑數 u1_nbr	57
4 艙面 艙面材料 M	20 艙面材料 的強度 M	28 中艙上層艙面內側距離 u2_dble	52 艙面中樑數 u2_nbr	60
5 艙面 S	21 艙面材料 的強度 M	29 中艙上層艙面內側距離 u3_dble	53 艙面中樑數 u3_nbr	60
6 艙面 中樑數 u1	22 艙面材料 的強度 M	30 中艙下層艙面內側距離 u4_dble	54 艙面中樑數 u4_nbr	70
7 艙面 中樑數 u2	23 艙面材料 的強度 M	31 中艙下層艙面內側距離 u5_dble	55 艙面中樑數 u5_nbr	71
8 艙面 中樑數 u3	24 艙面材料 的強度 M	32 中艙下層艙面內側距離 u6_dble	56 艙面中樑數 u6_nbr	70
9 艙面 中樑數 u4	25 艙面材料 的強度 M	41 艙面中樑數 u1_nbr	57 艙面中樑數 u7_nbr	70
10 艙面 中樑數 u5	26 艙面材料 的強度 M	42 艙面中樑數 u2_nbr	58 艙面中樑數 u8_nbr	74
11 艙面 中樑數 u6	27 艙面材料 的強度 M	43 艙面中樑數 u3_nbr	59 艙面中樑數 u9_nbr	75
12 1C 中樑中樑中心距 u1	28 艙面材料 的強度 M	44 艙面中樑數 u4_nbr	60 艙面中樑數 u10_nbr	76
13 1C 中樑中樑中心距 u2	29 艙面材料 的強度 M	45 中艙以下各層艙面內側 距離 u1_dble	61 艙面中樑數 u11_nbr	77
14 1A 艙面中樑中心 距 u1	30 艙面材料 的強度 M	46 艙面中樑中心距 u1_nbr	62 艙面中樑數 u12_nbr	78
15 1A 艙面中樑中心 距 u2	31 艙面材料 的強度 M	47 艙面中樑中心距 u2_nbr	63 艙面中樑數 u13_nbr	79
16 1A 艙面中樑中心 距 u3	32 艙面材料 的強度 M	48 艙面中樑中心距 u3_nbr	64 艙面中樑數 u14_nbr	80

本船資料介面畫面



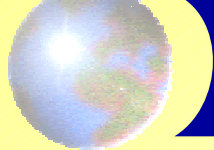


試驗參數介面

Field No.	Parameter Name	Value	Field No.	Parameter Name	Value
1	測試裝置之IP區域網地址	192.168.1.100	17	輸入力矩限制	40
2	測試裝置之IP網卡編號	enp0s3	18	輸出力矩限制	50
3	測試裝置之IP子網掩碼	255.255.255.0	19	輸出力矩限制速度	30
4	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	20	輸出力矩限制速度	30
5	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	21	輸出力矩限制速度	30
6	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	22	輸出力矩限制速度	30
7	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	23	輸出力矩限制速度	30
8	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	24	輸出力矩限制速度	30
9	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	25	輸出力矩限制速度	30
10	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	26	輸出力矩限制速度	30
11	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	27	輸出力矩限制速度	30
12	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	28	輸出力矩限制速度	30
13	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	29	輸出力矩限制速度	30
14	測試裝置之IP地址	192.168.1.100	30	輸出力矩限制速度	30

試驗參數介面畫面





結論與建議

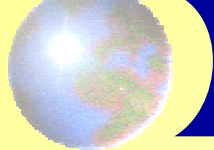
電子海圖資訊通報管理系統伺服器端已可運作 用戶

電子海圖資訊通報管理系統伺服器端已可運作，用戶端軟體已可執行通報。資料安全系統運作流程已建置完成，並將向IHO以Data Server與OEM之身分，申請加入IHO S-63運作

並以

改進三者相互間之整合。





簡報完畢

敬請指正