

101-43-7615

MOTC-IOT-100-H2DB006a

智慧化海運系統建立之研究(3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

101-43-7615
MOTC-IOT-100-H2DB006a

智慧化海運系統建立之研究(3/4)

著作：邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

智慧化海運系統建立之研究(3/4)/邱永芳等著.

--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，民 101.04
面； 公分

ISBN 978-986-03-1951-4 (平裝)

1. 航運管理 2. 運輸系統

557.43029

101003968

智慧化海運系統建立之研究(3/4)

著者：邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 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 101 年 4 月

印刷者：

版(刷)次冊數：初版一刷 80 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：250 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010100512

ISBN 978-986-03-1951-4 (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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

101

智慧化海運系統建立之研究
(3/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010100512

定價 250 元

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：智慧化海運系統建立之研究 (3/4)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN 978-986-03-1951-4 (平裝)	政府出版品統一編號 1010100512	運輸研究所出版品編號 101-43-7615	計畫編號 100-H2DB006a
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳 研究人員：張富東、蔣敏玲 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：國立台灣海洋大學 計畫主持人：張淑淨 研究人員：賴昱廷、許功穎、吳永將、顏敬倫、陳柏誠、常維仁、盧明瑄 地址：202 基隆市北寧路 2 號 聯絡電話：02-24629225	研究期間 自 100 年 3 月 至 100 年 10 月	
關鍵詞：智慧型運輸系統、整合船橋系統、交通流、空間資料探勘			
<p>摘要：</p> <p>本計畫針對行動寬頻航行與航運資訊服務、船舶動態資訊融合與決策支援、港區航行階段無線電助導航定位服務、智慧型船舶資通訊平台等課題進行研究，俾利智慧化海運系統之建立。具體研究成果如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 從船舶動態與天線位置高度計算海上網狀網路船岸與船間延伸通訊範圍與連接性。沿岸 12 哩內網路連接性平均可達 90%，有效岸台 6 站。 2. 網路 DGPS、Beacon-DGPS、AIS-DGPS 用於港區航行階段導航定位之效能評估、完整性監測分析與規劃。 3. 結合船舶 AIS 與雷達即時動態資訊，偵測碰撞危機；從軌跡探勘得出船舶交通流代表路徑，用於預估船舶路徑航程，輔助航道規劃與管理。 4. 建構船舶航儀感測資訊網路，連結船岸通訊取得岸端服務，綜合顯示航行資訊以支援決策。 <p>本研究成效以及後續應用包含有：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建立各國際港、海巡署與漁業署等船舶遠距識別與追蹤系統，提升航行安全與效率。 2. 應用在提供國內航行所需之氣象、航路規劃等資訊，促進船舶航行的安全與保全。應用在提升船舶間之通訊技術。 3. 應用在船舶交通的追蹤與管理，改善運輸與物流效率。應用在船難支援、緊急應變與搜救的服務。 			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
101 年 4 月	246	250	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。
<p>機密等級：</p> <p><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)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
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 Maritime Intelligent Transportation System (3/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-03-1951-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100512	IOT SERIAL NUMBER 101-43-7615	PROJECT NUMBER 100-H2DB006a
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-Fang PROJECT STAFF: Chang Fu-Tong, Chiang Ming-Ling PHONE: (04) 26587120 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM March 2011 TO October 2011
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Shwu-Jing PROJECT STAFF: Lai Yu-Ting, Hsu Gong-Ying ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, TAIWAN, ROC PHONE: (02) 24629225			
KEY WORDS: Intelligent Transportation System, Integrated Bridge System, Vessel Traffic, Spatial Data Mining			
ABSTRACT: <p>The project goal is to facilitate the establishment of Maritime Intelligent Transportation System via the application of information and communication technologies in vessels, port management and the ship-shore interface. Results delivered in this 3rd year project include:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coverage and connectivity evaluation of the maritime mesh network with real vessel traffic and possible shore station sites. In average about 90% vessels offshore in 12 nautical miles can be covered with 6 effective sites 2. Real-time fusion of AIS and Radar vessel data. Collision risk detection for situation alert. Trajectory mining for representative traffic flow and most-taken routes, to better estimate arrival time of vessels and assist in planning for ships' routing. 3. Analysis of performance and integrity monitoring of network-DGPS, beacon and AIS-DGPS for the planning of harbor navigation service. 4. A shipboard platform that integrates the shipboard network of sensors and shore-side service for navigation support with flexible display. <p>This research's benefits and applications include:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Implementation Long Range Identification and Tracking System. 2. M-ITS Geo-spatial requirement analysis and preliminary design. 3. Development of AIS-based maritime traffic analysis technique. 4. Design and implementation of test and simulation platform environment for the research and development of intelligent Integrated Bridge System. 			
DATE OF PUBLICATION April 2012	NUMBER OF PAGES 246	PRICE 250	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.			

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖目錄.....	IX
表目錄	XIV
第一章 緒 論	1-1
1.1 研究背景與目的	1-1
1.2 國際海事組織的 e-化航行發展策略與實施計畫	1-3
1.2.1 「e-化航行」的定義與發展進程.....	1-3
1.2.2 IMO 的「e-化航行發展策略」	1-4
1.2.3 IMO 的「e-化航行策略實施計畫」發展現況.....	1-8
1.3 歐盟的 e-Maritime 與智慧化海運發展	1-10
1.3.1 歐盟的 MarNIS 計畫	1-10
1.3.2 歐盟 EFFORTS 計畫的 port ECDIS.....	1-11
1.3.3 波羅的海區域的 EfficenSEA 計畫	1-12
1.4 新加坡的 TRITON 計畫	1-14
1.5 國內相關發展	1-15
1.5.1 航港資訊系統.....	1-15
1.5.2 船舶自動識別與報告系統.....	1-15
1.5.3 漁船監控系統.....	1-16

1.5.4 遠距識別與追蹤系統.....	1-17
1.5.5 岸際雷達.....	1-17
1.5.6 無線電助導航設施.....	1-18
1.6 前兩年研究成果概述.....	1-19
1.7 研究範圍與工作內容.....	1-20
1.8 執行情形與報告架構.....	1-21
第二章 行動寬頻航行與航運資訊服務之研究.....	2-1
2.1 服務對應的通訊系統需求.....	2-1
2.1.1 通訊應用需求.....	2-1
2.1.2 通訊品質相關問題.....	2-5
2.2 寬頻衛星通訊.....	2-6
2.2.1 國際海事衛星組織 Inmarsat.....	2-6
2.2.2 VSAT 與 DVB-RCS.....	2-8
2.2.3 Iridium 鈹衛星.....	2-9
2.3 海上地面無線通訊系統.....	2-10
2.4 海上網狀網路(Maritime Mesh Network).....	2-12
2.4.1 海上網狀網路的技術提案.....	2-12
2.4.2 海上電波傳播的路徑損耗特性與船舶運動的影響.....	2-12
2.4.3 海上網狀網路的連接性與通訊距離.....	2-14
2.5 海上網狀網路之規劃與評估.....	2-17
2.5.1 通訊距離與天線高度.....	2-17

2.5.2 設站規劃工具之設計	2-21
2.5.3 臺灣沿岸可得的網路連接性分析	2-26
2.6 小結	2-34
第三章 港區航行階段無線電助導航定位服務	3-1
3.1 相關國際標準與規範	3-1
3.1.1 SOLAS 公約的船舶設備要求	3-1
3.1.2 IMO 對全球無線電導航系統的要求	3-2
3.1.3 IMO 對未來全球導航衛星系統的海事政策與要求	3-4
3.2 導航定位系統主要的效能指標定義與計算	3-6
3.2.1 準確度(Accuracy)	3-6
3.2.2 完整性(Integrity)	3-8
3.2.3 可得率(Availability)	3-9
3.2.4 連續性(Continuity)	3-10
3.3 全球導航衛星系統(GNSS)	3-11
3.3.1 衛星定位的基本原理與誤差因素	3-11
3.3.2 相關的船舶設備標準	3-11
3.3.3 GPS 衛星定位服務概況	3-12
3.3.4 全球導航衛星系統的增強系統(GNSS Augmentation)	3-14
3.3.5 DGNSS 的基本運作	3-16
3.3.6 DGNSS 的 RTCM 與 RSIM 標準	3-17
3.4 DGNSS 的海事國際標準	3-22

3.4.1 利用海事無線電標杆廣播的 IALA RB-DGNSS	3-22
3.4.2 利用 AIS 提供 DGNSS 服務	3-26
3.5 我國 DGNSS 相關資源.....	3-32
3.5.1 內政部國土測繪中心的資源.....	3-32
3.5.2 RTCM 的網際網路傳輸標準 Ntrip 與訊息解碼	3-33
3.6 現有 DGNSS 資源評估.....	3-39
3.6.1 以 Beacon DGPS 接收機評估後龍 DGPS 站	3-39
3.6.2 透過內政部 e-GPS 網路評估後龍 DGPS 站	3-42
3.6.3 內政部 e-GPS 網路 DGPS 與後龍 DGPS 站測試比較.....	3-45
3.7 港區航行階段無線電助導航定位服務規劃.....	3-47
3.7.1 技術方案的選擇	3-47
3.7.2 船載設備安裝使用狀況評估.....	3-48
3.8 小結.....	3-51
第四章 船舶動態資訊融合與決策支援.....	4-1
4.1 船舶動態資訊來源分析.....	4-1
4.1.1 船舶雷達.....	4-1
4.1.2 船舶自動辨識系統(AIS).....	4-4
4.2 動態目標的關聯結合	4-5
4.2.1 IEC 的雷達與 AIS 目標關聯測試腳本.....	4-5
4.2.2 雷達與 AIS 目標位置的相關性	4-6
4.2.3 雷達與 AIS 目標之航向與航速的相關性	4-7

4.2.4 海上實測資料分析	4-7
4.2.5 目標關聯融合演算法	4-15
4.2.6 目標結合後的資訊顯示	4-18
4.3 船舶碰撞危機偵測預警	4-19
4.4 遠距船舶追蹤識別的整合應用	4-20
4.5 船舶軌跡探勘與決策支援	4-22
4.5.1 軌跡探勘的目的與需求	4-22
4.5.2 方法步驟與實作設計	4-22
4.5.3 代表路徑與交通流分析	4-29
4.5.4 預估航程的試驗評估	4-35
4.6 小結	4-36
第五章 智慧型船舶資通訊平臺之設計	5-1
5.1 智慧船臺架構的設計考量	5-1
5.1.1 IALA 從岸端角度提出的 e-化航行初始架構	5-1
5.1.2 IMO 的「整合船橋系統」設備性能標準	5-2
5.1.3 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準	5-3
5.1.4 智慧型船舶資通訊平台	5-5
5.2 智慧船臺的網路架構與通訊協定	5-9
5.2.1 海事導航與無線電通訊設備與系統的數位介面標準	5-9
5.2.2 海事導航與無線電通訊設備與系統的乙太網路標準	5-10
5.3 資料完整性監測、整合與訊息管理	5-15

5.3.1 資料的整合與完整性監測.....	5-15
5.3.2 警示狀況的管理.....	5-15
5.4 智慧船臺的資訊顯示介面設計.....	5-17
5.5 平臺之設計與研究試驗.....	5-19
5.6 小結.....	5-25
第六章 結論與建議.....	6-1
6.1 結論.....	6-1
6.2 建議.....	6-3
6.3 後續研究建議.....	6-4
參考文獻.....	R-1
附錄一 期中報告審查意見處理表.....	附 1-1
附錄二 期末報告審查意見處理表.....	附 2-1
附錄三 期中簡報資料.....	附 3-1
附錄四 期末簡報資料.....	附 4-1
附錄五 港研中心 AIS 接收站位置.....	附 5-1
附錄六 專有名詞對照表.....	附 6-1
附錄七 電波頻率波段表.....	附 7-1

圖目錄

圖 1.1 電子海圖服務的運作系統架構.....	1-2
圖 1.2 IMO 發展「e-化航行策略實施計畫」的工作時程.....	1-4
圖 1.3 完整的 e-化航行總體架構.....	1-8
圖 1.4 採用 IHO 地理空間資訊登錄機制的示意圖	1-9
圖 1-5 歐盟 MarNIS 綱要計畫的資訊流	1-10
圖 1-6 基隆港整合雷達與 AIS 的 VTS 畫面	1-18
圖 1-7 從國家資料中心 (NDS) 的觀點看 LRIT 系統	1-19
圖 2.1 Inmarsat FleetBroadband 海事寬頻衛星通訊終端規格	2-6
圖 2.2 Inmarsat FleetBroadband 的涵蓋範圍	2-7
圖 2.3 海上網狀網路示意圖(Report ITU-R M.2202).....	2-11
圖 2.4 Two-Ray Model 的路徑損耗變化示意圖	2-13
圖 2.5 Two-Ray Model 的幾何示意圖	2-17
圖 2.6 推算 Earth Bulge 影響用的幾何示意圖	2-20
圖 2.7 推算 Fresnel Zone radius 的幾何示意圖.....	2-21
圖 2.8 本計畫(上圖)與新加坡(下圖)船岸通訊距離試算比較	2-22
圖 2.9 本計畫(上圖)與新加坡(下圖)船間通訊距離試算比較	2-23
圖 2.10 就船舶間的通訊距離試算所需天線高度.....	2-24
圖 2.11 天線高度試算的正確性驗證-兩端高度相同時	2-24
圖 2.12 就船岸間的通訊距離試算所需船臺天線高度.....	2-25
圖 2.13 天線高度試算的正確性驗證-兩端高度不同時	2-25

圖 2.14	ITU-R M.2202 中的網路連接性模擬模型	2-26
圖 2.15	高雄港 20 哩內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖	2-28
圖 2.16	基隆港 20 哩內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖	2-29
圖 2.17	臺中港 20 哩內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖	2-29
圖 2.18	臺灣海域網狀網路涵蓋情形 (a)21 個岸台 (b)hop 分佈	2-30
圖 2.19	臺灣沿岸 12 哩內 AIS 總船數(2010 年 6 月)	2-31
圖 2.20	設 19 個岸台時的沿岸 12 哩網狀網路涵蓋情形.....	2-32
圖 2.21	設 19 岸台時沿岸 12 哩通訊連接船舶比例堆疊直條圖	2-32
圖 2.22	臺灣沿岸 12 哩邊界與油輪代表路徑分佈套疊圖.....	2-33
圖 3.1	水平定位點在特定距離內的機率.....	3-7
圖 3.2	美國海洋大氣總署提供的太陽黑子觀測與預測.....	3-13
圖 3.3	單頻 GPS 水平定位誤差超過 10m(95%)的區域 (網形陰影區)	3-13
圖 3.4	IALA 全球無線電導航計畫的 WWRNS 候選系統.....	3-15
圖 3.5	DGNSS 服務的幾何示意圖.....	3-17
圖 3.6	DGNSS 每個訊息前兩字內容.....	3-18
圖 3.7	DGPS 服務的系統架構(RSIM).....	3-20
圖 3.8	各國設置 DGNSS 站統計(依據 2007 年 IALA 資料整理).....	3-22
圖 3.9	2000 年時的台灣海域 RB-DGPS 服務規劃.....	3-23
圖 3.10	Beacon-DGPS 與 GPS 的定位誤差比較(海大 DGPS 站).....	3-23
圖 3.11	以 AIS 提供 DGNSS 服務的 IALA 建議方案	3-31
圖 3.12	國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站分佈略圖	3-32

圖 3.13	Ntrip 的系統架構	3-34
圖 3.14	從 e-GPS 的 NtripCaster 取得的 Source Table	3-36
圖 3.15	RTCM 訊息的解碼處理流程	3-38
圖 3.16	以 Beacon-DGPS 測試後龍 DGPS 站的實測情形	3-40
圖 3.17	以 Beacon-DGPS 測試後龍 DGPS 站的定位結果	3-40
圖 3.18	Beacon 測試同時段的後龍 DGPS 站 IM 定位狀況	3-42
圖 3.19	透過 e-GPS 接收後龍 DGPS 站監測狀況統計 (24 小時)	3-43
圖 3.20	後龍 DGPS 可用訊息比例統計(透過網路接收).....	3-44
圖 3.21	測試比較不同 DGPS 資料來源的實驗位置	3-45
圖 3.22	NTRIP 網路 DGPS 各站與 GPS 定位誤差比較	3-46
圖 3.23	基隆海域與港區船舶 DGPS 能力與 DGPS 可用情形	3-49
圖 3.24	東亞區域 IALA DGPS 站分佈	3-49
圖 4.1	雷達目標方位誤差造成目標之間距離的不確定性.....	4-6
圖 4.2	目標船 AIS 天線相對於艏艉與左右舷的位置	4-8
圖 4.3	基隆嶼東北方海上實測記錄畫面	4-8
圖 4.4	海上實測之目標與本船軌跡	4-9
圖 4.5	雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 Range 值比較	4-9
圖 4.6	雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 Bearing 值比較	4-10
圖 4.7	雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 COG 值比較	4-10
圖 4.8	雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 SOG 值比較	4-11
圖 4.9	雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的 Range 值比較	4-11

圖 4.10 雷達目標#53 與其 AIS 相對於本船的方位	4-12
圖 4.11 雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的對地航向比較	4-12
圖 4.12 雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的對地航速比較	4-13
圖 4.13 AIS 與雷達目標動態資訊融合	4-15
圖 4.14 AIS 與雷達追蹤目標時間差的關聯前處理	4-16
圖 4.15 AIS 與雷達追蹤目標的瞬間關聯檢測程序	4-16
圖 4.16 AIS 與雷達目標從結合到分離的判斷程序	4-17
圖 4.17 AIS 與雷達目標從分離到結合的判斷程序	4-17
圖 4.18 船舶碰撞危機偵測結果	4-19
圖 4.19 部分國輪的船舶遠距識別與追蹤系統船位分佈	4-20
圖 4.20 AIS 與 LRIT 船位的互補性	4-21
圖 4.21 航跡資料分群流程	4-23
圖 4.22 軌跡資料分群用的航跡線段間距離	4-24
圖 4.23 以某貨輪 6 個月航跡驗證代表路徑之實作	4-26
圖 4.24 概略化距離參數的決定方式	4-27
圖 4.25 不同分群參數下的某貨輪 6 個月代表路徑	4-28
圖 4.26 基隆港貨輪代表路徑(2011 年 6 月)	4-29
圖 4.27 臺中港貨輪代表路徑(2011 年 6 月)	4-30
圖 4.28 高雄港貨輪代表路徑(2011 年 6 月)	4-30
圖 4.29 不同年 (2010 與 2011) 同月份基隆港貨輪代表路徑	4-31
圖 4.30 北部海域貨輪群聚軌跡代表路徑(2011 年 6 月)	4-32

圖 4.31 澎湖水道貨輪群聚軌跡代表路徑(2011 年 6 月).....	4-32
圖 4.32 臺灣海域油(液貨)輪 6 個月群聚軌跡代表路徑.....	4-33
圖 4.33 油液貨輪群聚軌跡代表路徑局部放大圖.....	4-34
圖 4.34 高雄港至基隆港貨輪代表路徑串接至澎湖水道的結果	4-35
圖 5.1 IALA 從岸端角度提出的 e-化航行初始架構.....	5-1
圖 5.2 歐盟 MarNIS 計畫所提的整合船橋系統典型架構	5-3
圖 5.3 全球海上遇險與安全系統的海事安全資訊服務.....	5-7
圖 5.4 IEC61162-450 的網路拓撲範例.....	5-11
圖 5.5 Caution 等級警示訊息的管理	5-16
圖 5.6 Warning 等級警示訊息的管理.....	5-16
圖 5.7 Alarm 等級警示訊息的管理.....	5-16
圖 5.8 Furuno NavNet 3D 多功能顯示器的熱切換頁面組合.....	5-17
圖 5.9 Transas 整合導航船橋系統的切換頁面	5-18
圖 5.10 智慧型船舶資通訊平台研發架構示意圖.....	5-19
圖 5.11 航儀模擬平臺功能介面畫面.....	5-21
圖 5.12 狀態顯示介面數值顯示模式與衛星定位失效狀況.....	5-22
圖 5.13 狀態顯示介面以圖形儀表顯示航向航速.....	5-22
圖 5.14 港研中心海氣象即時觀測資料顯示.....	5-23
圖 5.15 智慧型手機的狀態顯示介面.....	5-23
圖 5.16 整合寬頻通訊、港區導航定位與航行資訊服務的試驗	5-24

表目錄

表 1-1	e-化航行的預期效益與方法	1-6
表 1-2	e-化航行的關鍵策略元素	1-7
表 2-1	海事通訊應用分類概述	2-1
表 2-2	新加坡 (ITU-R M.2202)的網路連接性模擬結果	2-26
表 2-3	國際商港 20 浬範圍內可多躍延伸通訊的平均比例	2-28
表 2-4	臺灣周圍海域可多躍延伸通訊的平均比例	2-30
表 2-5	臺灣沿岸 12 浬的網路連接性試算(2010 年 6 月平均值)	2-31
表 3-1	IMO 全球無線電導航系統的運作要求.....	3-2
表 3-2	IMO A.915(22)提出的海上導航需求	3-4
表 3-3	IMO A.915(22)提出的操船與交通管理應用定位需求	3-5
表 3-3	二維定位準確度的表示法	3-8
表 3-5	DGPS 訊息 Station Health 位元代碼定義	3-19
表 3-6	海事 DGNSS 服務建議的訊息類別	3-24
表 3-8	AIS Type17 DGNSS 訊息內容與格式	3-29
表 3-9	AIS Type17 訊息中差分修正資料欄位的內容與格式	3-29
表 3-9	Ntrip Source-table 的資料串流記錄欄位說明	3-35
表 3-10	後龍 Beacon DGPS 站實測結果	3-41
表 3-11	實測 e-GPS 之後龍 Beacon DGPS 站訊息排程	3-43
表 4-1	SOLAS 船舶雷達目標追蹤的準確度要求	4-2
表 4-2	IEC 62388 雷達目標追蹤測試所用的感測誤差	4-3

表 4-3 AIS 標準報告間隔與失去 AIS 目標的判斷準則.....	4-5
表 4-4 目標動態資訊差異統計與時間落差影響評估	4-14
表 4-5 試驗利用串接代表路徑與船舶即時動態估算航程抵達時間之試驗.....	4-36
表 5-1 感測器資料需求	5-5
表 5-2 IEC61162 海事導航與通訊設備與系統數位介面標準.....	5-9
表 5-3 IEC 61162-450 的傳輸群組歸類方式.....	5-13
表 5-4 航儀設備 Talker ID 對應的 IEC 61162-450 傳輸群組.....	5-14

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

海洋運輸系統主要由航道、港埠、複合運送之連結、船舶與車輛以及海運使用者所組成，需要整合與協調才能有效運作，因此智慧型運輸系統（Intelligent Transportation System, ITS）與管理系統被視為海運系統持續發展必要的兩大支持系統。

ITS 是指結合電子通訊與資訊技術、系統與網路，支援運輸系統所有使用者需求資訊的蒐集、儲存、檢索、分析與發佈，以提升運輸安全、效率與效益。除了與陸運的連結整合之外，「智慧型海運系統（Maritime ITS, M-ITS）」的最基本要素是應用於船舶、港埠、以及船岸之間的資通訊技術，相當於國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)與國際助導航協會(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA)主導推動的 e-Navigation，以及歐盟正推動的 e-Maritime^[2]。近年來為了航行安全與效率、反恐保安與海洋環境保護，要求船舶、港埠甚至海岸配備建置的資通訊系統，例如：電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS），船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)以及船舶遠距識別追蹤系統（Long-Range Identification and Tracking, LRIT），也是 M-ITS 的重要資產。許多國家都將這些系統視為海運與 M-ITS 的重要環節。

海運具有高度的國際化特性，必須在國際架構下才能真正實現「智慧型海洋運輸系統」。為此，國際海事組織已於 2008 年訂定「e-化航行策略」，將依此建立系統性國際架構逐步落實以電子的方式調和船上、岸上以及船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務，提升海上安全、保安與海洋環境之保護。其構想是先建立 e-化航行的支柱：充分涵蓋的電子航行海圖、完整可靠的定位

導航系統、船與岸兩端皆以標準化人機界面提供分析管理與決策支援的整合系統、強健高效率且負擔得起的通訊架構，再整合成完整的 e-化航行架構。

為持續提升我國相關競爭力，避免錯失產業機會，因應前述國際 e-化航行之趨勢，並貫徹「加強海洋科技研發、永續發展海洋產業」等政府政策，此時正是我國結合海運實力與電子資通訊優勢，依此國際架構針對核心重點切入研究發展的契機。因此本計畫的目的在於以前期四年計畫(2005 -2008)所建立之電子海圖服務為基礎（整體架構如圖 1-1），俾利在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統。

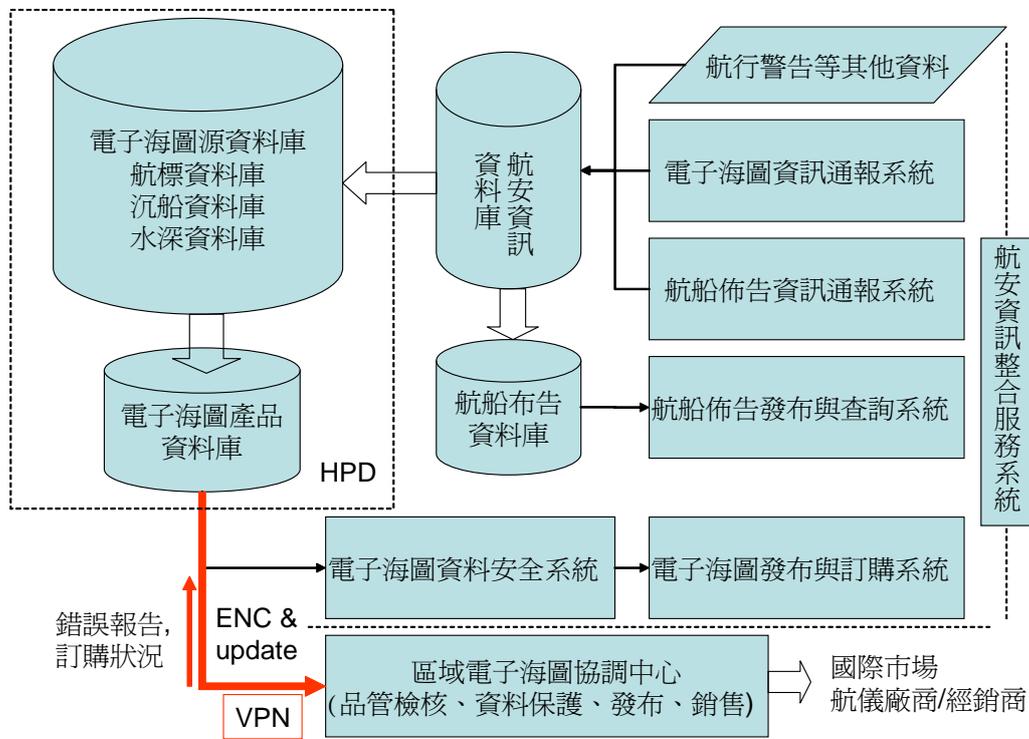


圖 1.1 電子海圖服務的運作系統架構

1.2 國際海事組織的 e-化航行發展策略與實施計畫

1.2.1 「e-化航行」的定義與發展進程

國際海事組織的 e-化航行相關工作是於 2005 年 IMO 海事全安委員會第 81 次會議中，由日本、荷蘭、英國、美國、新加坡、挪威與馬紹爾群島等多國聯合提案啟動的。該提案的訴求是盡快完成一「e-化航行發展策略」，使新技術的引進能在此策略藍圖的系統性架構下，與現有的各種導航通訊技術及服務相容整合，發揮最大效益；更避免新技術的發展因為缺乏協調反而導致風險。

IMO 對 e-化航行的定義是：「以電子的方法調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務，提昇海上安全、保安與海洋環境的保護」。原文如下：

“E-navigation is the harmonized collection, integration, exchange, presentation and analysis of marine information on board and ashore by electronic means to enhance berth to berth navigation and related services for safety and security at sea and protection of the marine environment.”

「e-化航行發展策略」已於 2008 年完成，並規劃以四年的時間(2009-2012)完成「e-化航行策略實施計畫」。參與此工作的除了 IMO 海事安全委員會的「航行安全分委會」、「無線通訊與搜救分委會」、「標準、訓練與當值分委會」以外，主要還有 IALA, IHO, IEC 等國際組織、業界與使用者團體。

「e-化航行策略實施計畫」的發展步驟與時程規劃如下：2009 年完成使用者需求的確認與優先等級排序；2010 年完成系統架構的描述以及初步的差距分析(gap analysis)；2011 年完成差距分析、成本效益分析與風險分析；2012 年完成並通過「e-化航行策略實施計畫」。對應的 IMO 相關會議排程如圖 1.2。此計畫將確認各組織或各方應負的責任；規劃如何轉移至 e-化航行（例如從紙海圖改用電子航行圖）；各階段性

實作時程；並且以可能的發展藍圖闡明必要的共識。

A COORDINATED APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF IMO'S E-NAVIGATION STRATEGY OVERALL PLANNING 2009-2012 BY STRATEGY ELEMENT																
	2009				2010				2011				2012			
Meetings	MSC 86	NAV 55	COMSAR 14	STW 41	MSC 87	NAV 56	MSC 88	COMSAR 15	STW 42	MSC 89	NAV 57	COMSAR 16	STW 43	MSC 90	NAV 58	MSC 91
User needs		final														
Architecture		Correspondence Group				final										
Gap analysis		Correspondence Group				initial		Correspondence Group			final					
C-B and risk analysis		Correspondence Group				initial					final					
Strategy Implementation Plan	joint plan of work										outline	2012: Intersessional WG?			final	adoption

圖 1.2 IMO 發展「e-化航行策略實施計畫」的工作時程

1.2.2 IMO 的「e-化航行發展策略」

IMO 在其 A.989(25)決議案：「2008-2013 六年策略規劃」中指出：近年來科技的發展產生了新的機會，卻也可能有負面的後果。無論是船舶或岸上負責航行安全的人員，都需要更現代化的裝備提供最佳決策支援，使海上導航與通訊更可靠更好用，目標是增進航行安全並減少錯誤。然而如果當前科技在缺乏協調的情況下持續進展，則未來航海系統的發展很可能會因為船上與岸上缺乏標準化，船舶之間不一致，而增加不必要的複雜度，反而帶來風險。

海上事故數量或損失的升高趨勢，主要都與碰撞和擱淺有關。研究顯示：碰撞擱淺事故直接由人為錯誤造成的約佔 60%。在船舶精簡人力的情況下，航行與避碰的關鍵決策大部分是由當值的船副獨立為之。依據人員可靠性分析，在決策過程中若有另一人協助檢查，可以讓可靠度提高 10 倍。因此，e-化航行擬以船岸兩端系統的良好設計與船岸之間更密切的合作協助改善這個面向。

e-化航行的願景可從船、岸、通訊這三方面來看：船上的導航系統整合本船各種感測器、輔助資訊、標準使用者介面、警戒區/警報綜合管理系統以產生具體效益，使航海人員能以最有效的方式行使其職

責，同時避免其分心或負擔過重；改善資料的提供、協調、交換，以更充分且更能讓岸上操作人員了解與運用的資料來強化船舶交通管理與相關服務，支援船舶的安全與效率；以通訊基礎架構提供本船、船與船之間、船與岸之間、主管單位與其他相關單位之間經過授權的無縫式資訊傳輸。

IMO e-化航行概念設定的核心目標^[3]如下：

1. 從海道測繪、氣象、航行相關資訊以及風險評估管控等方面來促進船舶航行的安全與保安；
2. 以適當的岸上/沿岸設施來促進船舶交通的觀測與管理；
3. 促進船對船、船對岸、岸對船、岸對岸及其他使用者之間的通訊與資料交換；
4. 提供改進運輸與物流效率的機會；
5. 支援緊急應變與搜救服務的有效運作；
6. 展現各種安全關鍵系統應有的準確度、完整性與連續性；
7. 在人機（系統）介面上整合呈現船上與岸上的資訊，減低使用者混淆困惑或誤判的風險，獲致航行安全的最大效益；
8. 整合呈現船上與岸上的資訊，以管理使用者的工作負荷並提供決策支援；
9. 在發展與實施的過程中納入對使用者訓練的要求；
10. 促進設備、系統、符號、操作程序等在全球涵蓋、標準與措施方面的一致化、相容性與互操作性；
11. 具備擴充性，促使所有潛在使用者採納應用。

e-化航行預期可產生的顯著效益^[3]整理如表 1-1：

表 1-1 e-化航行的預期效益與方法

效益	方法
增進航行安全	以明確且貼切於當下情境的資訊改善決策支援； 以自動化的指標、警告與防止故障的方法減低人員疏失； 改善電子海圖的涵蓋率與可得性，並提高其一致化與品質； 以”S-Mode”引進設備（操作介面）的標準化； 提升導航系統的順應恢復力，增進其可靠性與完整性； 改善船上與岸基系統的整合，善用所有的人力資源。
改善環境保護	降低船舶碰撞與擱淺導致溢漏油污染的風險； 使用最佳航路與航速以減低污染的排放； 提升應變處理溢漏油等緊急事件的能力與能量。
強化海上保安	讓岸基利益關係者得以靜默運作的模式實施海域範圍的監測與掌控。
提高效率降低成本	以管理程序的快速因應，增進設備的全球標準化與型式認證； 以通報程序的自動化與標準化，減低行政管理成本； 改善船橋效率，讓航行當值人員有更多時間維持適當瞭望與良好的執業習慣，例如至少用兩種方法確定船位； 整合現有系統且有效使用新設備以符合所有使用者需求。
改善人力資源管理	強化船橋團隊的經驗與狀態。

e-化航行的關鍵策略元素^[3]包括：架構、人、公約與標準、定位、通訊技術與資訊系統、電子海圖、設備的標準化、可擴展性。茲摘要說明如表 1-2：

表 1-2 e-化航行的關鍵策略元素

元素	說明
架構	整體的概念性、功能性與技術性架構： 程序的描述、資料結構、資訊系統、通訊技術、法規。
人因	重點：訓練、適任能力、語言技能、工作負荷與動機； 顧慮：警報的管理、資訊的過載、人體工學。
公約/標準	建構在國際海事組織的各項工作上：海上人命安全公約(SOLAS)、防止船舶污染國際公約(MARPOL)、航海人員訓練發證及當值標準國際公約(STCW)等。
定位	提供可以符合使用者需求的定位系統：依據交通量與風險等級而訂定的準確度、完整性、可靠性、系統備援等要求。
通訊技術與資訊系統	確認出符合使用者需求的通訊技術與資訊系統： 可能須提升現有系統或是發展新系統。
電子海圖(ENC)	IMO 認為 ENC 的全球覆蓋率/可用性是最重要的，故要求國際海測組織與各成員國政府持續努力增加 ENC 覆蓋率。IHO S-100 新增的功能性也對 e 化航行有助益。
設備的標準化	設備性能標準的發展
可擴展性	IMO 成員國對所有各類船舶的安全都負有責任，因此 e-化航行可能擴及所有潛在使用者。將 e-化航行概念擴展到非 SOLAS 船舶已被視為一項重要工作。

1.2.3 IMO 的「e-化航行策略實施計畫」發展現況

依據 IMO 航行安全分委會 2011 年 4 月的 NAV57 會議文件^[4]，e-化航行對應小組已於報告中提出完整的 e-化航行總體架構、海事資料框架、差距分析的進度，以及 e-化航行策略實施計畫的綱要草案。

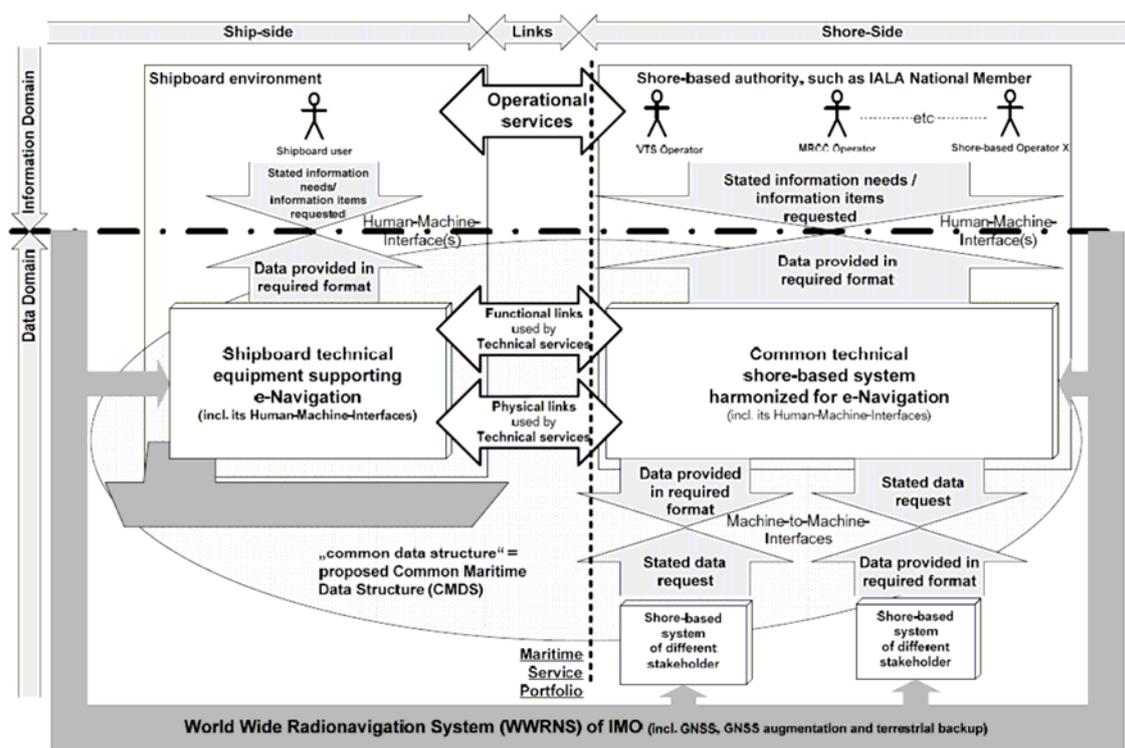


圖 1.3 完整的 e-化航行總體架構

圖 1.3 是目前提出的 e-化航行總體架構，船岸兩端支援 e-化航行的人機介面與各項技術設備之間有功能鏈結與實體鏈結；岸上各單位的系統之間有機器對機器的介面；提供的「海事服務組合(Maritime Service Portfolio)」可以說是在某海域、水道或港埠提供操作與技術服務的「產品」組合，例如：當地警告、電子海圖更新、即時潮汐資訊等服務。

在海事資料與資訊服務的框架方面，將以 IHO S-100 的資料模型為基礎，由 IMO 與 IHO 仿照當年發展 ECDIS 相關標準的模式共組協調小組，以建立 SOLAS 公約規模的海事資料與資訊服務框架。至於資料物件的登錄註冊，目前 IALA 與 IHO 正在研究採用 IHO 地理空間資訊登錄 (Geospatial Information Registry) 機制的可行性，如圖 1.4。

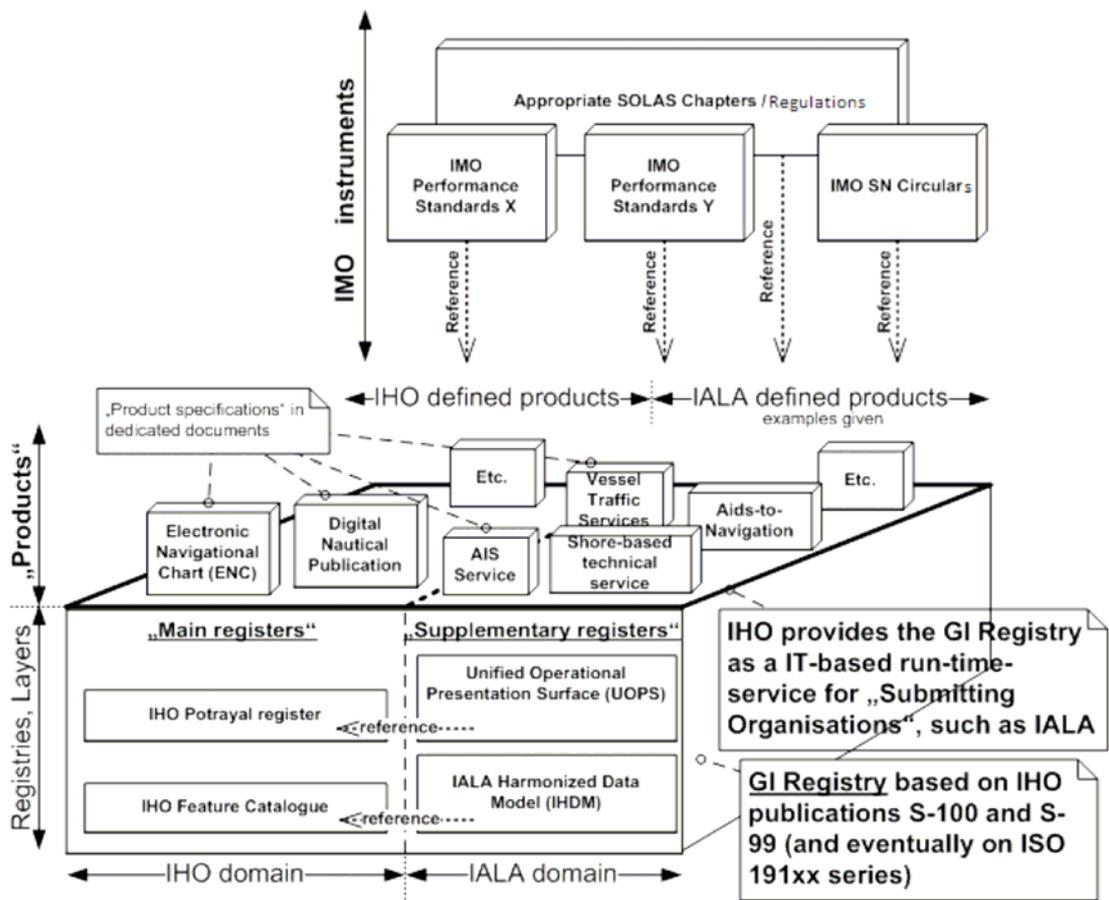


圖 1.4 採用 IHO 地理空間資訊登錄機制的示意圖

1.3 歐盟的 e-Maritime 與智慧化海運發展

1.3.1 歐盟的 MarNIS 計畫

MarNIS(Maritime Navigation Information Service)是歐盟為促進 E-maritime 發展而進行的 4 年期綱要計畫，從 2004 年底開始執行，共 13 國 44 個產官學研界單位參與，設定的目標是在 2012-2020 以前實施於歐盟各成員國。MarNIS 的 e-maritime 概念以資訊和資訊交換架構為核心，其基礎是依據 EC Directive 2002/59/EC 而建置的歐盟船舶交通監測與資訊系統 (Community Vessel Traffic Monitoring and Information System)。歐洲海事安全局 (European Maritime Safety Agency, EMSA) 為了 Directive 2002/59 而建置了一個跨歐洲的電子資訊系統 SafeSeaNet 處理船舶移動與貨物，MarNIS 則是進一步為 2012 年後的海運資訊系統發展概念的計畫。

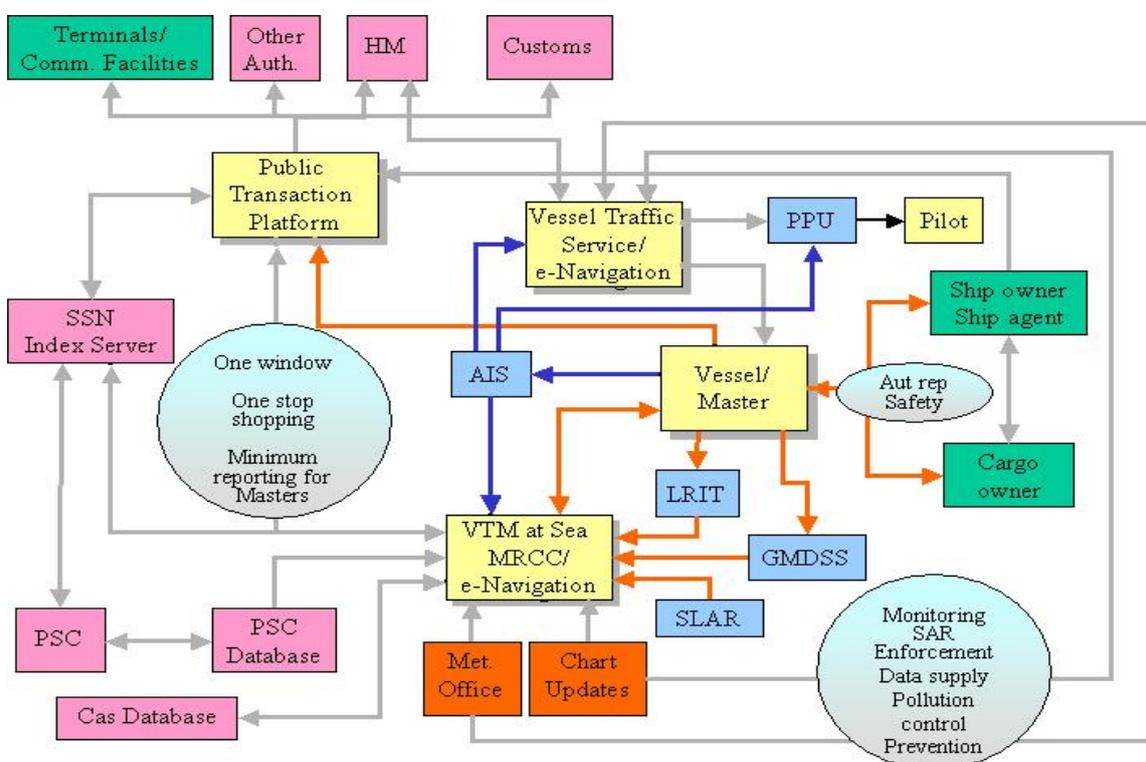


圖 1.5 歐盟 MarNIS 綱要計畫的資訊流

圖 1.5 是 MarNIS 的資訊流設計。MarNIS 提出的概念是將船舶交通管理、搜救與環保整合於一個海事作業服務 (Maritime Operational Services, MOS) 中心。MOS 中心的交通流畫面使用來自 AIS、LRIT 以及其他感測器 (不一定是雷達) 的船位, 以及透過國家單一窗口取得的預計抵達時間 (Estimated Arrival Time, ETA)、下一港口、貨物等資訊。即時的氣象與水文資料 (例如: 潮汐、風、浪、湧) 等所謂的「網路地圖」, 可以套疊顯示在 MOS 中心的交通畫面上, 也可以傳送給船上領港的特製可攜式裝置。MarNIS 針對「高風險船舶」也引進了一些因應方案。

MarNIS 有些相關分項成果可供本計畫參考, 例如:

- (1) 雷達、AIS 與 ECDIS 的資料融合與比較。
- (2) 以寬頻通訊更新電子航行圖資訊, 以 ECDIS 顯示法規與其他即時資訊之可行性探討與試驗
- (3) 寬頻通訊的應用評估, 分析以 NMEA2000(IEC 61162-3)網路整合航儀, MarNIS 寬頻平台方案 (以 IP 協定結合 VSAT 衛星與 WiMAX 技術) 與規格探討。
- (4) 船舶交通管理 (船舶交通服務與港埠管理資訊系統) 的發展趨勢分析, 例如: AIS 船岸資料交換內容已開始多樣化; 對於較接近海岸的船舶已開始試圖以 GSM/EDGE, UMTS, WiMAX 等技術改善通訊頻寬, 特別是用於 VTS 與 ECDIS/ECS 之間的資料交換; 雷達追蹤效能的改善; 港埠資源的動態管理; 利用 LRIT 資料提早更新 ETA 與貨物資訊。

1.3.2 歐盟 EFFORTS 計畫的 port ECDIS

EFFORTS (Effective Operations in Ports) 與 MarNIS 都是屬於歐洲執委會能源與運輸司海運政策 e-Maritime Initiative 倡議的參考計畫。EFFORTS 是從 2006 年 5 月開始為期 3 年半的歐盟整合研究計畫 (<http://www.efforts-project.org/>), 目標在提升歐盟港口運作的競爭

力、港口勞動環境的品質、港口內航行的安全與效率。 Port ECDIS 則是 EFFORTS 的子計畫之一。

Port ECDIS 計畫是基於船長、領港、港務局船舶交通管理（服務）系統等的需求。這些港埠海圖資訊的使用者認為：無論是在狹窄的進港航道或港區內操縱大型船舶或是港埠的維運，所需的海圖資訊都已超出現有 ECDIS 標準所能提供。大型化船舶的管理、交通量的增加、港埠空間的不足、泊位的組織調度、港區的浚深等都需要更準確且高解析度的地形地物與水深資料以提供所有必要資訊，有些甚至要能及時提供更新。更需要如地理資訊系統般，使港埠相關的地理資料源互相連結操作以支援港埠的運作。

在這樣的需求下，Port ECDIS 以德國漢堡港為試驗，用 1:1000 的圖資為基礎，兼採 1:5000 到 1:250 或 1:500 的資料製作 Port ECDIS/Port ENC 資料組，陸域資料取自地形測量原始資料或解析度優於±0.2m 的空照正射影像。

該計畫於 2009 年底展示的最後成果包括：

- (1) 內含標準 S57 ENC 物件、Inland ENC 物件、以及 port ENC 物件（新提出）的高精度電子航行基本圖；
- (2) 能以高解析度的水深資料搭配潮汐資料依船舶自訂的安全水深動態顯示安全水域；
- (3) 以 3D 網格式海底地形模型與航道參考模型（含輪廓與深度）讓所有使用者擁有正確最新的港區水深 3D 顯示並支援航道濬深工作。

1.3.3 波羅的海區域的 EfficenSEA 計畫

EfficenSEA 計畫是從 2008 年 10 月至 2012 年 1 月，為期 42 個月共 7 個國家參與，經費達 800 萬歐元（約台幣 3 億 6 仟萬）的波羅的海區域研究計畫，全名是” Efficient, Safe and Sustainable Traffic at

Sea“。該計畫被歐洲執委會指名為波羅的海區域歐盟策略行動計劃的旗艦計畫 (<http://efficiensea.org/>)。計畫主軸包括：

- (1) 建立一個或多個 e-化航行試驗區：評估後續實現 e-化航行時行政部門需投入的資源，評估在 e-化航行方面最新研發的各種資料產品與服務，何者最具實質效益；
- (2) 船舶交通資料與海事規劃：解決海上交通資料用於交通分析、決策以及海岸地區管理時品質不足的問題，具體工作是開發區域 AIS 無線電資源規劃以及 AIS 統計與分析等工具軟體；
- (3) 動態風險管理：開發船舶交通流與相關風險模擬工具軟體，研發可即時分析船舶交通與航路、交通壅塞的時間表、助導航設施狀況、船舶操縱性、S-57 海圖資料、以及海氣象等資訊，並提供智慧化決策支援的系統，以管理船舶碰撞、擱淺或異常運作等動態風險。

1.4 新加坡的 TRITON 計畫

TRITON(TRI-media Telematic Oceanographic Network)計畫^[5]是由日本獨立行政法人國家情報通信研究機構 (NICT) 亞洲研究中心設於新加坡的無線通訊實驗室與新加坡資通訊研究所 (Institute for Infocomm Research, 簡稱 I2R) 自 2006 年起 5 年期的合作計畫。

計畫目標是發展一個具有一般的語音與數據通訊、影像監控、防止海盜、漁業、汙染偵測、航行安全等多重應用的系統，但具體工作項目不在於應用而在於提供基礎架構與介面以支援這些應用的發展。

TRITON 計畫設定的系統是一個基於 IEEE 802.16-2004 標準 (WiMAX Mesh 模式) 的無線網狀網路，由相鄰的船舶、標杆與浮標形成網狀網路和陸上的網路連接，外海或網狀網路連不到陸地時，缺口再由衛星補足。

TRITON 的研究內容包括：海上無線電傳播通道模型、船舶移動性模型、海上網狀網路模擬器的研發、網狀網路連接性的分析、繞送協定開發、排程器開發、中介軟體開發、模擬器開發、原型開發與現場測試。其原型曾於 2008 年的 Intelligent Transport System Telecommunications 國際會議中展示船與船之間的影像串流，距離 8 km 仍可維持良好的影像接收品質。

1.5 國內相關發展

1.5.1 航港資訊系統

交通部於 91-94 年的「航港資訊系統建置計畫」，完成航港單一窗口服務平台(MTNet - Maritime Transport Network)建置，於 95 年 1 月 1 日正式營運。後續再以 96-100 年的「航港資訊系統整體發展計畫」持續發展。航港資訊系統在航政監理與港灣棧埠申辦作業相關流程整合方面已建立相當成效，其連結船舶交通系統應用的船舶動態資訊，以港區 5 哩範圍內為主。

96-100 年航港資訊系統計畫對於智慧化港埠的具體作為是「提供港區無線及智慧化服務」，執行狀況是：陸續建置各國際商港港區無線網路，以點對點的無線基礎網路結合重點覆蓋的無線網路基地台(Wi-Fi 或 WLAN)，提供旅客及港區從業人員無線上網服務，此無線網路之建置以港區的碼頭等陸域為主。

1.5.2 船舶自動識別與報告系統

AIS 是利用特高頻(VHF)無線電與可自行組織分時多重進接(Self-Organized TDMA) 技術提供船舶間以及船岸間資料交換的通訊系統。國際海事組織(IMO)要求採用此系統的原始目的有三：(1)供沿岸國取得船舶報告(2)船舶之間避碰(3)做為船舶交通服務的工具。海上人命安全國際公約(SOLAS)將 AIS 列為船舶必要設備的修正案自 2002 年 7 月 1 日起生效，至 2008 年為止所有客船、300 總噸以上的國際航線船舶、500 總噸以上的國內航線船舶都應已於期限內安裝完成，其中國際航線船舶的期限是 2004 年底。IMO 並同時要求沿岸國政府應接收並應用 AIS 資訊。

海洋大學早在 2003 年 5 月即在交通部科技顧問室委託之「船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究」計畫中完成了臺灣沿岸 AIS 網路

的規劃與相關試驗。

交通部各港務局中，基隆港與高雄港皆設有以雷達監測為主要船舶動態資料來源的船舶交通服務(Vessel Traffic Service, VTS)，以港區 20 浬內為 VTS 服務範圍。自 97 年起於國際商港規劃建置 AIS 以接收港域 20 浬範圍內船舶的 AIS 訊息。截至 99 年底止完成高雄、基隆、臺北、蘇澳、臺中等港口的 AIS 建置。但各港 VTS/AIS 並未連成網路，交換船舶動態資料，港與港之間的區域涵蓋也有缺口。

因此交通部運輸研究所港研中心於 2009 年「智慧型航行與監測系統之研究」計畫（四年期計畫的第一年）開始建置臺灣沿岸 AIS 接收網路，陸續建置完成八處之 AIS 接收站，提供 AIS 船舶動態的整合式查詢網站，並擬藉此「智慧化海運系統建立之研究」計畫發展分析應用技術，以發揮其最大效益。

對於各 AIS 岸台蒐集的 30-40 浬船舶交通動態與航程貨載資訊，已於本期計畫第 2 年計畫中建立交通流分析與初步應用的網路服務功能，可支援航道與助導航設施規劃，對於即時用於交通安全與運輸管理的危機偵測分析、預警與決策支援等應用模式則仍待持續建立。

1.5.3 漁船監控系統

全球漁業資源明顯受到過度開發之威脅，為求資源之永續利用，國際間逐漸凝聚「責任制漁業」之共識。聯合國糧農組織(UN FAO)及聯合國(UN)本身於 1993 年及 1995 年分別議定「推動公海作業漁船遵循國際保育與管理措施協定」及「履行 1982 年聯合國海洋法公約有關養護和管理跨界魚種及高度洄游魚種條款協定」等國際協定。其要點包括要求各國建構適當的法規與行政架構，實施有效的「監測、管制與偵察 (Monitoring, Control and Surveillance, MCS)」，以推動漁船遵循相關規範。而在漁船監控管理的各項措施中，利用電子資訊與衛星通訊技術的「漁船監控系統 (Vessel Monitoring Systems, VMS)」被公認為最有效的工具，因此不論在公海或各沿岸國專屬經濟海域內之作

業，都已陸續被各區域性漁業管理組織與各沿岸國規範要求安裝 VMS。

我國漁船 VMS 是由漁業署委託中華民國對外漁業合作發展協會運作。海洋大學電子海圖研究中心自 2000 年為中華民國對外漁業合作發展協會與漁業署規劃設計並開發建置我國漁船監控管理暨漁獲回報系統至今。每年除了維護調校效能之外，並因應國際各區域漁業組織與國內日益複雜嚴格的漁業監控管理需求而設計於船岸兩端系統新增功能與特殊應用。2007 年為沿近海漁船管理與中日爭議水域漁船巡護而設計建置「沿近海漁船監控系統」，2009 年新增臺灣沿岸珊瑚船監控。

1.5.4 遠距識別與追蹤系統

遠距船舶識別與資訊系統(Long Range Identification and Tracking, LRIT)係透過衛星定位通訊以及國際資料交換達到船舶的全球識別與追蹤。2006 年 5 月國際海事組織(IMO)修改海上人命安全國際公約(SOLAS) 第五章航行安全，新增 V/19-1 LRIT 條款，明訂船舶傳送 LRIT 船位資訊的義務以及締約國與搜救服務接收 LRIT 資訊的責任與義務。船舶開始自動向船旗國傳送 LRIT 船位資訊的最後期限在 2009 年。IMO 海事安全委員會(Maritime Safety Committee, MSC)並要求各締約國政府應於 2009 年 9 月底前設置 LRIT 系統的國家資料中心(National Data Center, NDC)或共同設置區域資料中心(Regional Data Center, RDC)並整合到國際 LRIT 系統以依據存放於 IMO 伺服器的資料分送計畫(Data Distribution Plan, DDP)透過國際資料交換(International Data Exchange, IDE)進行船位資料交換。

1.5.5 岸際雷達

臺灣沿岸的雷達監測，除了國際商港 VTS 的雷達之外，還有海巡署以岸際雷達構建之雷情顯示系統。海巡署為能提升海面船隻目標辨識率，縮小海巡署岸際雷達海面監控之盲區，延伸海面監控範圍，以有效執行海巡勤務，已於 97 年度完成鏈結高雄港務局 AIS 資料與 VTS 船舶基本資料，並於 99 年度開始鏈結交通部運輸研究所港灣技術研技

術中心船舶自動辨識系統，取得系統內商船動態資訊，整合於海巡署雷情顯示系統，輔助目標船舶的識別與追蹤。

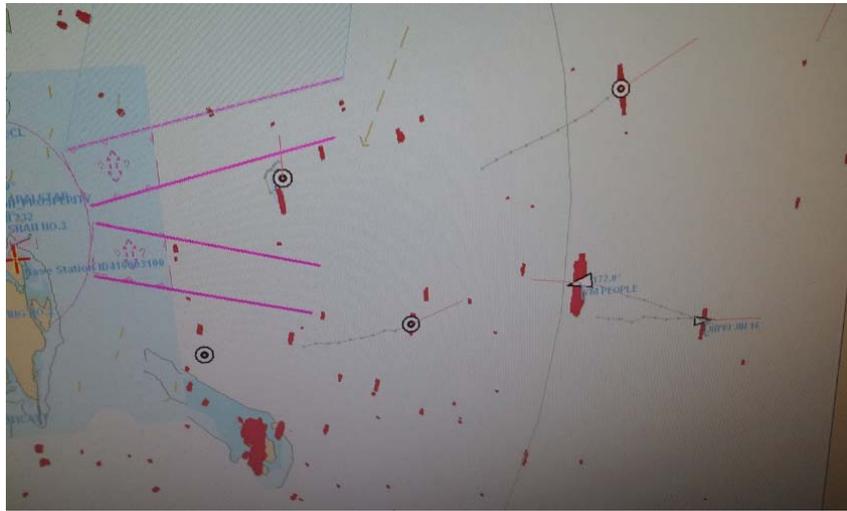


圖 1.6 基隆港整合雷達與 AIS 的 VTS 畫面

圖 1.6 是基隆港更新雷達設備後整合 AIS 顯示的 VTS 畫面，於 100 年 3 月參訪基隆港 VTS 時拍攝，雷達回跡以紅色顯示，圓形符號是雷達目標，已結合 AIS 的雷達目標改以三角形 AIS 符號顯示並標示船名。

1.5.6 無線電助導航設施

目前以 GPS 為主的全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)已成為定位導航與測量的最重要工具。就船舶而言，定位的準確度、完整可靠性、連續性都是安全的關鍵，為此各國多已在其沿岸設置多重覆蓋的 DGNSS 服務。

我國沿岸 DGPS 服務的規劃其實早在 1999 年即已完成，甚至在基隆(海洋大學)建置了 DGPS 服務試驗與監控站運作^[8]提供北部海陸域精確可靠的定位服務達 2 年。可惜後續缺乏建置計畫予以落實。目前除了內政部於 2009 年在苗栗後龍架設的 DGPS 差分修正訊息 Beacon 廣播站之外，並無正式運作之沿岸 DGNSS 服務(軍方所設 DGPS 站亦除外)。

1.6 前兩年研究成果概述

本四年期計畫(2009 -2012) 第一年重點在於完成 LRIT 之因應與應用研究。98 年計畫對於 LRIT 因應方案的研究是隨著國際 LRIT 的發展同步進行的，使研究成果能實際及時應用於國輪 LRIT 設備符合度測試以及我國 LRIT NDC 之建置，包括 NDC 之建置規劃、國際整合程序、招標文件技術規範、運作成本估算以及 DDP 內容等量化資訊與具體方案^[9]。圖 1.7 是從 NDC 的觀點來看國際 LRIT 系統的示意圖。

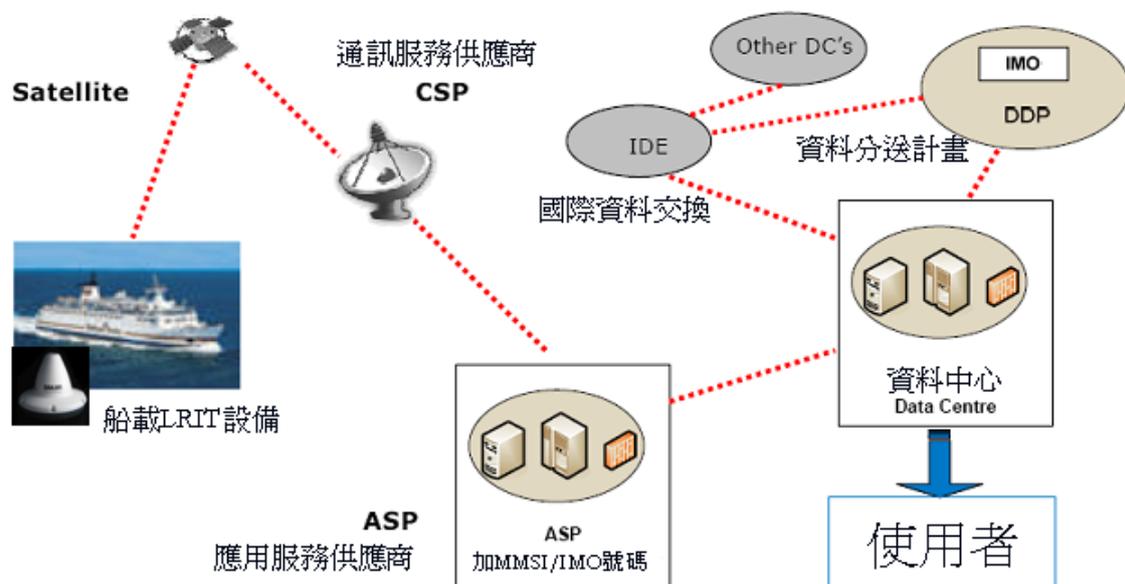


圖 1.7 從國家資料中心 (NDC) 的觀點看 LRIT 系統

第二年計畫的研究成果則是：

- (1) 就 M-ITS 的定位導航效能需求探討系統技術現況，建議我國應設置沿岸 DGNSS 服務，並發展具 RAIM 機制的船舶整合導航裝置。
- (2) 就 M-ITS 的寬頻通訊需求探討技術現況，分析結果是海上多躍式無線通訊網路技術在臺灣三大國際商港 20 浬範圍內約可服務 80-90% 船舶。

- (3) 就 M-ITS 的空間資料庫需求探討資料現況，規劃資料庫內容結構，試驗整合海陸圖資於網路地圖，並於船端提出水深雷達的創新設計。
- (4) 建立船舶交通流統計分析技術與網路應用服務，使沿岸 AIS 網路與 AIS 資料庫落實成為海運研究與交通管理實務應用的重要資產與工具。
- (5) 建構完成智慧船橋系統研發所需的模擬測試平台環境。

1.7 研究範圍與工作內容

本期計畫的研究範圍與工作內容包括：

1. 行動寬頻航行與航運資訊服務之研究

研究並試驗透過船岸與船舶間最新行動寬頻通訊提供航行資訊、航運相關表格填報或網路資訊查詢。

2. 船舶動態資訊融合與決策支援之研究

針對雷達、AIS、VMS、LRIT 等不同系統或技術所取得的商漁船船舶動態資料，建立動態資料融合技術。並以前期計畫建立之交通流分析與統計技術為基礎，建立岸端危機偵測分析與決策支援功能。

3. 港區航行階段無線電助導航定位服務之研究

依據國際標準與最新趨勢，就國內相關系統資源（e-GPS, AIS 等）進行整合試驗，評估我國港區助導航定位服務應如何符合國際海事組織所訂定之性能要求，並提出建置規劃。

4. 智慧型船舶資通訊平台研究

研發平台的多感測來源目標資訊整合顯示、危機偵測、警告訊息管理，及其與上述岸端服務的資訊交換與整合。

1.8 執行情形與報告架構

本計畫於 2011 年 2 月中開始執行，已依規劃時程順利完成。

報告架構如下：

第一章概述計畫目標、背景、國內外相關現況；

第二章探討行動寬頻航行與航運資訊服務；

第三章探討港區航行階段無線電助導航定位服務；

第四章探討船舶動態資訊融合與決策支援；

第五章探討智慧型船舶資通訊平台之設計；

第六章結論與建議

第二章 行動寬頻航行與航運資訊服務之研究

2.1 服務對應的通訊系統需求

2.1.1 通訊應用需求

海事領域對於通訊的應用需求，從最基本的人命安全相關應用，日常業務活動到商業應用，可謂相當多元。茲參考「IALA 海事無線電通訊計畫」整理各類海事通訊應用如表 2-1。

表 2-1 海事通訊應用分類概述

類別	應用
安全	AIS 船位報告 AIS AtoN 航標 數位選擇呼叫(DSC) 遠距識別與追蹤(LRIT) 差分式全球導航衛星系統(DGNSS) 海事安全資訊 (NAVTEX/SafetyNET) 船舶交通服務(VTS)協調 搜索與救助(SAR)的遇險與緊急警示與呼叫
日常業務	氣象資料 船舶報告 向沿岸國的通報 到港通知 IALA 的海事資訊物件 港埠與 VTS 監視資訊 電子航行圖的更新 船舶與設備手冊的取得

類別	應用
	遠端維護與技術服務 遠距醫療
商業應用	航程訂單 商業性港埠服務 業務報告 船員個人通訊 船員再教育 貨物遙測(telemetry) 乘客的網際網路接取 銷售點(Point of Sale)

歐盟的 MarNIS 計畫於 2004 年曾就海事寬頻通訊應用的需求與服務定義提出研究報告，其後歐盟陸續有類似的研究成果。在此綜合參考這些歐盟計畫成果整理分析如下：

全球遇險與安全系統(Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS)、遠距船舶識別與追蹤系統(LRIT)、船舶保全警示系統(Ship Security Alert System, SSAS) 等，訊息量都很少，甚至緊急時才需要傳送，且每筆訊息不到 100Bytes，就運作範圍而言需要用衛星，而且幾乎都是利用收發訊息的資料速率僅 600bps 的海事通訊衛星 Inmarsat-C。

船舶進入船舶交通服務(VTS)或強制性的船舶報告區內必須報告，發生事故必須報告，航道計費與領港費等等也可能以船舶報告為基礎。VTS 與強制性的船舶報告有些可以透過 AIS 或 Inmarsat 位置報告傳送，但通常是從船上採用 e-mail 或傳真送出，每筆訊息約 100Byte~1kB。

基於安全與保安，港口通關要求的報告訊息數不少，每個停靠港大約可達 20 筆，每筆訊息約 1kB~100kB，其中貨物報關這

類訊息比較長。但因船務代理可以代為處理，所以對船舶通訊的影響視船舶營運策略而定。「港口電子通關（Electronic Port Clearance）」功能也可以大幅降低這部份的通訊需求。

船上的電子航行圖必須在船舶進入該海圖適用水域前更新，電子海圖更新需要寬頻，更新單一圖幅內的一個浮標點位置的檔案大小就已大約 3kB，新版的 ENC 圖檔則每幅可達 5MB。

「船舶運作與管理」相關通訊，通常是透過船對船以及船岸之間帶有附件的電子郵件，內容包括航程規劃與更新，以及船員相關事務等。標準的報告要求是每日正午報告燃油消耗、航程細節並適時報告船舶機械相關事務，要求的頻寬其實相當低。

「技術支援」相關通訊已經隨著岸基技術操作管理策略而逐漸普及。主要是為了維護/維修計畫的規劃、遠端協助解決問題或處理立即的問題，而需要使用岸基資訊服務、存取公司的資料庫、與岸上的公司人員互動溝通。訊息長度可能因為帶有歷史資料或影像圖片而相當大。雖然通常是有問題發生時才會使用這類通訊。但這類通訊/資訊交換的價值相當高。

「緊急應變管理」通常以語音無線電通訊處理。但若能結合現場即時影像與數位訊息，透過密集的船岸通訊，其效益相當顯著。在緊急應變方面，寬頻通訊服務可滿足下列需求：災難現場景象的勘查、監控用關鍵環境資料的傳輸、搜救單位所需位置資料的傳輸、和岸基搜救管理中心之間的影音通訊、救援單位之間的影音通訊。數據與影音通訊需要雙向 64kbps，而現場即時全螢幕高解析度影像則需要單向 256kbps。

遠距醫療的通訊服務應滿足船員與乘客的下列需求：

影像醫療協助以及語音/數據通訊

日常醫療照護

遠距醫療監控與診斷

健康照護資訊。

遠距醫療通訊服務前三項需要高度可靠而安全的網路，提供雙向點對點的連線，並且在兩端點之間提供全整合式的服務品質。醫療協助服務特別需要保護病人的隱私權。在資訊安全方面，需要身分驗證、保密性、完整性、不可否認性。最後一項健康照護資訊只需要廣播通訊即可。遠距醫療服務需要較高的可靠性與可維護性，為滿足此需求：其設備應標準化、其軟體元件應標準化、其改正或預防的維護程序都應標準化、應實作遠端維護服務，尤其應具備遠端更新軟體元件的能力。

客輪為了展示對安全運作的承諾，必須能在海上人員與岸上人員、搜救船舶與飛機之間建立可靠而不受天候影響的雙向通訊系統，其通訊服務需求如同「緊急應變管理」。另一方面則為了提升乘客滿意度而有後勤物流與商務相關通訊需求，包括餐飲所需補給、廢棄物管理、旅遊支援服務、e 化金融、e 化預約、線上交易等。這些通訊需求可以與「資訊娛樂」共享通訊頻寬。

海洋測量、石油探勘等較特殊的海上作業船舶則可能要求較高的船岸通訊容量以即時傳送海圖更新資訊、海氣象資訊與預報。

屬於「船員福利」的通訊需求，已愈來愈受到重視。船員個人通訊方面的需求有：影音電話、簡訊與多媒體簡訊、電子郵件以及行動電話附加服務等其他個人通訊服務。船員休閒等福利服務的需求則是接取 IP 骨幹網路，將網際網路延伸至海上船舶。為了安全而有效率地接取網際網路，必須實作下列功能：web 與 DNS 的 Cache 快取、DHCP 動態分配 IP 的伺服器、SMTP relay 郵件轉寄伺服、整合防火牆、NAT 網路位址轉換、服務等級管理。以 5 台個人電腦的區域網路計算，大約需要 512kbps(下載)/128kbps(上傳)。

乘客個人通訊的頻寬需要預期比船員的需求高，這類服務主

要是利用所謂 Mobile Island Network，亦即在船舶與陸地之間透過無線電或衛星通訊實現手機行動通訊，至少需要一個 UMTS 基地台的通訊容量。乘客的娛樂通訊與船員的類似，都需要接取網際網路，但還需要船上的無線網路以連接乘客個人的筆記型電腦或智慧型手機等資訊裝置。

為盡快實現 e-化航行與智慧化海運的效益，海事通訊架構的設計必須先聚焦於一些已知的應用並具備彈性以涵蓋未來需求。

2.1.2 通訊品質相關問題

海上通訊容易有較高的錯誤率，採用衛星通訊時的通訊延遲更是問題，海事軟體公司通常自訂通訊協定，利用'sliding window'等技術對付通訊延遲，用 CRC(Cyclic Redundancy Check)處理資料毀損的問題。

在 Inmarsat A 的時代，以 modem 建立數據連線時可選擇用 'error-corrected' 或 'non-error-corrected' 的連線。'non-error-corrected' 的連線由軟體負責檢測資料是否在傳輸中出錯毀損並負責改正或重送，因此軟體能正確記錄就傳送了多少資料，據以計算費用。

基於網際網路通訊協定 (IP) 的衛星連線，以 TCP(Transmission Control Protocol) 控制資料的傳輸並具備錯誤重傳機制，相當於 'error-corrected' 連線，應用軟體難以掌握資料在 TCP/IP 傳輸中是否有遺失或錯誤重傳的情形。然而大部分衛星通訊費以 IP 層的資料量計費，因此計費的資料量與軟體報告的資料傳輸量之間通常會有差距，若未經適當處理，對於使用衛星通訊的成本效益影響相當大。由於衛星通訊段與陸上固網通訊段的通訊品質差異大，因此通常會將傳輸層 TCP 通訊協定對應切割為兩段，分別採用不同的參數機制，使成本效益最佳化，而相關中介設計就成為各衛星通訊應用服務商的競爭重點。

2.2 寬頻衛星通訊

2.2.1 國際海事衛星組織 Inmarsat

船舶航行遠離海岸無線電台範圍進入公海，其海上通訊終究必須依賴衛星。Inmarsat 是國際公認的行動衛星服務先驅，約在 30 年前建置，使海上船舶能透過同步衛星維持通聯。這些年來 Inmarsat 持續引進新的技術與服務，從 Inmarsat-A,-B,-C, -M, Mini-M, Mini-C, GAN, -D/D+, MPDS 以及 Fleet 系列的 Fleet77,55,33。近年 Inmarsat 又提出屬於寬頻個人通訊的 BGAN 以及針對海事應用的 FleetBroadband 系列服務，以新的衛星提供達 432kbps 的共享頻道 IP 封包交換服務以及 32-256kbps 的串流 IP 服務。依據 Inmarsat 提供的簡介，FleetBroadband 網路的 availability 平均可達 99.99%，提供 FB150, FB250, FB500 三種 FleetBroadband 終端，終端規格如圖 2-1，可支援的應用包括：Email/WebMail、即時傳訊、電子海圖與氣象圖更新、視訊會議...等。但是因為同步衛星離地表高度約 36000km，其訊號傳輸從地面到衛星再到地面無可避免的會有大約 1/4 秒的延遲。

	FB150	FB250	FB500
Data			
Standard IP	Up to 150kbps	Up to 284kbps	Up to 432kbps
Streaming IP	-	32, 64, 128kbps	32, 64, 128, 256kbps
ISDN	-	-	64kbps
Voice	4kbps AMBE+2	4kbps AMBE+2 and 3.1kHz audio**	
Fax	-	Group 3 fax via 3.1kHz audio	Access to efax applications
SMS	Standard 3G (up to 160 characters)		
Antenna			
Diameter from	29.1cm	32cm	60cm
Height from	22.1cm	28cm	63cm
Weight from	2.5kg	3.9kg	16kg

圖 2.1 Inmarsat FleetBroadband 海事寬頻衛星通訊終端規格

FleetBroadband 以 spot-beam 技術利用三顆 I-4 衛星提供涵蓋全球的 L-band (1.5/1.6GHz)寬頻通訊服務 (除了極區以外)。目前 FleetBroadband 的標準 Internet 服務仍採用以 MB 資料量計價的方式，每 MB 資料傳輸 \$13.50(USD)，另訂有每月 126MB/384MB/1GB 等優惠方案，基本費分別是 \$1200/\$3300/\$5500(USD)，超出方案設定之資料量仍以每 MB \$9.5/ \$8.58/ \$5.28 加收費用 (資料來源：2011/4/26 查詢 http://www.groundcontrol.com/FleetBroadband_Service_Plans.htm)

。

FleetBroadband 的另一缺點是：432kbps 只是最高可達的值，如果有多艘船舶在同一衛星波束涵蓋範圍內共用此頻寬，常會因為競爭網路而造成服務品質的劣化。

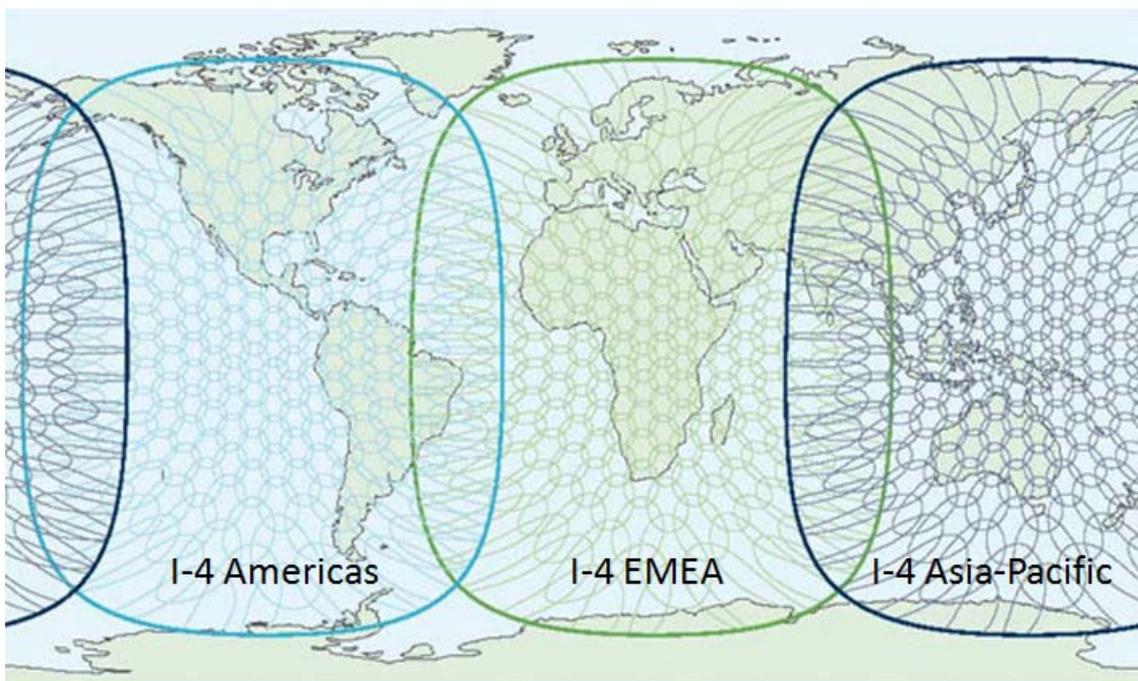


圖 2.2 Inmarsat FleetBroadband 的涵蓋範圍

下一階段，Inmarsat 將以 3 顆 VSAT 衛星於地球同步軌道利用 89 Ka-band 波束提供全球涵蓋，此一稱為 "Inmarsat-5" 的衛星系列將提供下載 50Mbps/上傳約 5Mbps 等級的 Ka-band 衛星通訊服務 (稱為 "Global Xpress")，其終端設備尺寸大約

20cm~60cm。第一顆衛星約可在 2013 年完成，全球運作則設定於 2014 年開始。和現有 L-band 透過 FleetBroadband 500 可得的最高 432kbps 相比，Global Xpress 服務可加快 100 倍以上，但是 Ka-band 的訊號比較容易受雨水衰減而影響此通訊系統在海上環境的可靠度，因此建議與 L-band 搭配，善用 L-band 的一致性與可靠性以及適當狀況下 Ka-band 的高速傳輸。在啟動下一代寬頻衛星通訊計畫的同時，Inmarsat 已正式向國際海事組織表示擬自 2014 年 12 月 31 日起停止提供 Inmarsat-B 服務。

2.2.2 VSAT 與 DVB-RCS

同樣基於同步衛星通訊的還有 VSAT (Very Small Aperture Terminal) 小型衛星地面臺與 DVB-RCS。

DVB-RCS(Digital Video Broadcasting-Return Channel via Satellite)是 DVB 的寬頻通訊設計，是國際標準的雙向通訊衛星網路技術，可提供下載約 40Mbps/上傳約 2Mbps 的速率。DVB/DVB-RCS 是歐盟 MarNIS 等計畫較看好的衛星通訊技術。

Ku-band(12/14GHz) VSAT 採用約直徑 1m 的碟型天線，資料傳輸速率下載 1Mbps(下載最高可達 4Mbps) /上傳 512kbps，由多個服務提供者利用數以百計的同步衛星，各間隔 2-3 度，區域性地涵蓋主要航路，再透過無縫式漫遊擴展有效涵蓋範圍。其語音通訊是利用 VoIP。

VSAT 近來的安裝使用率快速提高，已對 Inmarsat 造成威脅。其原因是 iDirect 公司採用 IP-based TDMA 技術可將頻寬動態配置給各別船舶，提供群組服務品質(Group QoS)功能，在保護高優先序通訊的最低承諾資訊速率(Committed Information Rate,CIR)與服務品質(QoS)設定之外，還能依各船的動態需求調整指配船隊或群組共用的頻寬。對 Inmarsat 更具威脅的是 VSAT 採用不限傳輸量固定通訊費的方案，VSAT 天線設備約 \$30000~\$40000，通訊費每月 \$2000~3000。

KVH 的 mini-VSAT Broadband 可提供下載 2Mbps /上傳 512kbps 的寬頻網際網路。其於 2011 年 3 月新推出的 TracPhone V3 系統號稱具有全世界最小的海事 VSAT 天線，直徑 37cm 重 11kg。TracPhone V3 將透過 KVH 的 Ku-band mini-VSAT 寬頻網路提供 2Mbps 的下載速度，通訊費則是以每 MB 資料 \$0.99 (美金)、全球語音通話每分鐘 \$0.49 (美金) 計算。

2.2.3 Iridium 鈹衛星

鈹衛星 (Iridium) 是值得注意的低軌衛星系統 (Low-Earth Orbiting, LEO)。Iridium 目前運作中的第一代是由 66 顆低軌衛星組成，衛星與衛星之間互相連結形成網狀網路。Iridium 單一通道的資料速率約 4.7kbps，資料連線的來回延遲時間約 1.8 秒，若使用其遠端壓縮軟體可得 10kbps 的資料速率。

Iridium 最新提供的 "OpenPort" 服務，提供 3 條電話線和一條可提供 9.6~128kbps 的 IP-based 數據通訊連線，據稱通訊範圍涵蓋全球無缺口，包括南北極區。Iridium SBD (Short Burst Data) 則是透過信令通道傳送小封包資料，用 AT 指令控制。OpenPort 使用直徑 57cm 的全向性天線，不需要穩定平台。Iridium 規劃的下一代衛星 "Iridium NEXT" 預計於 2014 年開始發射，原預計可於 2016 年前開始運作，新的訊息是至少 2017 年才能完成部署。

Globalstar 也是低軌 (LEO) 衛星通訊系統。Globalstar 規劃整合其 24 顆第二代衛星與 2007 年發射的 8 顆第一代衛星，這 32 顆衛星的組合於 2012 年完成後，將能在 IMS (IP Multimedia Subsystem) 架構中提供達 256kbps 的資料速率。

2.3 海上地面無線通訊系統

智慧化海運系統需要的通訊技術必須能以足夠低的成本支援船岸之間與船舶間有效率的資訊交換。雖然寬頻衛星可充分涵蓋船舶航行範圍，但傳統上被國際公約規範要求的必備服務都是不對使用者（船舶）收費的，e 化航行仍應以地面無線電通訊技術為優先考量，智慧化海運也應盡量從港口與岸台透過地面無線電技術延伸涵蓋距離。

隨著無線通訊技術的發展，新一代行動通訊系統將為地面通訊提供接近 1 Gbps 的寬頻通訊服務，使用者實際可體驗的接取速率已達 10Mbps 甚至 100Mbps 等級。4G LTE (Long-Term Evolution)，資料速率預期可達下載 300Mbps/上傳 80Mbps。然而現有海上無線通訊系統的傳輸速率卻仍然在 10kbps~100kbps 等級。

挪威 Telenor Maritime Radio 發展的第 1 代數位特高頻 (D-VHF) 以 9 個 25kHz 寬的 VHF 頻道提供 133kbps，通訊距離約 130 公里，已佈建涵蓋長達 2,400 公里的挪威海岸線以及部份北海與挪威海。第 2 代 D-VHF 方案預期可將通訊容量提高至少 3 倍。

船舶接近港口或近岸航行時，或許可利用陸上的行動通訊基地台。但是其可用通訊距離相當有限，也因為其基地台規畫是依據陸上用戶之需求與分佈，對海上使用者而言，常會有不斷切換基地台的問題，通訊效果大打折扣。為了使沿岸航行的海上用戶能使用相對較低成本的寬頻無線通訊連接網際網路，最可行的方式似乎是利用海上平臺、船舶、標杆或浮標等形成海上網狀網路，以 multi-hop 的方式有效延伸通訊距離，連接至岸台接取陸上網路，如圖 2.3。

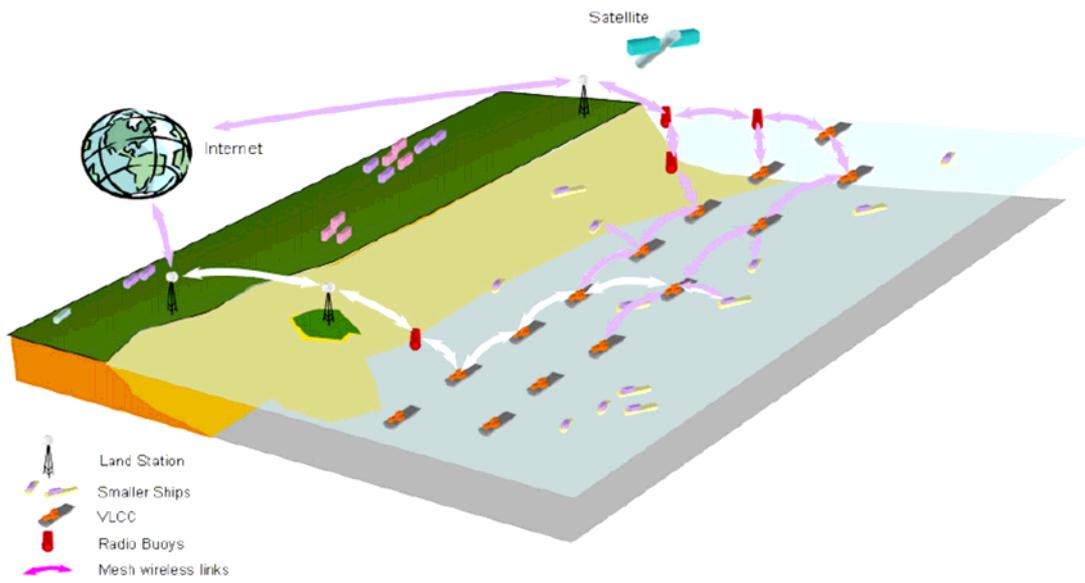


圖 2.3 海上網狀網路示意圖(Report ITU-R M.2202)

2.4 海上網狀網路(Maritime Mesh Network)

2.4.1 海上網狀網路的技術提案

關於網狀網路的研究已持續數十年，至今也已有一些關於網狀網路的通訊標準，例如：IEEE 802.11 無線網路系列標準中的網狀網路修正案 IEEE 802.11s 以及 IEEE 802.16-2004 的網狀網路技術。這兩種標準在實體層都採用了 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)技術。IEEE 802.11s 的通道媒體存取控制(MAC)採用 CSMA/CA 技術，較適用於數百公尺內的短距離通訊，而 IEEE 802.16-2004 標準則是採用 TDMA(Time Division Multiple Access)，要使用通道傳輸資料前必須先預約。

雖然 IEEE 802.16-2004 的 mesh 技術似乎已是較不受行動通訊領域關注的技術，但是 TRITON 計畫的實測與模擬結果卻發現該技術很適合用於海上寬頻通訊。

2.4.2 海上電波傳播的路徑損耗特性與船舶運動的影響

TRITON 計畫針對路徑損耗做了許多相關實驗^[13]，在” Path Loss Measurements in Sea Port for WiMAX”一文中，環境設置是用訊號產生器產生 5.8GHz 功率 1W 的連續波，傳送端與接收端天線增益皆為 12dBi，接收端的天線高度距離海平面 8m，傳送端的天線高度分為 185m、76m、4m。其結論是：在有良好的視線 (Line-Of-Sight, LOS)條件下，海上電波傳播通道模型可以使用 Two-Ray model。

所謂 Two-Ray 是指直接波與地面反射波。在電波行進方向與海面夾角呈掠角（此時入射角接近 90 度）的條件下，可推導其電磁波干涉結果如圖 2.4。圖中的路徑損耗指數 $n_1=2$ 與 $n_2=4$ ，分別指相對訊號強度與天線間距離的 2 次方與 4 次方成反

比；在距離近時其路徑損耗情形趨近於 $n=2$ 的自由空間損耗(Free space loss)模型，但有高低起伏，距離遠時則以 $n=4$ 更快速地衰減。

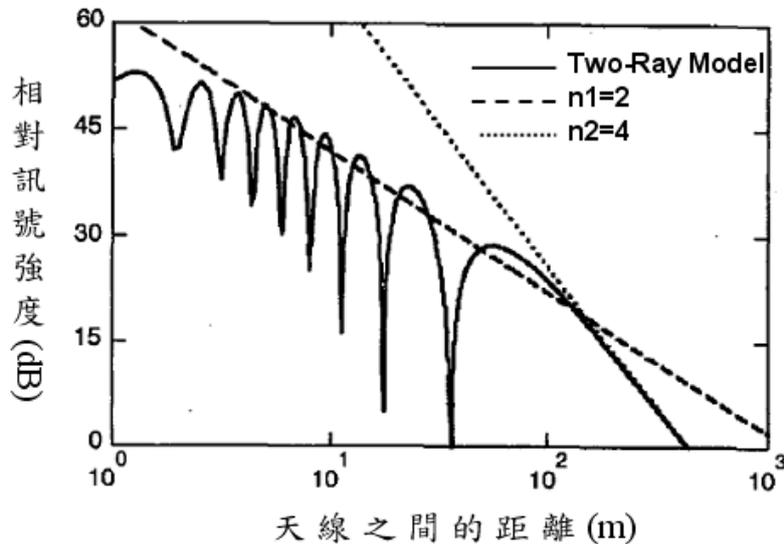


圖 2.4 Two-Ray Model 的路徑損耗變化示意圖

TRITON 的實測結果在交叉點距離內， n 值接近 2，而且訊號強度隨距離高低起伏振盪與 Two-Ray model 的特徵吻合，卻發現超出交叉點距離外時的路徑損耗指數 n 遠大於 Two-Ray Model 的 $n=4$ ，表示信號將會急速衰減，限制訊號的傳輸距離。此外，海浪會造成船舶與浮標上的天線移動與高低起伏，間接影響通訊。

改變天線的傾斜角度對接收訊號強度的影響也是很明顯的。TRITON 計畫曾評估海面運動對天線增益與路徑損耗的影響，認為只要海浪的運動不會造成天線傾斜角度大於波束寬，則收發兩端的天線增益也就不會改變太大（在 3dB 以內）。舉例來說，當在海況等級 6，距離為 1km，船的長寬分別為 64m 與 8m，天線高度為 16m，天線最大傾斜角度為 10° 。天線增益最大變化量大約為 1dB。因此藉由發收兩端天線的傾斜而造成接收功率的變化量約為 2 dB。然而，如果採用較高的天線增益以提高每次跳躍的傳送距離，則此增益變化量將會有很大的影響。因為較高

的天線增益對應到較小的波束寬，進而增加對天線傾斜角度變化的敏感度。

TRITON 也探討了海面運動對於電波傳播模式所計算之路徑損耗的影響。從圖 2.4 取 Two-Ray Model 與 $n=2$ 的 Free Space Model 的相對訊號強度差異值，可看到當天線高度與頻率固定時，在接近某些距離點時，有 loss peak 的存在。天線高度改變時，這些 loss peak 的位置(天線距離)會移動。依 TRITON 的推算，當兩端天線高皆為 18.5m，天線距離 5.6km 時的 $\Delta\text{path loss}/\Delta\text{height}$ 約為 13dB/m。也就是說當船舶因海面運動而使得發收兩端天線高度變化量增減 1 公尺時，loss peak 的移動會導致路徑損耗變化量增減 13 dB。當在海況等級 6 時，浪高會達到 4 公尺，對於 loss peak 附近的路徑損耗變化量影響非常明顯。因此，在選擇多次跳躍轉遞路徑時應避免選擇這樣的鏈路。

2.4.3 海上網狀網路的连接性與通訊距離

要利用海上船舶形成網狀網路，則無線電的傳輸距離應大於相鄰船舶之間的距離。要透過中繼、多次跳躍轉遞、網狀網路等延伸通訊距離，其基本要件是要有適當的中繼節點，至少應從船舶的移動模型確認是否具備足夠的「連接性」，評估可行的延伸距離或範圍。

TRITON 曾經從新加坡港船舶交通動態資料取兩天各 10 小時各約 132 與 104 艘船的 AIS 紀錄，評估要達到 90% 網路連接性的關鍵通訊距離。設定目標是連接海上的節點（船台或 SS）與岸台（基地台或 BS）；設定的條件則是：SS 要連接到 BS，必須至少要有一個路由，而整個路徑長度最多不能超過 3 次跳躍 (hop)，因為如果不限制 hop 的數量可能會導致過多的通訊延遲。其最後結論是：要在新加坡東海岸形成有效的海上網路，BS 對 SS 的涵蓋範圍最少要有 15km，而 SS 對 SS 的涵蓋範圍至少要有 8km。

新加坡 Institute of Infocomm Research 在 2011 年 2 月的 e 化航行國際會議中發表了在新加坡海峽與挪威特隆赫姆峽灣兩地的海上寬頻通訊實測結果。實測時船台的天線結構是由 12 個天線單元所組成，每個象限用一組分別傾斜 $0^\circ, +5^\circ, -5^\circ$ 的三個 90° 扇形天線，以便隨時從中選擇最適當的天線，減低船舶縱搖橫搖等運動的影響。通訊節點的媒體存取控制層採用簡化的 802.16 mesh MAC, 實體層傳輸則利用 802.11a 的 OFDM 正交多頻分工調變技術。

在新加坡進行的測試，船岸天線高分別是 4.5m 與 8m，比較 2.3GHz (等效全向輻射功率 $EIRP=2W=33dBm$, 接收天線增益 $\sim 13dBi$) 與 5.8GHz ($EIRP=4W=36dBm$, 接收天線增益 $\sim 16dBi$) 兩種情況。他們以 Two-Ray ground 電波傳播模型計算路徑損耗，以 10dB 為鏈路餘量，試算的結果是：採用 5.8GHz 操作頻率時的通訊距離應可達到 8km，2.3GHz 則可達 6.5km。但實際上以 6Mbps 的資料傳輸速率測試 UDP(User Datagram Protocol) 封包的接收率，結果 5.8GHz 在實測的 6km 距離內封包丟失率都在 5% 以下，2.3GHz 的通訊效果卻在 2km 就開始明顯劣化。他們認為：原因主要在於頻率愈低，其 Fresnel's Zone 的淨空要求愈嚴格，也就是說兩端天線要愈高，才能維持電波傳播的 LOS (line-of-sight) 不受地表曲面凸出(Earth Bulge)的遮蔽影響。

在挪威峽灣的測試只採用 2.3GHz，船臺與岸臺的天線高分別是 6m 與 25m，EIRP 分別是 +43dBm 與 +55dBm。其以 14km 距離估算得到的船岸通訊仍可以有 35dB 的鏈路餘量可因應環境造成的額外衰減(稱之為 fade margin)，以 6km 距離估算得船臺對船臺通訊的 fade margin 有 32dB，因此船岸通訊以 2km~14km 為測試範圍，船間通訊以 1~9km 距離為實測範圍。結果船岸通訊在 14km 範圍內的封包丟失率都小於 5%，但在 4km 以內卻是距離愈近封包丟失率愈高，收訊強度也明顯劇降，顯然是因為船岸天線高度差異大以致波束在垂直角度上無法對準。船間通訊在

6km 範圍內效果良好，超過 6km 則封包丟失率明顯受到干涉現象影響而忽高忽低。上述船岸通訊的測試方式是：船停在離岸臺不同距離處測量並紀錄。船間通訊的測試方式則是：在移動中的船舶與靜止的船舶之間持續傳送（用 1000 個 40 byte 的封包）。船岸通訊測試的 14km 距離大約已達 Fresnel's Zone 的限制，也剛好已到達峽灣的對岸，但收訊強度顯示尚未到達系統的極限，因此他們認為如果船岸兩端的天線再提高，涵蓋 20km 應該沒問題。

新加坡資通訊研究所在新加坡海峽與挪威特隆赫姆峽灣兩地的海上寬頻通訊實測報告與相關研究成果已成為國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)的 2011 年出版的報告 Report ITU-R M.2202: Maritime Broadband Wireless Networks。

2.5 海上網狀網路之規劃與評估

2.5.1 通訊距離與天線高度

海上網狀網路是由船岸之間以及兩船之間的 LOS (line-of-sight) 傳輸所構成。LOS 電波傳播的路徑損耗與距離的關係幾乎都是呈現出雙斜率的特性：以路徑損耗指數 n 表示，斷點距離內 $n \leq 2$ 衰減緩慢，超出斷點後 $n > 2$ 呈現較為急遽的衰減。電波傳播相關文獻都是以一直接波與一地面反射波的 two-ray 情境作理論推導的，如圖 2.5。

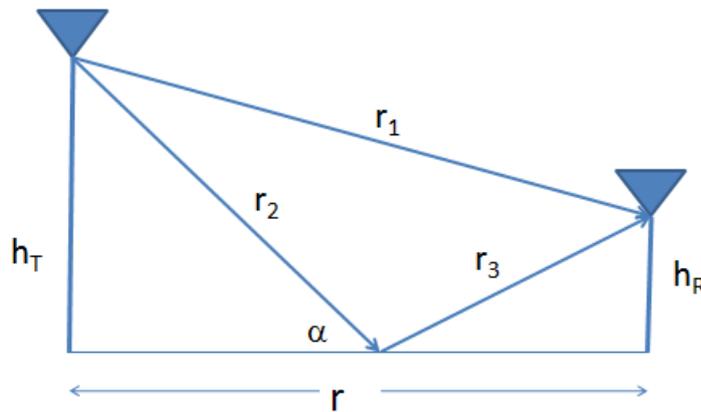


圖 2.5 Two-Ray Model 的幾何示意圖

模型類似，但是各文獻所提或所用的兩段間斷點距離公式卻有所不同，有些採用 $r_b \approx \frac{4h_T h_R}{\lambda}$ ，也有從兩區段漸進式的交叉點推得 $r_b \approx \frac{8.41h_T h_R}{\lambda}$ 並以多個文獻中 microcell 實測試驗的結果支持其公式的適用性；新加坡港為佈設 WiMAX 所做的 5.8GHz 海上傳播試驗則是採用 $r_b \approx \frac{20h_T h_R}{\lambda}$ 。為確認並釐清這些公式之間的意義與差異，因此我們從電磁波基本理論推導整理如下：

如圖 2.5，假設發射天線與接收天線的高度分別是 h_T 與 h_R ，

則等向性天線接收到直接波與地面反射波的路徑長度差異 $\Delta r = (r_2+r_3)-r_1$ ，此路徑長度差造成的相位差 $\Delta\phi=k \cdot \Delta r$ 可表示如下：

$$\Delta\phi = k \cdot \Delta r = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot r \cdot \left[\left(1 + \left(\frac{h_R + h_T}{r} \right)^2 \right)^{1/2} - \left(1 + \left(\frac{h_R - h_T}{r} \right)^2 \right)^{1/2} \right]$$

若 $r \gg (h_R+h_T)$ ，則可得 $\Delta r \approx \frac{2h_T h_R}{r}$ $\Delta\phi \approx \frac{4\pi h_T h_R}{\lambda \cdot r}$

接收功率 P_r 與發射功率 P_t 的關係如下：

$$\begin{aligned} P_r &= P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \left| \left(\frac{1}{r_1} \exp(-jk r_1) \right) \right|^2 \left| 1 + \Gamma(\alpha) \frac{r_1}{(r_2 + r_3)} \exp(-jk\Delta r) \right|^2 \\ &= P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \left| 1 + \Gamma(\alpha) \frac{r_1}{(r_2 + r_3)} \exp(-jk\Delta r) \right|^2 \end{aligned}$$

其中 $\Gamma(\alpha)$ 是反射係數， θ 是入射角

$$\Gamma(\theta) = \Gamma\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = -\frac{\cos\theta - \frac{1}{\epsilon_r} \sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}}{\cos\theta + \frac{1}{\epsilon_r} \sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}} \text{ for vertical polarization}$$

$$\Gamma(\theta) = \Gamma\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \frac{\cos\theta - \sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}}{\cos\theta + \sqrt{\epsilon_r - \sin^2\theta}} \text{ for horizontal polarization}$$

海水的導電係數 $\sigma=5 \text{ S/m}$ ，相對介電常數是 81，故 $\epsilon_r = 81 - j(5 \times 60\lambda)$ 。當 $r \gg (h_R+h_T)$ ， α 接近於 0，水平極化的反射係數接近-1，而垂直極化的反射係數接近+1。

若以水平極化低掠角的反射係數 $\Gamma=-1$ 代入，可得

$$\begin{aligned} P_r &= P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 |1 - \exp(-jk\Delta r)|^2 = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 |1 - \cos(k\Delta r) + j \sin(k\Delta r)|^2 \\ |P_r| &= |P_t| \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 |1 - 2 \cos(k\Delta r) + \cos^2(k\Delta r) + \sin^2(k\Delta r)| \\ &= |P_t| \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot 2 \cdot |1 - \cos(k\Delta r)| = |P_t| \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \cdot 4 \sin^2\left(\frac{k\Delta r}{2}\right) \end{aligned}$$

當 $\Delta\varphi = k\Delta r \approx \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\left(\frac{2h_T h_R}{r}\right) \approx \pi$ ， $\sin\left(\frac{k\Delta r}{2}\right) \approx 1$ 為其最大值，對應的距離 $r \approx \frac{4h_T h_R}{\lambda}$ ，這是大多數文獻所採用的 Two-Ray Model breakpoint 距離公式， $r_b \approx \frac{4h_T h_R}{\lambda}$ 。

若取路徑相位差 $\Delta\varphi \approx \frac{4\pi h_T h_R}{\lambda \cdot r} \approx 0.6$ (radian)，則 $r \approx \frac{20h_T h_R}{\lambda}$ ，此即新加坡港 5.8GHz 電波傳播路徑損耗分析所用的斷點距離公式。

距離遠超出斷點距離後， $\Delta\varphi = k\Delta r \ll 1$ ，路徑損耗如下：

$$\frac{|P_r|}{|P_i|} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \cdot 2 \cdot |1 - \cos(k\Delta r)| \approx \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 \cdot 2 \cdot \frac{(k\Delta r)^2}{2} \approx \frac{(h_T h_R)^2}{r^4}$$

由此可得 Two-Ray Model 路徑損耗的變化如圖 2.4，一開始趨近於 $n=2$ (相當於 Free Space Model)，距離夠遠後趨近於 $n=4$ 。

採用 $r_b \approx \frac{4h_T h_R}{\lambda}$ 的斷點距離，其實相當於地面開始遮蔽 first Fresnel Zone 時的收發天線距離，公式如下。

$$d = \frac{1}{\lambda} \sqrt{(\Sigma^2 - \Delta^2)^2 - 2(\Sigma^2 + \Delta^2)\left(\frac{\lambda}{2}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2}\right)^4}$$

$$\text{其中 } \Sigma = h_T + h_R \quad \Delta = h_T - h_R$$

就較高頻率而言，上式可簡化為 $d = \frac{4h_T h_R}{\lambda}$ ，就 900MHz 以上的頻率而言，以此簡化公式試算斷點距離誤差僅約 0.1m。

Xia 等人^[15]針對 900MHz 與 1900MHz 頻帶 LOS microcell 個人通訊的電波傳播，以此斷點定義 microcell 基地台涵蓋範圍。Xia 等研究的距離範圍最遠只到 2km，並未考慮地球曲面的影響，因此公式內只有天線高與波長，不含地球半徑。以 2km 距離而言，地球表面與平面的差距（稱之為 Earth bulge）約只有

0.06m，也確實可以忽略之。但是當通訊距離達 8km 時，Earth bulge 已將近 1m，因此海上網狀網路通訊應考慮 Earth bulge 的影響。

對應於圖 2.6 的 Earth bulge b 計算公式^[14]如下：

$$b \approx \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot R_{e(\text{eff})}}$$

$$R_{e(\text{eff})} = \text{effective Earth radius} = R_e \cdot K_e$$

$$K_e = \text{effective Earth radius factor} = 4/3$$

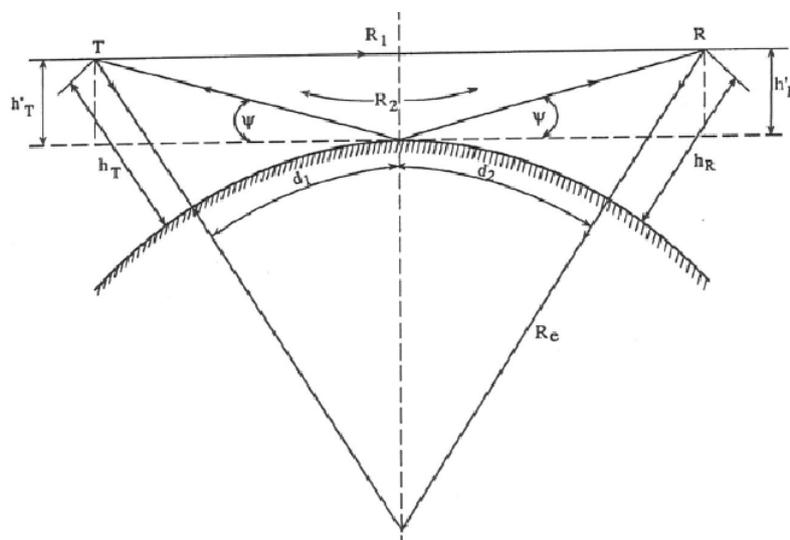


圖 2.6 推算 Earth Bulge 影響用的幾何示意圖

新加坡港的 2007 年 WiMax 實測結果雖然皆大致符合 Two-ray model，但是超出 breakpoint 距離後的衰減卻是明顯高於 $n=4$ （高達 $n=6.1\sim 7.5$ ），對此該論文並未再深入探討這一點。直到新加坡 Institute of Infocomm Research 在 2011 年 2 月的 e 化航行國際會議中發表在新加坡海峽與挪威特隆赫姆峽灣兩地的海上寬頻通訊實測結果，才指出 Earth bulge 與 Fresnel Zone 淨空是影響海上網狀網路 single hop 通訊距離的重要關鍵。新加坡港 2007 年的 WiMax 實測的天線高是 4m，對應的斷點距離是 12km，依此距離計算 Earth bulge 已可達 2m，就 1st Fresnel Zone 而言此 Earth bulge 已成為電波傳播的顯著障礙。

依據 Fresnel Zone 的定義，第 n 個 Zone 是由符下列條件的軌跡點組成的： $a + b = d_1 + d_2 + \frac{n\lambda}{2}$ ，示意如圖 2.7。由此可推算 Zone 的半徑 r_n （相當於路徑差等於半波長的 n 倍時的高度）。

$$\text{當 } r_n \ll d_1 \text{ 且 } r_n \ll d_2 \text{ 時 } r_n \approx \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

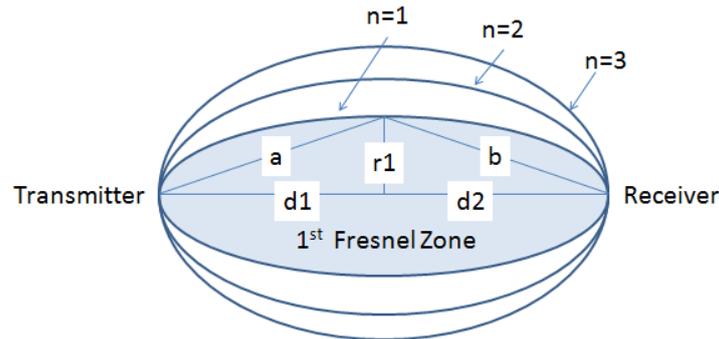


圖 2.7 推算 Fresnel Zone radius 的幾何示意圖

障礙物或遮蔽物侵入 first Fresnel Zone 的範圍愈大，對電波造成的衰減愈明顯。一般以 $0.6Z_{\text{zone}}$ 為界，也就是在收發兩端天線連線的 $0.6r_1$ 範圍，對應於繞射衰減 0dB；進入 $0.5Z_{\text{zone}}$ 造成的衰減約 0.5dB。

2.5.2 設站規劃工具之設計

為了規劃海上網狀網路時評估天線架設高度與可得通訊距離之需，本計畫首先依據前節所列公式，以 Java 程式語言設計試算工具並搭配 Excel 繪圖，然後與新加坡之實測結果比較，驗證其正確性。接著針對幾個可能會用到的情況，試算後提供快速參考的圖。基於海上網狀網路的通訊特性與需求，在設計此試算工具時，以 Earth bulge 對 first Fresnel Zone 造成遮蔽而致電波繞射衰減顯著為限制距離的主要因素。

首先驗證此試算工具的正確性，並確認新加坡資通訊研究所 在 ITU-R M.2202 報告中提出的圖是以何參數為界。圖 2.8 比較

的是船岸通訊距離的計算結果。設定條件是：頻率 2.3GHz, BS 天線高 25m, SS 天線高=6m, 都以 1st Fresnel Zone 的 0.5 為界限。圖 2.9 比較的是兩船台之間通訊距離的計算結果。設定條件是：頻率 2.3GHz, 兩船臺天線高分別是 9m 與 6m, 都以 1st Fresnel Zone 的 0.5 為界限。從這兩組比較可知我們的計算是正確的，也可推知新加坡資通訊研究所是採用 1st Fresnel Zone 的 0.5 為界限。

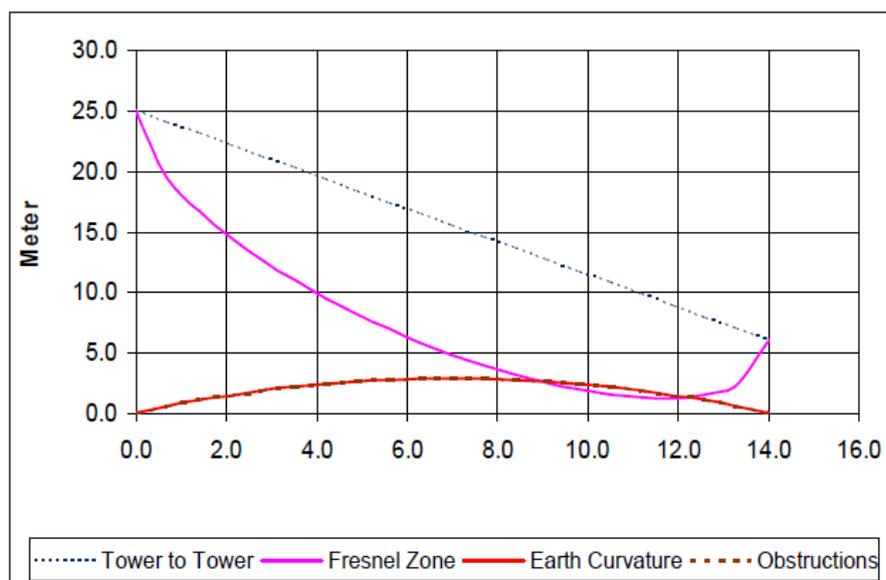
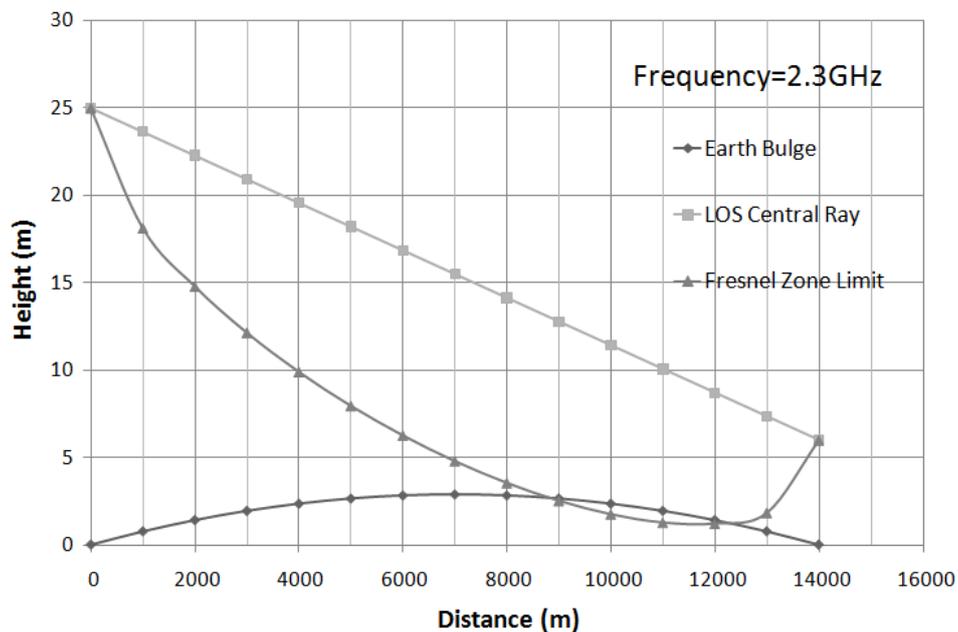


圖 2.8 本計畫(上圖)與新加坡(下圖)船岸通訊距離試算比較

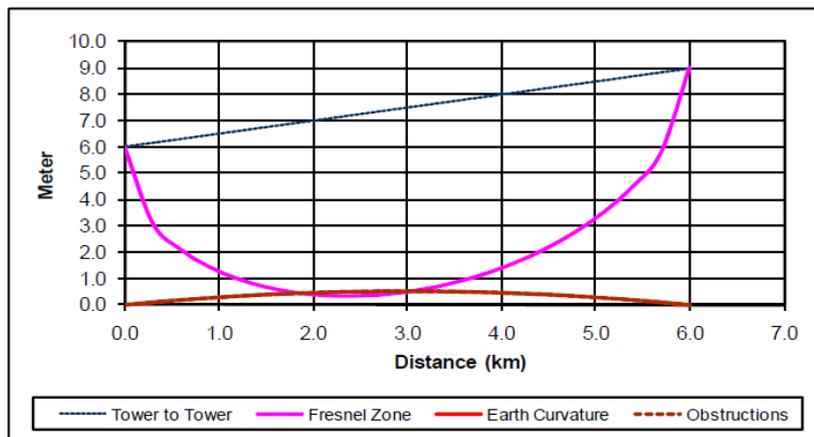
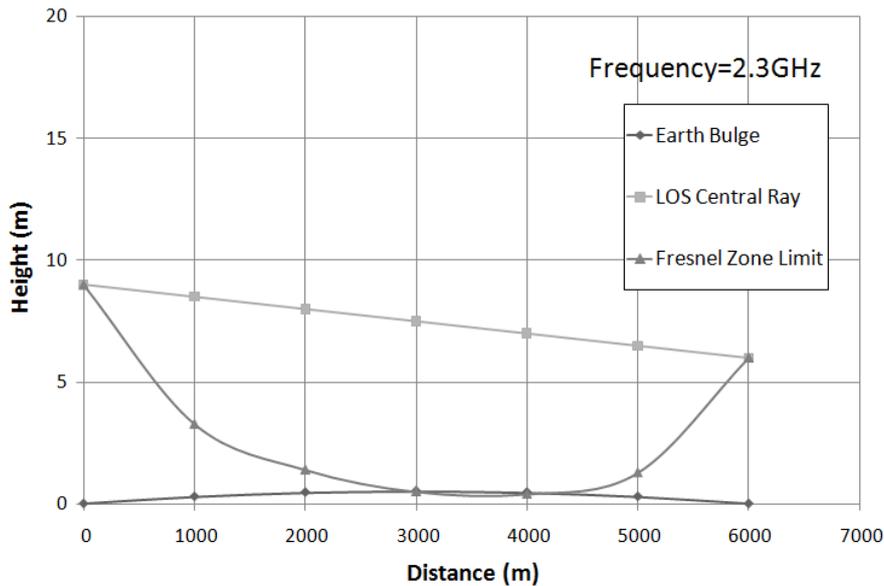


圖 2.9 本計畫(上圖)與新加坡(下圖)船間通訊距離試算比較

接著以此工具就可能的應用情境，以曲線圖的方式提供快速參考應用。

應用情境一：兩船之間的通訊。假設兩船天線高度相等，計算所需的天線高度，結果如圖 2.10。該圖圖例標示的 0.6Zone 與 0.5Zone 指的是 Earth Bulge 已進到兩端天線之間 first Fresnel Zone 半徑的 0.6 與 0.5 區域內。圖 2.11 是取 5.8GHz 頻率，等高的兩船臺天線相隔 18km 時 Earth bulge 已觸及 Fresnel Zone Limit 的情形，以對照顯示圖 2.10 計算的正確性。

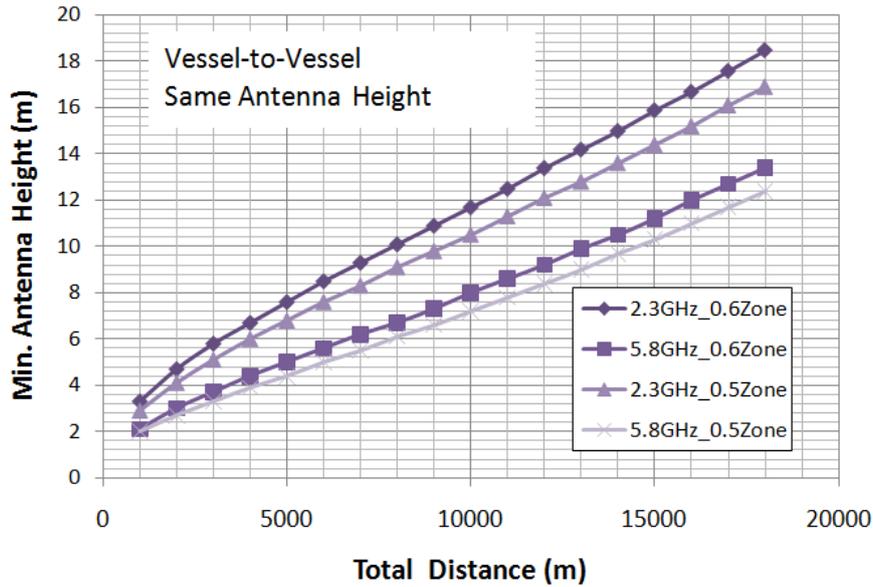


圖 2.10 就船舶間的通訊距離試算所需天線高度

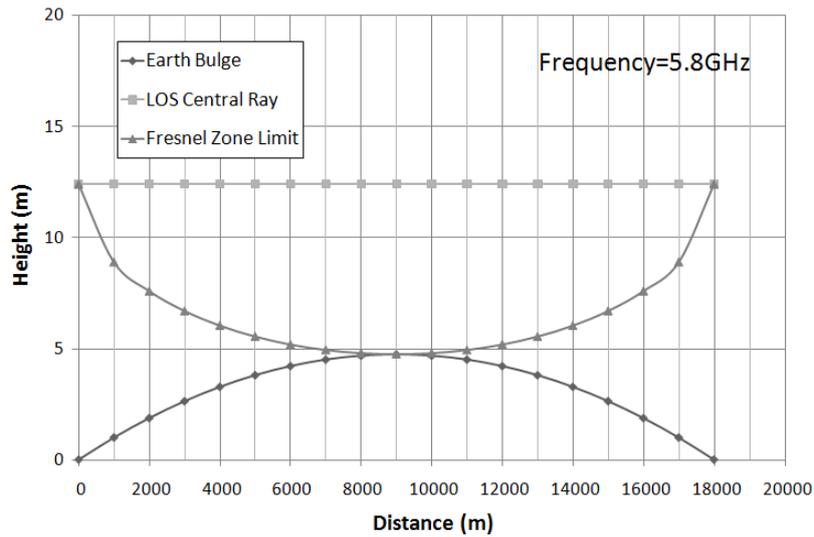


圖 2.11 天線高度試算的正確性驗證-兩端高度相同時

應用情境二：船岸之間的通訊。設定岸臺天線高 25m，試算不同船岸距離時船臺天線需要多高，其 LOS 通訊才能不受 Earth Bulge 遮蔽的影響，結果如圖 2.12。圖中同樣列出 0.6Zone 與 0.5Zone 兩組數據，圖例中僅標示通訊頻率的曲線即是以 0.6Zone 為界的結果。此 min. Antenna Height 計算的正確性驗證如圖 2.13。

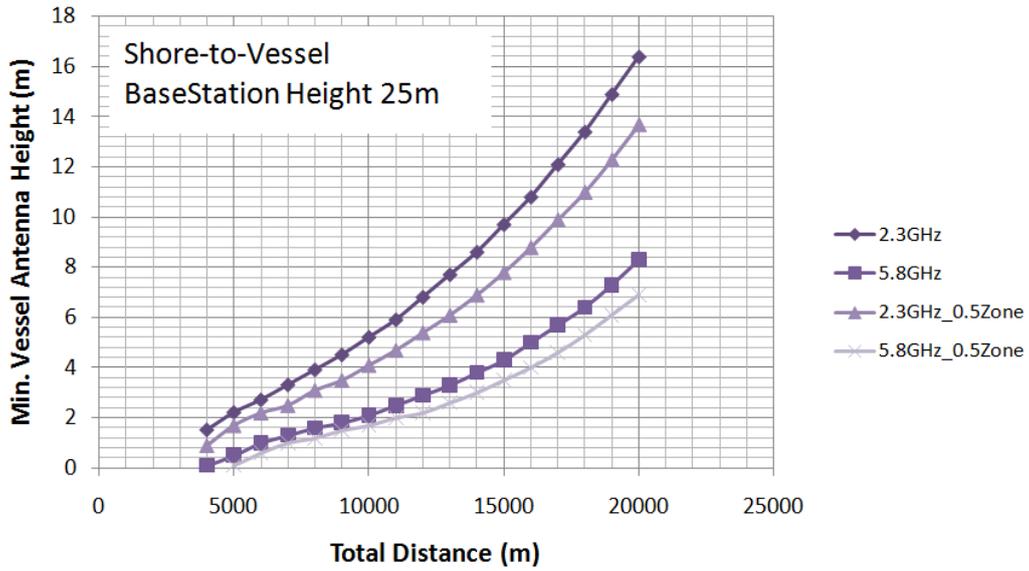


圖 2.12 就船岸間的通訊距離試算所需船臺天線高度

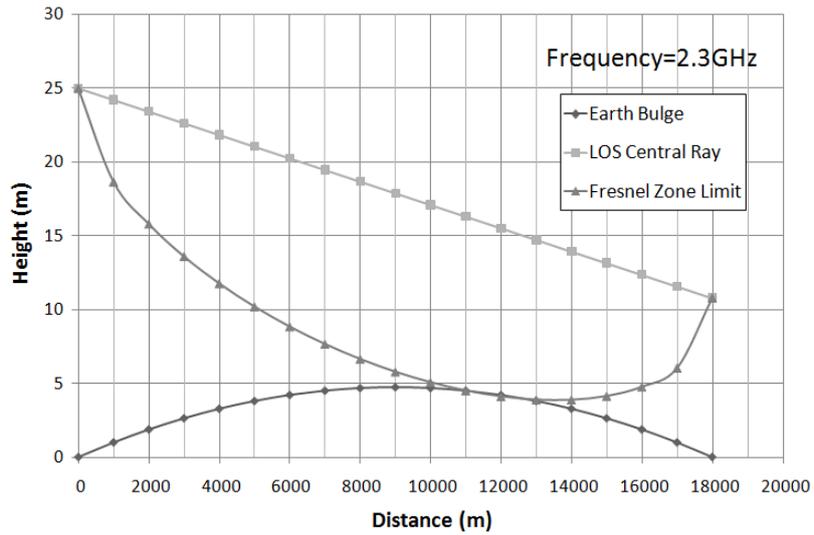


圖 2.13 天線高度試算的正確性驗證-兩端高度不同時

2.5.3 臺灣沿岸可得的網路連接性分析

海上網狀網路的實現得要有適當的海上通訊節點，無線通訊距離的限制和船舶之間的間隔必須能配合，才能有效利用船舶做為海上通訊節點，延伸至岸上與寬頻網路相連。新加坡資通訊研究所曾就對此問題進行模擬分析^[12]。其方法大致如下：取新加坡港分道航行的兩相反方向航道內的船舶的 AIS 報告資料，以 curve fitting 的方式得出船舶抵達的時間間隔模型和船速分佈的船舶運動模型，再於簡化的航道模型中進行模擬，如圖 2.14，模擬時以 Dijkstra 最短路徑演算法決定傳輸路徑。茲摘錄其分析結果整理如表 2-2，連接性的定義是：連接的船數/總船數。

表 2-2 新加坡 (ITU-R M.2202)的網路連接性模擬結果

	BS 位置間隔	BS-SS 距離	SS-SS 距離	連接性
1	54km	30km	18km	100%
2	38km	30km	10km	94%
3	58km	30km	10km	90%

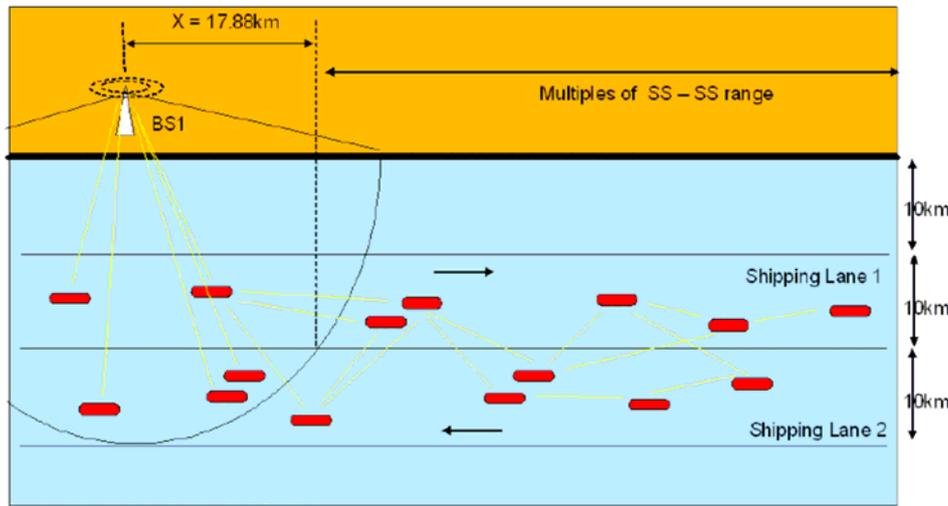


圖 2.14 ITU-R M.2202 中的網路連接性模擬模型

本計畫第二年(99年)曾依船岸 15km、船舶間 8km 的距離參數，利用台灣沿岸 AIS 網路接收的船舶動態記錄，每隔一小時擷取瞬間船位分佈後以自行開發軟體分析統計海上網狀網路在台灣沿岸海域的連接性。在此連同今年度計畫更完整的分析一併整理如下：

在判斷船舶是否可連接海上網狀網路這部分，我們提出的演算法是以 DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise) 演算法為基礎設計實作的。

DBSCAN 的概念是：在一組資料集合內，若某些資料的特性或空間分佈相當密集，則這些資料點將會被歸類在同一個群聚內，而其他離散的資料點將會被歸類成雜訊點。在 DBSCAN 演算法中，使用者必須設定核心點鄰近區域的半徑 (Eps) 以及鄰近區域內資料點數的門檻值 (MinPts) 兩個參數。從資料組中任取一點為中心，只要在該點半徑 Eps 鄰近區域內的資料點數大於門檻值 MinPts，則這些資料點形成群聚，而該中心點即為核心點。若此群聚中其他點周圍 Eps 半徑內的資料點數也大於門檻值 MinPts 則這些 Eps 半徑內的資料點也將被納入同一群聚內，以此延伸該群聚。群聚中周圍資料點數不足 MinPts 者已是邊緣點，無法從該點再延伸。當群聚內的點都已無法再延伸時，則另取其他未被處理過的資料點為中心點計算是否構成群聚以及是否能再延伸。當資料組所有點都被處理過而仍無法歸屬於任一群聚者，則稱為雜訊。

我們以 DBSCAN 演算法為基礎，但只允許以岸台為初始核心點延伸所形成的群聚，並在延伸群聚過程中紀錄每個資料點的 hop 值，取 MinPts = 3，由岸台延伸的 Eps = 15 公里，由船台延伸的 Eps = 8 公里。以此實作設計軟體後，取台灣沿岸 AIS 動態資料庫的歷史資料，分別就三大國際商港與台灣沿岸 AIS 船舶進行分析。

以 2010 年 6 月每日每小時 AIS 船位快照分析高雄港、臺中港、基隆港 20 浬距離內船舶，結果可於 3 hops 內連接到岸台的比例如圖 2.15-17，其中 0% 的情況是指該時間無 AIS 資料可用。扣除可能因收訊狀況而致船數異常少的情況後，統計整理如表 2-3：若在國際商港設岸台，則在這三個國際港 20 浬範圍內的船舶可於 3 hops 內與岸臺建立通訊的比例都達 90% 以上，但主要仍是 1 hop 的直接通訊。利用到網狀網路特性的 2 hops 與 3 hops 所佔比例，平均值最高的是高雄港的 3%，其最大值約 13%。

表 2-3 國際商港 20 浬範圍內可多躍延伸通訊的平均比例

港口	船數(艘)	1 hop	2 hops	3 hops 內
高雄港	89.6	91.1%	2.0%	93.8%
基隆港	29.1	91.7%	0.6%	92.4%
臺中港	55.1	94.2%	0.3%	94.6%

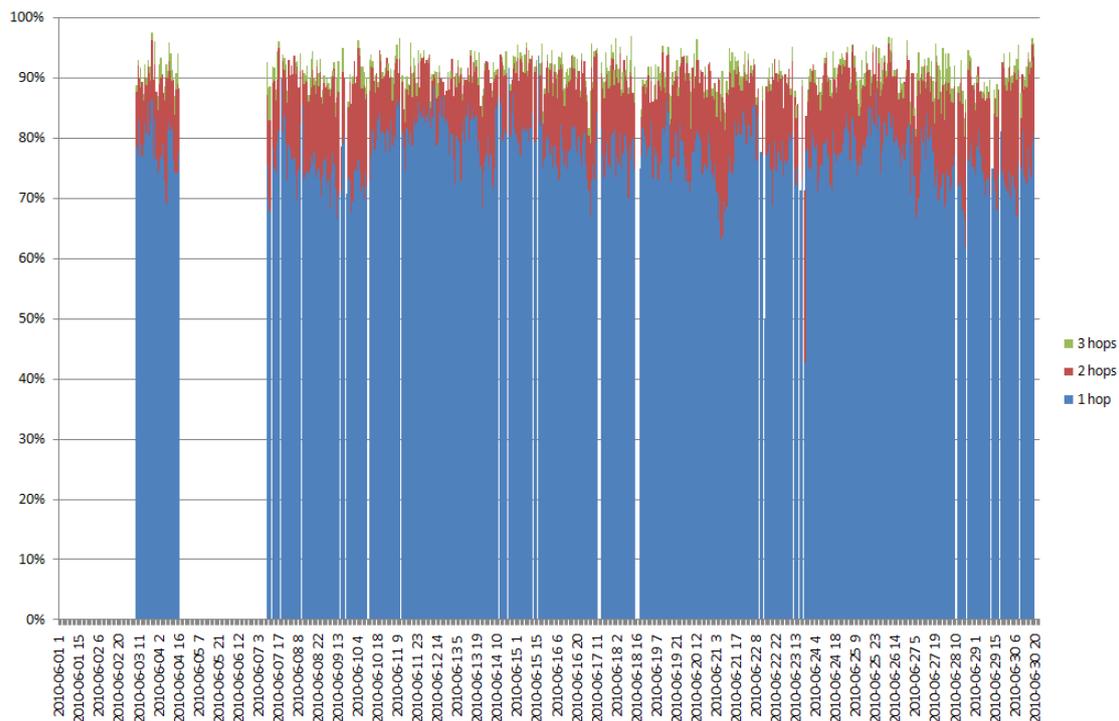


圖 2.15 高雄港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

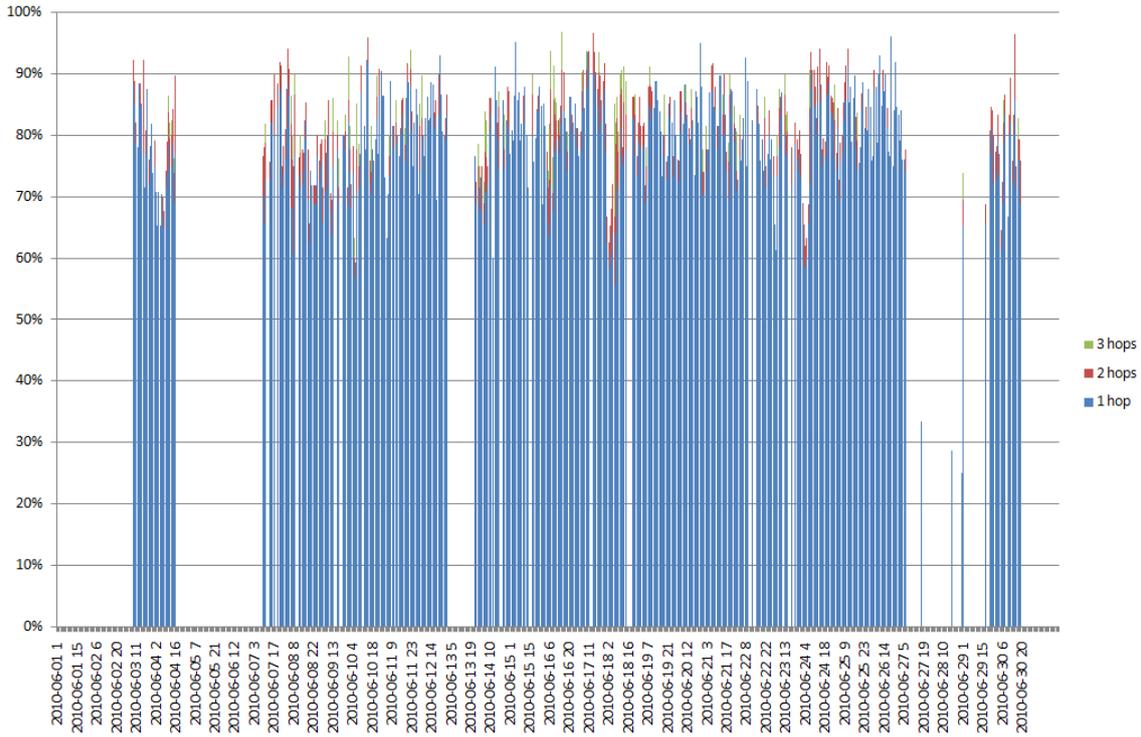


圖 2.16 基隆港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

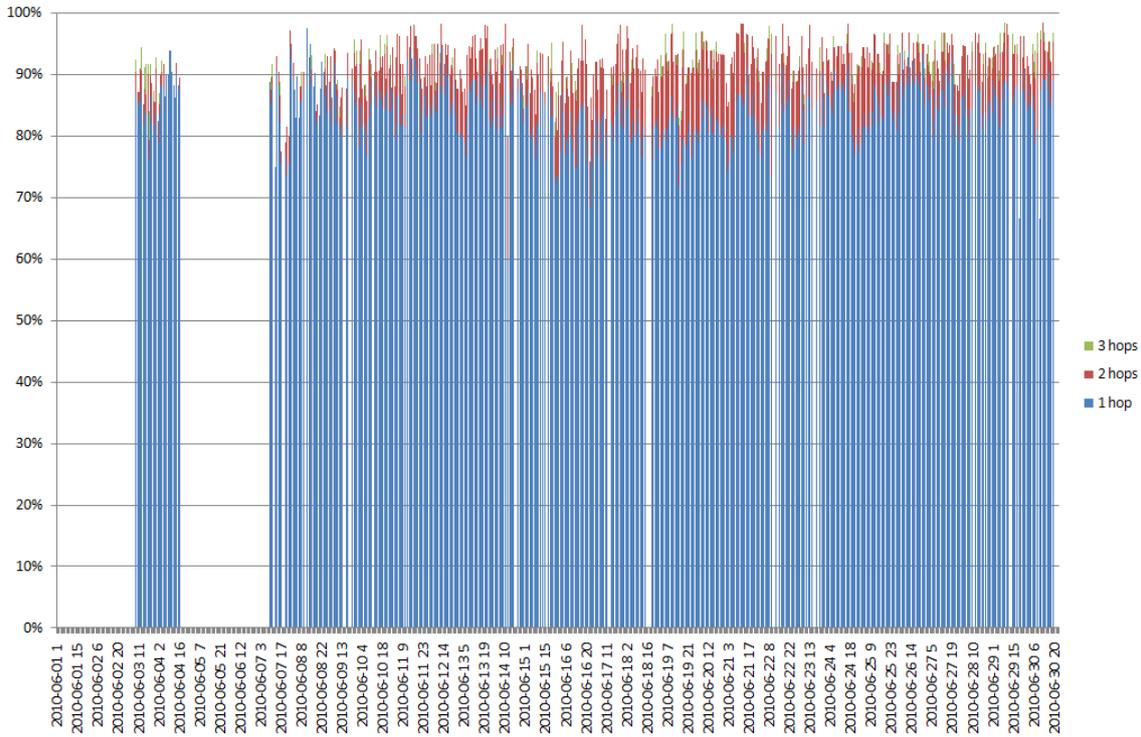


圖 2.17 臺中港 20 浬範圍內 3hops 內通訊的船舶比例的堆疊直條圖

為評估沿岸網狀網路可能的涵蓋範圍連接性，首先取位置落

於緯度 22 ~ 26，經度 120 ~ 122 範圍內（臺灣周圍海域）的 AIS 船位，以沿岸設 21 個接收站進行分析，接收站位置如圖 2.18(a) 的圓點。圖 2.18(b) 是取 2010 年 6 月 9 日 17:00 船位快照的分析結果：總船數 266 艘，其中 215 艘(佔 81%) 可以 1 hop 直接連接，如(b)圖藍色點，3 艘(佔 1%) 可以 2 hops 連接，如(b)圖粉紅色點，4 艘(佔 1.5%) 可以 3 hops 連接，如(b)圖黃色點，44 艘船(16.5%) 無法於 3 hop 內連接基地台，如(b)圖紅色點。

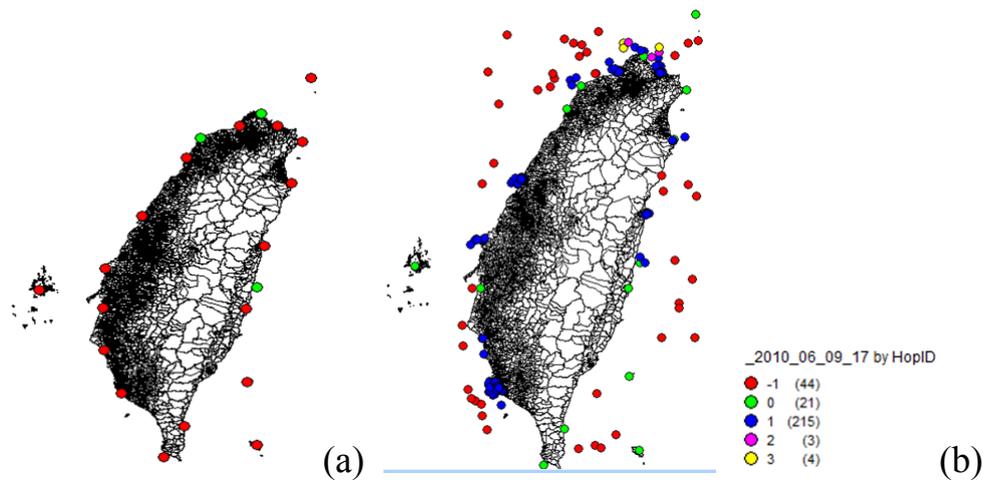


圖 2.18 臺灣海域網狀網路涵蓋情形 (a)21 個岸台 (b)hop 分佈

臺灣周圍海域可多躍延伸通訊的比例的月平均統計如表 2-4。

表 2-4 臺灣周圍海域可多躍延伸通訊的平均比例

月份	平均船數	未連接船數	1 hop	2 hops	3 hops 內
2009/12	145.32	19.86%	78.88%	0.98%	80.13%
2010/3	189.55	18.90%	79.27%	1.44%	81.06%
2010/6	183.09	18.02%	80.57%	1.06%	81.95%

為了使納入連接性計算的船舶數更符合真實狀況，我們製作臺灣離岸 12 浬的多邊形區域定義，利用 point-in-polygon 的演算法檢測排除位置落於臺灣沿岸 12 浬外的船舶。再從臺灣國際商港、沿岸現有 AIS 接收站、海巡安檢站等位置選取岸台位置，

分析 3 hops 內通訊的船舶比例。表 2-5 是設置的岸台數不同時的連接性分析，其中有效岸台數是指實際上有連接到船台的岸台數平均值。

圖 2.19 是 2010 年 6 月各小時快照所得臺灣沿岸 12 哩內 AIS 船舶總數，圖中明顯看到部分時間點船數異常少，原因應是接收站或網路問題而致資料庫缺漏，因此在統計分析時將總船數少於 100 的異常資料排除。也因此表 2-5 在沿岸 12 哩內的平均總船數，高於表 2-4 中同時期更大空間範圍內的平均船數。

表 2-5 臺灣沿岸 12 哩的網路連接性試算(2010 年 6 月平均值)

岸台數	總船數	1 hop	3 hops 內	有效岸台數
10	196.3	87.90%	89.35%	5.0
18	196.3	88.45%	89.91%	5.4
19	196.3	89.18%	90.62%	6.1

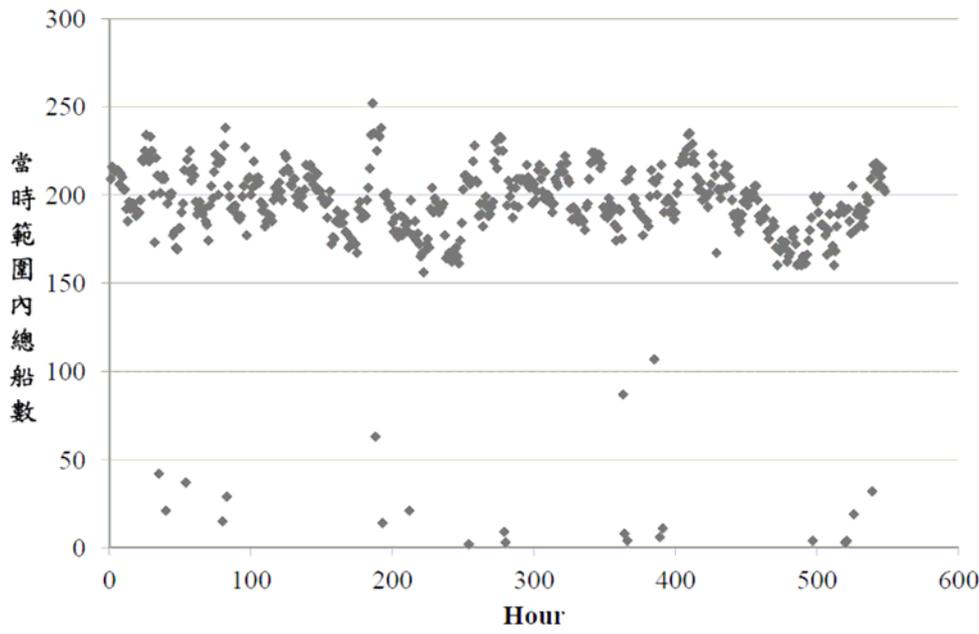


圖 2.19 臺灣沿岸 12 哩內 AIS 總船數 (2010 年 6 月)

圖 2.20 是以 2010/06/09 17:00 船位快照 (16:50 ~ 17:10 內的各船最新 AIS 船位) 試算的結果，其中 HopID=0 的 19 個點即岸台位置，HopID=-1 的是無法連接的船。

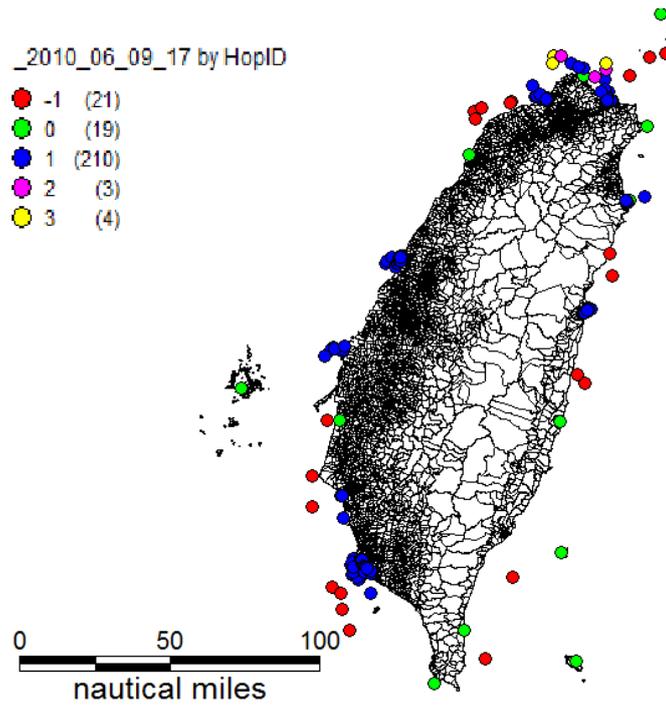


圖 2.20 設 19 個岸台時的沿岸 12 浬網狀網路涵蓋情形

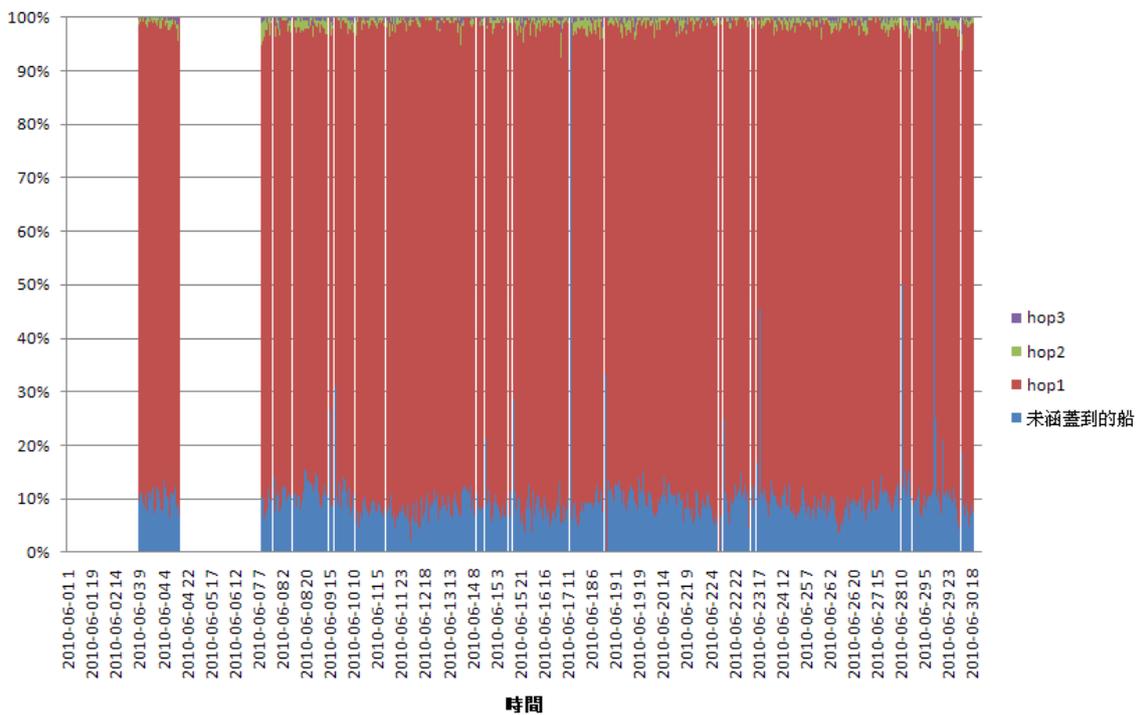


圖 2.21 設 19 岸台時沿岸 12 浬通訊連接船舶比例堆疊直條圖

圖 2.21 是透過 19 岸台以 multi-hop 連接沿岸 12 浬內船台的比例分佈情形，使用的是 2010 年 6 月全月每小時的 AIS 船位快

照。

有效岸台基本上位於國際商港和西岸船舶航路較接近岸邊且密集的位置。從 18 站到 19 站就是加了附近船舶較多的富貴角站。由此更凸顯出船舶交通流分析是設計海事寬頻地面無線電通訊時擬定傳輸距離規格與規劃設站數量位置的重要依據。

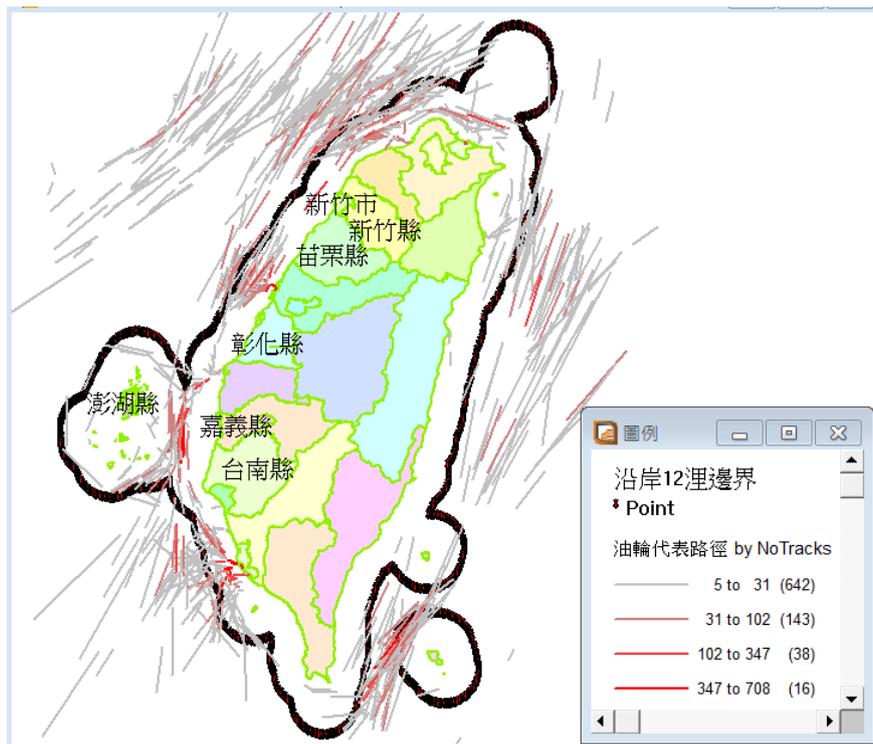


圖 2.22 臺灣沿岸 12 哩邊界與油輪代表路徑分佈套疊圖

本計畫所建立的船舶交通流分析與軌跡探勘技術正可應用於此。圖 2.22 是將 2010 年 1-6 月油輪 AIS 軌跡透過軌跡探勘取得代表路徑後與臺灣沿岸 12 哩邊界套疊顯示的結果。東岸航行船舶離岸較遠且較不密集，網狀網路可行性相對較低。而 BS-SS/SS-SS 通訊距離如果能從 15km/8km 提高到 ITU-R M.2202 所模擬的 30km/10km 甚至 30km/18km 則網狀網路的可連接的船數將提高許多。從圖 2.22 也可看出臺灣沿岸 AIS 接收站的收訊缺口(例如：新竹苗栗與彰化雲林一帶)影響船舶交通流的分析結果。收訊缺口的問題在逐步新增接收站後已見改善，目前臺灣沿岸 AIS 接收站位置如附錄五。

此外，海上網狀網路目前仍處於研究發展與技術提案階段，實際上可取得的頻段、將採用的技術等都還未定。因此現階段仍不宜進行具體設站規劃，但是本計畫已研發建立充分的分析規劃技術，足以參與國際相關研究發展，也已可實際應用於海上行動寬頻航行與航運資訊服務之具體規劃與效益評估。

2.6 小結

海上網狀網路有效岸台位於船舶航路離岸近且密集處。凸顯出交通流分析是設計海事寬頻地面無線電通訊時擬定傳輸距離規格與規劃設站數量位置的重要依據。

海上網狀網路之頻段與技術仍未定，現階段仍不宜進行具體設站規劃。

本計畫研發建立之船舶交通流分析、軌跡探勘技術、天線高度與傳輸距離、網路連接性等分析規劃技術已可實際應用於海上行動寬頻航行與航運資訊服務之具體規劃與效益。

第三章 港區航行階段無線電助導航定位服務

3.1 相關國際標準與規範

3.1.1 SOLAS 公約的船舶設備要求

依據海上人命安全國際公約(SOLAS)第五章(航行安全專章)第 19 條的船舶導航設備與系統要求，所有船舶（無論噸位大小）都必須配備可以在其預定航程全程自動決定船位並更新船位的全球導航衛星系統或地面無線電導航系統接收機。第 18 條條文則規定：應第 19 條之要求而安裝的設備必須通過型式認證，確認其性能不低於 IMO 的相關設備性能規範。就導航定位設備而言，相關性能規範如下：

Recommendation on accuracy standards for navigation (resolution A.529(13));

Recommendation on Performance Standards for shipborne Loran-C and Chayka receivers (resolution A.818(19));

Recommendation on Performance Standards for shipborne global positioning system receiver equipment (resolution A.819(19)) as amended by resolution MSC.112(73);

Recommendation on Performance Standards for shipborne GLONASS receiver equipment (resolution MSC.53(66)) as amended by resolution MSC.113(73);

Recommendation on Performance Standards for shipborne DGPS and DGLONASS maritime radio beacon receiver equipment (resolution MSC.64(67), annex 2) as amended by resolution MSC.114(73);

Recommendation on Performance Standards for combined GPS/GLONASS receiver equipment (resolution MSC.74(69), annex 1) as amended by resolution MSC.115(73);

相對地，SOLAS 公約第五章第 13 條亦要求締約國政府依交通量與風險程度，自行或與其他締約國合作提供必要的助導航系統。

3.1.2 IMO 對全球無線電導航系統的要求

導航接收機設備必須有系統服務的配合才能發揮作用，因此對應的系統也必須能被國際海事組織認可，確認該系統有能力在其涵蓋區域內提供適當的定位資訊，裝設接收設備使用該系統的船舶才能被視為滿足 SOLAS 公約的相關要求。國際上對於無線電導航系統的認可是依據 IMO 大會決議 A.953(23)：World-Wide Radio Navigation System (WWRNS)^[17]。基本上是由提供且運作該等系統的國家或組織向 IMO 提出認可的要求，再由 IMO 依據 A.953(23)的程序、責任與運作要求，決定是否認可該系統為全球無線電導航系統的組成之一。

在所有系統都必須能讓無限多船舶同時使用的前提下，WWRNS 分別就三種航行情境，訂定六項具體的運作效能要求，如表 3-1。

表 3-1 IMO 全球無線電導航系統的運作要求

航行階段	準確度	涵蓋	更新率	可得率	連續性	警告
大洋航行	100m(95%)	全程	10s/2s	30 天 99.8%	-	盡快
低交通量 較低風險	10m (95%)	全程	10s/2s	2 年 99.5%	15min. 99.97% (3hr. 99.85%)	10s 內
高交通量 高風險	10m (95%)	全程	10s/2s	2 年 99.8%	15min. 99.97% (3hr. 99.97%)	10s 內

WWRNS 的三種航行情境或階段如下：

- (1) 航行於高交通量或有顯著風險的港口、接近港口與沿岸水域；
- (2) 航行於低交通量或風險較低的港口、接近港口與沿岸水域；
- (3) 大洋航行。

WWRNS 的六項運作效能指標如下：

- (1) 定位準確度 (Accuracy)；
- (2) 系統涵蓋率 (Coverage)；
- (3) 定位解算與顯示的更新率 (Update Rate)。
- (4) 訊號的可得率 (Signal Availability)；
- (5) 服務的連續性 (Service Continuity)；
- (6) 系統不可得或中斷時發出警告的時限(Time-to-Alarm)。

由於現有系統多難以達到 WWRNS 原定之 3 小時內連續性高於 99.97% 的要求，3 小時的要求也被認為是超出實際需求，因而提案建議修改為 15 分鐘內連續性高於 99.97%（相當於 3 小時內連續性高於 99.64%），此修正提案已於 2010 年 7 月的 IMO 航行安全分委會 (NAV56)、同年 12 月的海事安全委員會(MSC88)通過，尚待 IMO 大會 (A27)正式採納。在更新率方面，原本的要求是：定位資訊的計算與顯示更新率必須高於每 10 秒一次；如果計算的定位資訊是用於 AIS、圖形顯示或船舶的直接控制則更新率必須高於每 2 秒一次，在目前的修正提案中也將一併修訂為一律要求 2 秒內更新。

3.1.3 IMO 對未來全球導航衛星系統的海事政策與要求

全球導航衛星系統(GNSS)是可以提供全球定位、速度與時間給海陸空等多模式使用者的衛星系統。GNSS 是否被認可為 WWRNS 的組成，須由 IMO 依 A.953(23)決議認定。IMO 為了使 GNSS 的發展更符合海事用戶的需求，修訂原 A.860(20)號決議對未來 GNSS 的海事政策與要求，於 2001 年通過修訂案決議文 A.915(22): “Revised Maritime policy and Requirements for a Future Global Navigation Satellite System (GNSS)”^[18]。

依據 IMO 決議文 A.915(22)中所述的現況：GPS 與 GLONASS 都已被認可為 WWRNS 的組成，但是在沒有「增強系統」提供修正補強的情況下，只適用於大洋航行階段。

對於未來 GNSS 的發展，A.915(22)提出的使用者需求大致如下：於海洋、沿岸、接近港口及受限水域、內陸水道等航行時，水平定位的絕對準確度須達 10m 內，警戒值是 25m，且應於 10 秒內發出警報。港內航行的準確度要求提高到 1m 內，警戒值是 2.5m。詳如表 3-2,3-3。

表 3-2 IMO A.915(22)提出的海上導航需求

Table of the minimum maritime user requirements for general navigation

	System level parameters				Service level parameters			Fix interval ¹ (seconds)
	Absolute Accuracy Horizontal (metres)	Integrity			Availability % per 30 days	Continuity % over 3 hours	Coverage	
		Alert limit (metres)	Time to alarm ² (seconds)	Integrity risk (per 3 hours)				
Ocean	10	25	10	10 ⁻⁵	99.8	N/A ¹	Global	1
Coastal	10	25	10	10 ⁻⁵	99.8	N/A ¹	Global	1
Port approach and restricted waters	10	25	10	10 ⁻³	99.8	99.97	Regional	1
Port	1	2.5	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Local	1
Inland waterways	10	25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Regional	1

Notes: 1: Continuity is not relevant to ocean and coastal navigation.
2: More stringent requirements may be necessary for ships operating above 30 knots.

表 3-3 IMO A.915(22)提出的操船與交通管理應用定位需求

Tables showing the minimum maritime user requirements for positioning

	System level parameters					Service level parameters			Fix interval ³ (seconds)
	Accuracy		Integrity			Availability % per 30 days	Continuity % over 3 hours	Coverage	
	Horizontal (metres)	Vertical ¹ (metres)	Alert limit (metres)	Time to alarm ² (seconds)	Integrity risk (per 3 hours)				
Operations	Relative accuracy								
• tugs and pushers	1		2.5	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Local	1
• icebreakers	1		2.5	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Local	1
• automatic collision avoidance	10		25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Global	1
	Absolute accuracy								
• track control	10	N/A	25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Global	1
• automatic docking	0.1		0.25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Local	1
Traffic management³	Absolute accuracy								
• ship-to-ship co-ordination	10		25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Global	1
• ship-to-shore co-ordination	10		25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Regional	1
• shore-to-ship traffic management	10		25	10	10 ⁻⁵	99.8	99.97	Regional	1

- Notes:
- 1: There may be a requirement for accuracy in the vertical plane for some port and restricted water operations.
 - 2: More stringent requirements may be necessary for ships operating above 30 knots.
 - 3: Traffic management applications in some areas, e.g. the Baltic, may require higher accuracy.

Table 1: Manoeuvring and traffic management applications.

3.2 導航定位系統主要的效能指標定義與計算

3.2.1 準確度(Accuracy)

準確度至少可分為下列四種：

- (1) 「絕對準確度」是估計或測量值與真實位置的符合度；
- (2) 「可預測的準確度」是與圖載位置的符合度；
- (3) 「可重複的準確度」或「精確度」是重複定位之間的符合度；
- (4) 「相對準確度」則是指同一時間所得兩點相對位置的準確性。

例如表 3-3 所列的自動避碰應用要求的是水平定位的相對準確度。表 3-1 所列的導航準確度要求指的是「絕對準確度」，10m(95%)則是指誤差距離小於 10m 的機率應達 95%。

位置的不確定性可以用誤差不超過某個量的機率來表示。假設定位誤差為高斯分佈或常態分佈(只有隨機誤差)，則此機率可以用標準差 σ 來看。就一維準確度而言， 1σ 約對應於 68% 的信心區間， 2σ 約對應於 95%，也就是說，假設大量定位結果的平均值是正確值，則在此平均值兩側各兩個標準差範圍內可包含約 95% 的結果。二維的 x 與 y 兩軸向的誤差通常彼此相關且有不同的標準差 σ_x 與 σ_y ，形成橢圓形的誤差分佈。水平定位準確度的 95% 機率與標準差的關係相對較複雜。

在導航定位方面，傳統上採用徑向或距離的均方根誤差 (RMS Error or DRMS) 來表示水平定位誤差，其計算方式如下：

$$DRMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Error_i^2}{N}} = \sqrt{(\text{Error的平均值})^2 + (\text{Error的標準差})^2}$$

若以互不相關的雙變數常態分佈表示 GPS 定位誤差，且假設兩軸向的變異量一樣 ($\sigma_x=\sigma_y=\sigma$)，則其誤差分佈可以簡化為：

$$\text{Rayleigh distribution : } p_R(r) = \left(\frac{r}{\sigma^2}\right)e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \text{ , 進而得出}$$

$$\text{Probability (Error < Distance)} = 1 - e^{-\left(\frac{\text{Distance}}{\text{DRMS}}\right)^2}$$

以此試算結果如圖 3.1，95% 機率對應於 DRMS 的 1.73 倍距離。

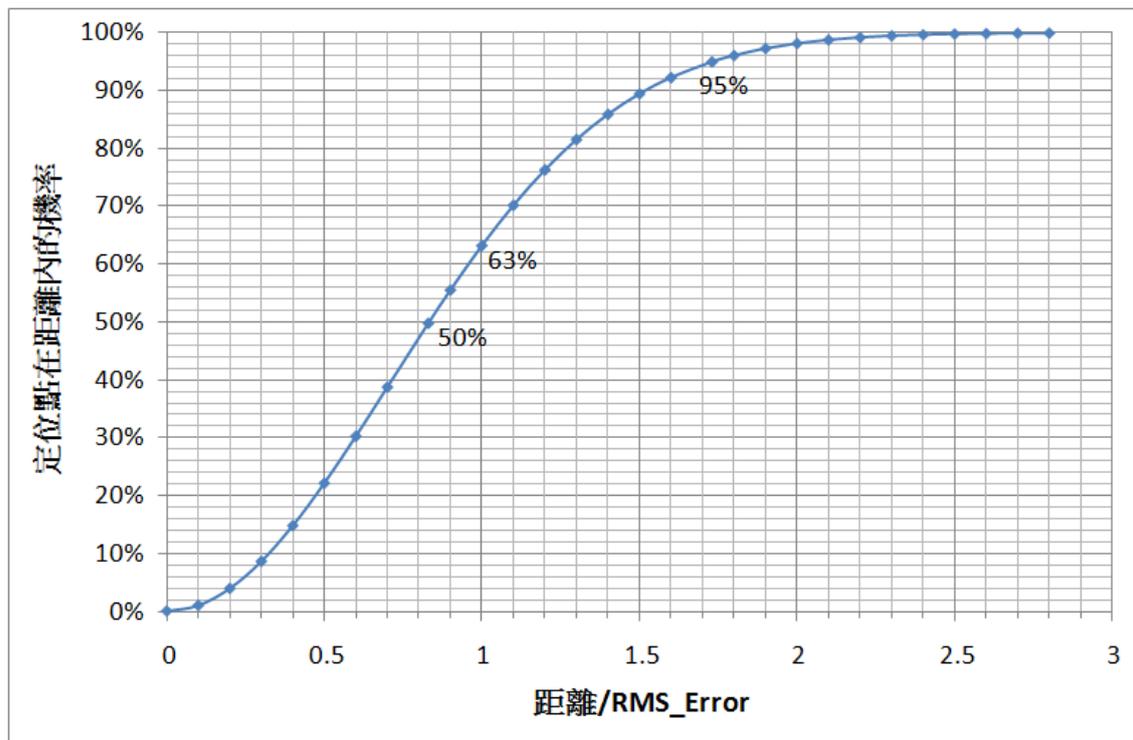


圖 3.1 水平定位點在特定距離內的機率

常見的水平定位準確度規格的表示法除了 95% 以外，還有 CEP、DRMS、2DRMS。CEP 的全名是 Circular Error Probable，對應於 50% 的機率，也就是真實位置落在測得位置以 CEP 為半徑的圓內的信心水準是 50%。從圖 3.1 可知此 CEP 距離為 DRMS 的 0.83 倍。常用的二維定位準確度規格表示法對應的機率和換算比值如表 3-4。

表 3-4 二維定位準確度的表示法

機率	表示法	換算比值
50%	Circular Error Probable (CEP)	0.83
63%	Distance Root Mean Square (DRMS)	1
95%	95% confidence level	1.73
98%	2DRMS	2

GNSS 定位常被假設為無偏差的高斯分佈，但事實上受大氣層與多路徑等效應影響，此假設並不成立。也就是說在定點長時間測得的 GPS 定位，其平均值與真實位置之間通常仍有一定的偏差。

3.2.2 完整性(Integrity)

完整性是對導航定位系統所提供資訊的信任度，也是當系統不能用的時候，系統即時對使用者發出警示的能力。

IMO A.915(22)決議文對 GNSS 提出的完整性需求，主要有兩個參數：警示界限值 (Alarm Limit, AL) 和發出警示的時限 (Time to Alarm, TTA)。AL 是系統容許的最大誤差值；TTA 則是指超出 AL 時，應於多短的時間內發出警示。IMO A.915(22)一律將 TTA 設為 10 秒，AL 設為水平準確度要求的 2.5 倍 (詳見表 3-2,3-3)。

有些導航定位系統設計有完整性監控 (Integrity Monitoring, IM) 機制或服務，以決定系統或個別的量測值是否符合導航效能要求，例如：接收機自主完整性監控(Receiver Autonomous Integrity Monitoring, RAIM)技術，以及 Beacon DGPS 的完整性監測。

3.2.3 可得率(Availability)

「系統可得率」或「服務可得率」是指系統在其涵蓋區域內效能符合特定條件(例如：定位準確度、完整性、連續性)的時間比率，相當於系統在涵蓋區內提供可用服務的能力指標。

「訊號可得率」則是指在設定的涵蓋範圍內無線訊號的可得率，受到環境特性以及訊號的產生與傳輸等技術能力影響。

IMO A.915(22)決議文中對 Availability 的定義是："The percentage of time that an aid, or system of aids, is performing a required function under stated conditions. The non-availability can be caused by scheduled and/or unscheduled interruptions."。

IALA Recommendation R-121 為此提供的 Availability 公式如下：

$$\text{Availability } A = \frac{MTBO}{(MTBO + MTSR)}$$

MTBO = Mean Time Between Outage

MTSR = Mean Time Between Restoration

試算範例：假設排定每 6 個月維護且每次維護需要 6 小時，再假設 MTBF(Mean-Time Between Failure)是 2 年，且故障修復需要 12 小時，則兩年週期內共有 5 次停止服務， $2/5=0.4$ ，平均每 0.4 年(約 3500 小時)停止服務一次，亦即 $MTBO=3500$ 小時，且恢復服務所需的時間平均 $(6 \times 4 + 12)/5=7.2$ 小時，亦即 $MTSR=7.2$ 小時，兩年期間內整體可得率 $\text{Availability } A=(3500/(3500 + 7))=99.8\%$ 。

3.2.4 連續性(Continuity)

「連續性」是系統在某一操作階段（例如船舶的進港階段）維持特定系統效能的機率，假設系統在該操作階段開始時是可用的。

IMO A.915(22)決議文中對 Continuity 的定義是：" The probability that, assuming a fault-free receiver, a user will be able to determine position with specified accuracy and is able to monitor the integrity of the determined position over the (short) time interval applicable for a particular operation within a limited part of the coverage area" 。

在連續性的計算方面，IALA R-121 的建議如下：

假設系統在一開始操作時可用，則在 t 時間後仍然可用的機率以 $C=\exp(-t/MTBF)$ 計算，以此計算 CTI(Continuity Time Interval)時間內的連續性 C，則當 $MTBF \gg CTI$ 時，可簡化為如下公式。

$$\text{Continuity } C = 1 - \frac{CTI}{MTBF}$$

$CTI = \text{Continuity Time Interval}$

$MTBF = \text{Mean Time Between Failure}$

其中 MTBF 取兩年內的平均值。因此若 CTI 取 15 分鐘，則 MTBF 至少要大於 35 天，才能達到 15 分鐘內連續性高於 99.97%。而如果依 IMO WWRNS 目前 3 小時內連續性高於 99.97% 的要求，則 MTBF 必須達到 417 天，確實難以達成。而且進港操作時間也不必到 3 小時，所以提案修正確屬合理。

就「連續性」而言，排定的維護時間是不列入計算的。

3.3 全球導航衛星系統(GNSS)

3.3.1 衛星定位的基本原理與誤差因素

GNSS 的定位原理基本上是測量衛星至接收機的訊號傳播時間，換算成距離，再由多顆 GPS 衛星的位置與距離，解算出接收機所在位置。因此，從衛星廣播星曆推算的衛星位置、衛星與接收機的時錶、衛星訊號穿過電離層與對流層時的傳播速度相對於光速的延遲情形、多路徑，以及各衛星相對於接收機的幾何分佈情形等都是影響 GNSS 定位準確度的重要因素。

GNSS 系統的定位準確度可視為「使用者等效測距誤差 (User Equivalent Range Error, UERE)」與「精度稀釋因子(Dilution of Precision, DOP)」兩部份相乘的結果： $Accuracy=UERE \times DOP$ 。其中 UERE 是指距離量測誤差的標準差，DOP 又稱「幾何精度稀釋因子(Geometric Dilution of Precision, GDOP)」則是接收機用於解算定位的衛星幾何分布狀況是否良好的指標。DOP 值越低表示 GNSS 定位因為衛星分布的角度較廣而能有較好的精確度。DOP 又可以分為 HDOP, VDOP, PDOP 與 TDOP 等度量，分別表示水平、垂直、3D 位置、時間的精度稀釋因子。彼此之間的關係是：

$$GDOP = \sqrt{PDOP^2 + TDOP^2} \quad PDOP = \sqrt{HDOP^2 + VDOP^2}$$

即使可以修正縮小 UERE，最後得到的定位誤差仍然可能因為可用於定位解算的衛星幾何分布狀況不佳，DOP 值太大而居高不下。

3.3.2 相關的船舶設備標準

目前運作中的兩大 GNSS：全球定位系統(Global positioning System, GPS)與 GLONASS 係分別由美蘇兩國建置。GPS 開放民用的標準定位服務(GPS-SPS)和 GLONASS 都早在 1996 年就已被 IMO 的海事安全委

員會認可納入成為 WWRNS 的組成。隨後 IMO 也訂定或修訂了 GPS 與 GLONASS 接收機的性能標準，以及差分式 GPS (DGPS)與差分式 GLONASS(DGLONASS)接收機的性能標準。國際電子技術委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC)再依據這些性能標準訂定接收機的測試檢驗規範。船舶依 SOLAS 公約要求而裝設的接收機必須是符合 IEC 檢驗規範的設備。

根據 2000 年通過修改，自 2003 年起適用的 GLONASS 接收機性能標準 MSC.113(73)，GLONASS 船載接收機的準確度在 HDOP=4/PDOP=6 的情形下只達 45m (95%)，因而必須具備接收處理 DGLONASS 資料的設施使其準確度達到 10m(95%)內。

同樣於 2000 年通過修改，自 2003 年起適用的 GPS 接收機性能標準 MSC.112(73)，GPS 船載接收機的準確度在 HDOP=4/PDOP=6 的情形下只須達 100m (95%)，但必須具備接收處理 DGPS 資料的設施使其準確度達到 10m(95%)內。

3.3.3 GPS 衛星定位服務概況

根據美國國防部公佈的最新 2008 年第 4 版「GPS 標準定位服務性能標準」，其提供民用的標準定位服務(Standard Positioning Service, SPS)的定位準確度標準如下：水平誤差的全球平均 $\leq 9\text{m}$ (95%)；在最差的站位則是 $\leq 17\text{m}$ (95%)。這是考量 GPS 單頻 C/A code 測距誤差，並依據 GPS 衛星分布於全球 98%以上可得 PDOP ≤ 6 ，在最差的站位 88%以上可得 PDOP ≤ 6 ，估算得到的數值。

在美國於 2000 年關閉故意引進誤差的 SA(Selective Availability)機制之後，GPS 衛星訊號測距定位的最主要誤差源是電離層延遲。全球電離層濃度最高的地區，在南北半球各一處，北半球成帶狀，此一電離層赤道異常區正好通過臺灣，接下來的太陽黑子活動周期高峰也將影響電離層，如圖 3.2 (<http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>)，進而可能造成嚴重的 GPS 定位誤差。

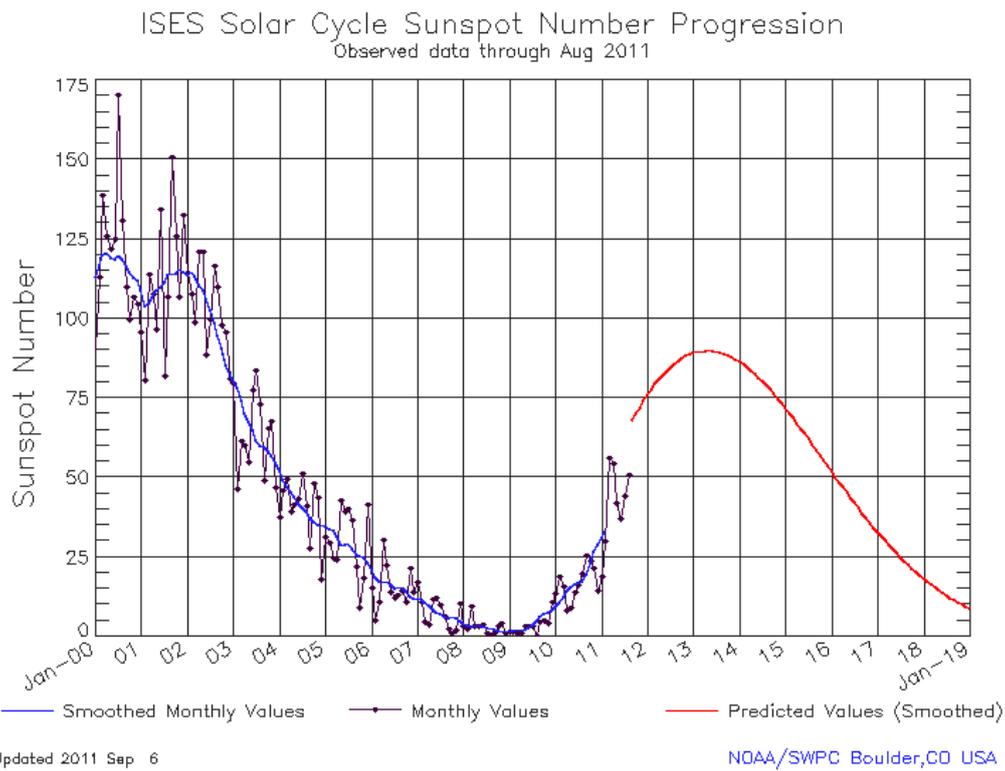


圖 3.2 美國海洋大氣總署提供的太陽黑子觀測與預測

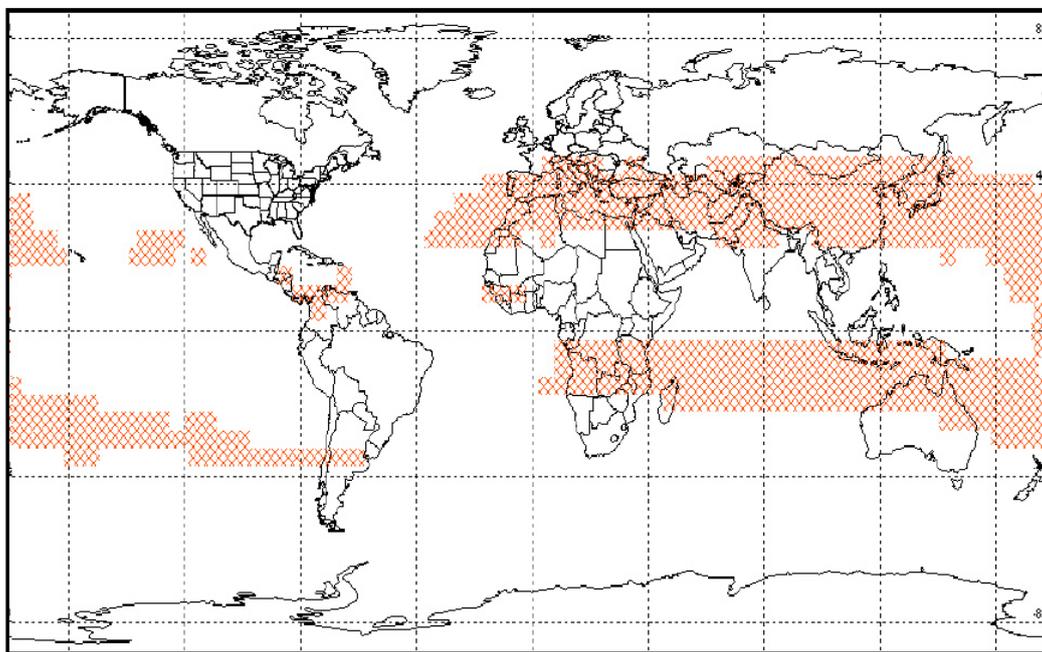


圖 3.3 單頻 GPS 水平定位誤差超過 10m(95%)的區域 (網形陰影區)

依據 2001 年版 GPS 標準定位服務性能標準所提供的圖(圖 3.3)，台灣位於 GPS 定位效能較差的區域。以單頻 GPS 接收機，在台灣海域

的水平定位誤差大於 10m (95%)，並不符合國際規範與航海需求。

GPS 系統曾於 2004 年 1 月 1 日 18:30 UTC 因為編號 PRN23 的衛星上原子鐘故障而異常，GPS 系統本身的地面監控機制直到 21:18UTC 才透過導航訊息中的衛星 Unhealthy 旗標宣告 PRN23 衛星不能用。期間影響的區域範圍遍及歐亞非洲、加拿大與澳洲，據各方報告，沒有使用 DGPS 等完整性監測機制迅速排除使用該衛星的使用者接收機，其位置誤差甚至到達數公里。這個事件也引發許多對於完整性監測機制的檢視與研究，至今仍是最典型的研究案例之一，也凸顯出 DGNSS 等增強系統的重要性。

GPS 從 1995 年中進入全功能運作階段，至今已有些衛星超過其設計的壽命。美國的 GPS 更新計畫內容包括：設置新的地面站、新衛星、並新增 4 個導航訊號，其中有 3 個是民用的，分別是：L2C, L5 與 L1C 訊號，另一個是軍用的 M-code。L2C 的運作至少等到 2014 年後，L5 的全面運作也得要等到 2016 年以後。值得注意的是 2009 年 4 月美國政府警告說：接下來幾年 GPS 具備核心 24 顆衛星運作的機率可能降到 80% ，對 GPS 服務造成重大影響。

3.3.4 全球導航衛星系統的增強系統(GNSS Augmentation)

GNSS 的擴增補強系統除了提高 GNSS 的定位準確度之外，更重要的是提供完整性監測(Integrity Monitor)。

GNSS 增強系統依其通訊技術是基於衛星還是地面通訊而分為 SBAS (Satellite Based Augmentation Systems)與 GBAS(Ground Based Augmentation System)與兩大類，如圖 3.4 右側的兩大分支。圖 3.4 摘錄自 2009 年版的 IALA World-wide Radio Navigation Plan Ed.1^[20]，原圖還列有中國大陸的 Compass/Beidou，以及只提供區域涵蓋的日本 QZSS 和印度的 IRNSS。

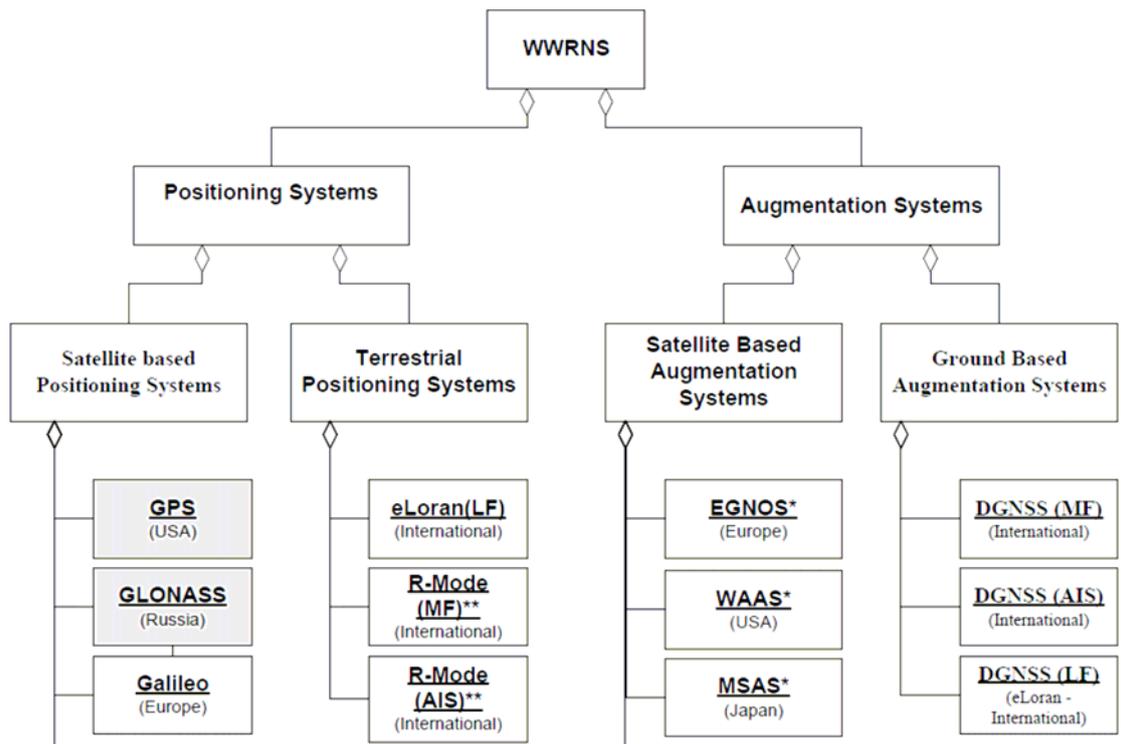


圖 3.4 IALA 全球無線電導航計畫的 WWRNS 候選系統

屬於 SBAS 的主要有分屬於歐美日的 EGNOS, WAAS, MSAS :

美國的 WAAS(Wide Area Augmentation System)是為了支援 GPS 在美國大陸上的一般航空應用而設置的，最近已擴展至加拿大與墨西哥的部份區域。WAAS 使用的是分別涵蓋西大西洋與太平洋的 AOR-W 與 POR 兩顆 INMARSAT 衛星。除了提供差分修正服務以外，每個衛星都可額外提供一 GPS 測距訊號。WAAS 也提供 Integrity 資料，該資料是以 Error Bound 的形式提供，內容包括：用戶差分距離誤差(User Differential Error, UDRE)與網格電離層垂直誤差(Grid Ionospheric Vertical Error, GIVE)，用以計算水平與垂直保護等級，供用戶端設備評估是否符合航行階段需求（飛航安全考量）。

歐洲的 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay System)主要也是為了航空而發展的。使用的衛星除了涵蓋東大西洋與西印度洋的 INMARSAT AOR-E 與 IOR-W 這兩顆同步衛星以外，還有第三顆 ARTEMIS 衛星，以其中的兩顆衛星提供 L1 頻段的 SBAS 服務，另一顆則做為維護測試驗證之用。

日本的 MSAS(MTSAT Satellite-Based Augmentation System)也是 SBAS 服務。使用兩顆兼具通訊與氣象任務的專屬衛星 MTSAT(Multi-functional Transport Satellite)以同步衛星鏈路提供 L1 頻段的 SBAS 服務，約從 2007 開始運作。

屬於 GBAS 的增強系統則依其所用的通訊頻段或系統分為以 MF 海事無線電標杆頻段傳送的 RB-DGNSS、以 VHF 頻段 AIS 系統傳送的 DGNSS、和透過 LF 頻段 e-Loran 系統傳送的 DGNSS。

3.3.5 DGNSS 的基本運作

DGNSS 的基本原理是利用差分方式消除大部分共同的誤差項以獲得較高的定位準確度。利用一已知位置坐標的 GNSS 測站為參考站，由參考站接收衛星資料並計算衛星位置與參考站之間的距離，將此一計算距離和參考站所測得的虛擬距離之間的差值當成修正量，藉由數據通訊鏈路傳送到未知測站(例如海上船舶)的接收機修正其測得的虛擬距離。當兩測站距離不致太遠，GNSS 衛星訊號到兩測站之間的傳播路徑相近時，其虛擬距離的衛星時錶、衛星軌道、電離層延遲、對流層延遲等誤差也相近，因此可以利用參考站產生的虛擬距離修正量消除大部分。由於未知測站離參考站愈遠則修正的效果愈差，因此這樣的 DGNSS 又稱為 Local Area DGNSS。

影響 DGNSS 定位準確度的因素包括：接收站與參考站的距離、數據傳輸時間、使用者的接收機設備等。當 DGNSS 數據傳輸時間約 10 秒時，在 100 浬距離內 DGNSS 定位誤差大致可在 5m 內，250 浬距離內 DGNSS 定位誤差可在 10m 內，大於 250 浬距離約每 100 浬增加 2.5m 誤差。

若要以少數的參考站擴大 DGNSS 的可用服務範圍，可將虛擬距離中的主要誤差項（例如電離層延遲）分離，利用已設參考站的資料內插估算出未設參考站地區的電離層延遲誤差值。如此所得對各衛星的修正量不再只是純量而是一向量，對於與參考站的距離也較不敏感。

此方法需要將均勻分布的各參考站的觀測資料透過通訊網路即時傳送至一網路中心計算處理，對於通訊網路的品質要求高，計算軟體的複雜度也比 LADGNSS 高出許多。若依據擬涵蓋的使用者範圍或數據廣播涵蓋範圍提供適用該區的純量修正值，相當於在該地設置一虛擬參考站。

3.3.6 DGNSS 的 RTCM 與 RSIM 標準

建置 DGNSS 服務主要需依循的標準是由海事無線電技術委員會 (Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM) 的特別委員會 RTCM SC-104 發展的標準："RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service" (簡稱 RTCM 標準)。圖 3.5 是摘錄自 RTCM 標準 v.2.3 的 DGNSS 服務的幾何示意圖。

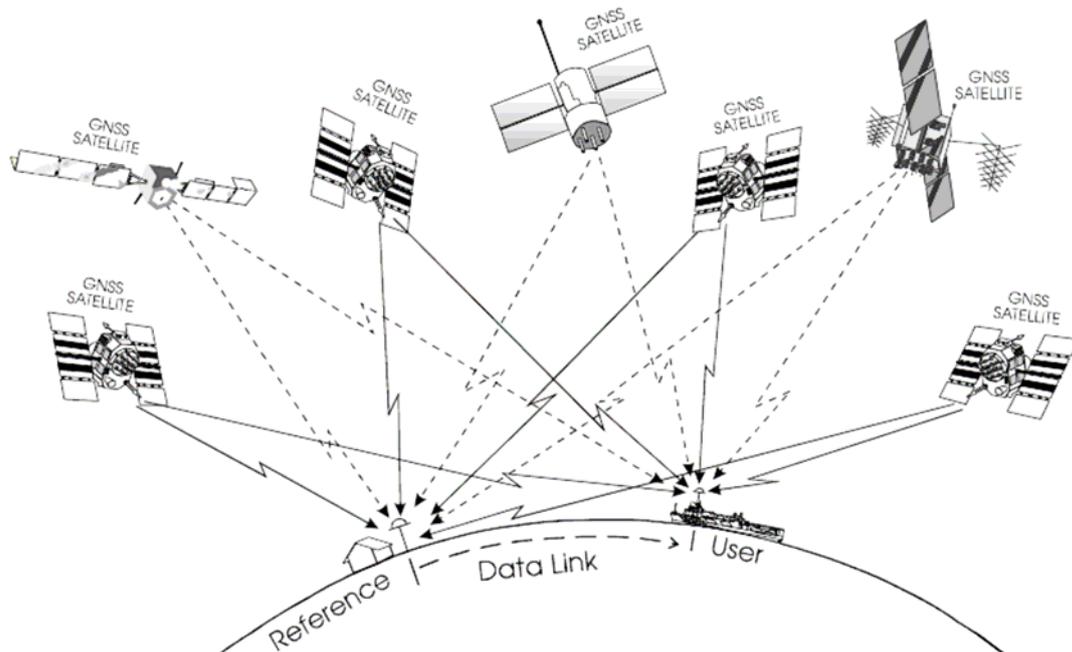


圖 3.5 DGNSS 服務的幾何示意圖

在 RTCM 標準的 DGNSS 修正訊息每一筆都帶有：參考站的識別碼、修正訊息的參考時間 t_0 (以 Modified Z-count 表示)、訊息序號和參考站的健康狀況 (Station Health) 等資料，以及就各別 GNSS 衛星提供的虛擬距離修正量 (Pseudorange Correction, PRC)、虛擬距離修正量的變

化率(Range Rate of Correction, RRC)、使用者差分距離誤差(User Differential Range Error, UDRE)、GPS 導航資料版次(Issue of Data, IOD)等。

使用者的接收機收到這些修正資料後，要加到其在時間 t 測量到的虛擬距離上的修正值是 $PRC(t)$ ，各值之間的關係如下：

$$PRC(t) = PRC(t_0) + RRC \cdot [t - t_0]$$

當衛星的 PRC 或 RRC 值被設為只有最高位元為 1 其餘為 0 時，表示該衛星有問題，不宜使用。UDRE 是虛擬距離修正量不確定性的 1σ 標準差，是參考站對於多路徑效應、訊雜比及其他效應的綜合評估結果；IOD 是讓使用者確認和參考站修正值使用的是同一組衛星廣播軌道與時錶參數；Station Health 則是 DGNSS 服務傳遞給使用者的完整性監測指標。

DGPS/DGNSS 服務所有各類 RTCM 訊息的前兩個 word 都帶有參考站識別碼(Station ID)與該站健康狀況(Station Health)，如圖 3.6。

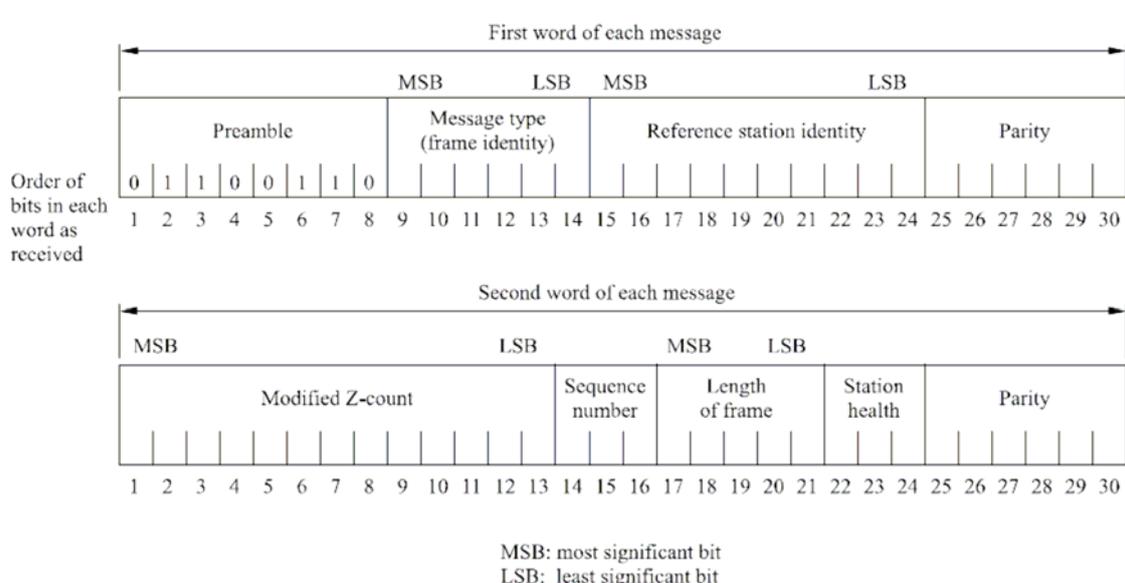


圖 3.6 DGNSS 每個訊息前兩字內容

Station Health 以 3 個位元對應於 0~7 的數值代碼表示：Station Health=7 表示「該參考站的運作異常 (unhealthy)」；Station Health=6

表示「該站的 DGNSS 訊號傳輸沒有被監測 (unmonitored)」，其餘 6 個狀態則從 RTCM v2.1 起開放給系統提供者自行定義，如表 3-5。

美國與加拿大都是把這 6 個狀態定義為 UDRE(User Differential Range Error)的 Scale Factor 以提高 UDRE 的解析度，在 unhealthy 或 unmonitored 的狀況下，則回歸到 UDRE scale factor=1。

表 3-5 DGPS 訊息 Station Health 位元代碼定義

Station Health	ITU/IALA DGNSS 標準	美加海事 DGPS 廣播標準
111 (7)	異常 (unhealthy)	異常 (unhealthy)
110 (6)	無監測 (unmonitored)	無監測 (unmonitored)
101 (5)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=0.10
100 (4)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=0.20
011 (3)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=0.30
010 (2)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=0.50
001 (1)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=0.75
000 (0)	系統提供者自訂	UDRE Scale Factor=1.00

RTCM SC-104 對於 DGPS 服務的完整性監測標準是："RTCM Standard 10401.2 for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors" (簡稱 RSIM 標準)，目前最新版是於 2006 年 12 月出版^[22]。RSIM 標準對於在海事無線電標杆所用 MF 頻段的數據鏈路有特別針對海域應用的 MSK(Minimum Shift Keying)調變相關技術規格與控制參數。除此之外，此標準可適用於許多其他使用地面或衛星通訊鏈路的 DGPS 應用。

從 RSIM 的觀點來看，DGPS 服務的系統架構由發射機(Transmitter, TX)、參考站(Reference Station, RS)、監測站(Integrity Monitor, IM)、控制站(Control Station, CS)所組成，如圖 3.7。建議採用雙套設備方式切

換使用以提高服務的可用性以及維護的方便性。

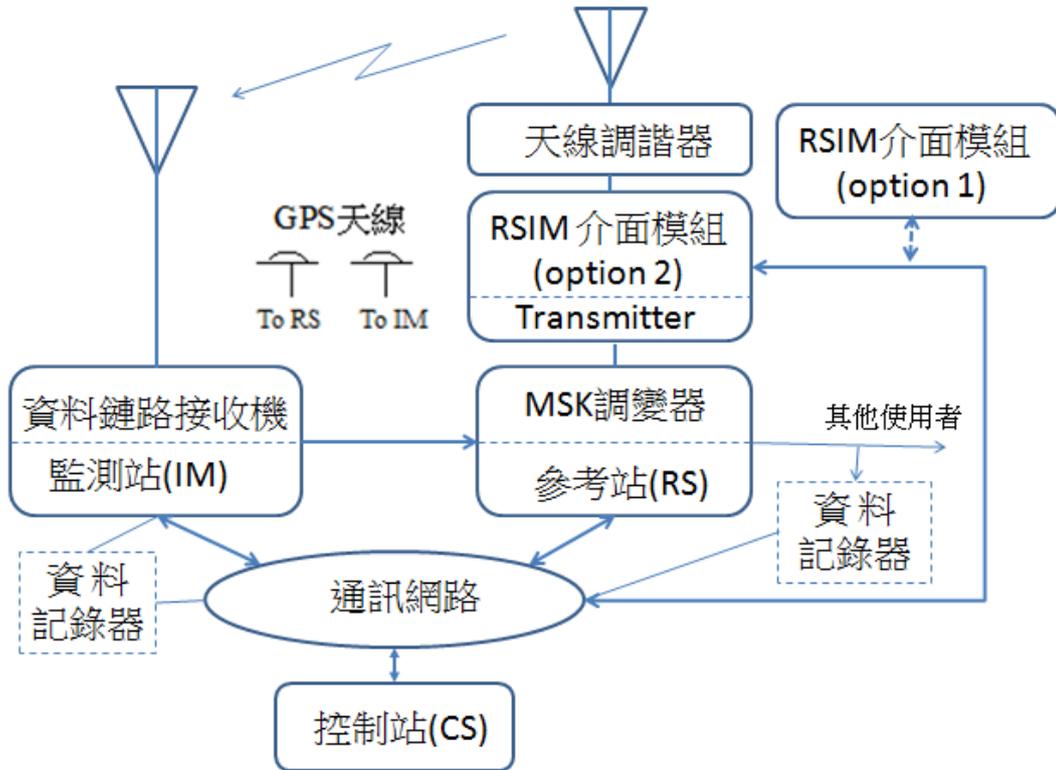


圖 3.7 DGPS 服務的系統架構(RSIM)

CS 的作用主要是接收系統異常的報告，確認故障點並啟動適當的改正動作，例如切換 RS 或發射機、重設設備參數。CS 也執行重設設備參數、警報界限值與時限、RTCM 廣播訊息排程、資料記錄間隔等管理 DGNSS 服務的動作。

DGPS 的完整性監測是由 IM 與 RS 合作完成的。RS 以參考接收機產生修正訊息，經過 MSK 調變器、發射機、天線廣播出去；IM 透過資料鏈路接收機收到 RS 廣播的修正訊息後，驗證確認這些資訊在容許值內，並且周期性地傳送系統回饋訊息給 RS 表示運作正常而且被監測中。如果有超出容許值的狀況，則 IM 會產生警報給 RS，主要是定位誤差和虛擬距離修正量這兩方面的警報。RS 如果沒能收到 IM 定期傳送的系統回饋訊息，就會把 RTCM 訊息中的 Station Health 標示成 Unmonitored；如果收到 IM 的警報則可以透過把 Station Health 標示成 Unhealthy，藉此告訴使用者接收機不要使用其修正訊息。若是某顆衛

星有問題，則是透過把該衛星的 PRC 與 RRC 設為特別值的方式告訴使用者接收機不要使用該衛星。

IM 也是一個已知自己準確位置的 GPS 測站，可以從數據鏈路的廣播訊號品質、使用 DGNS 修正後的虛擬距離殘餘誤差和定位誤差等檢測 DGNS 的完整性。這樣的監測機制是在訊息廣播後進行的，稱為 Post-broadcast Integrity Monitor。新的設計還可選擇採用在廣播前執行的 Pre-broadcast Integrity Monitor，避免把危險或誤導的資訊傳送給使用者。

3.4 DGNSS 的海事國際標準

3.4.1 利用海事無線電標杆廣播的 IALA RB-DGNSS

目前各沿岸國為海運提供的 DGNSS 服務，或國際海事用戶主要使用的，可說都是利用海事無線電標杆 MF 頻段傳送的 IALA Radio Beacon DGNSS（亦稱 Beacon DGNSS 或 RB-DGNSS）。圖 3.8 是依據 2007 年的 IALA 網站資料整理的各國 DGNSS 設站數量統計，全球已有超過 50 國共 400 餘站，其中日本設有 27 站並於 2004 開始兼具廣播海氣象資訊功能；中國以 21 站提供重疊涵蓋，於 2002/1/1 正式運作。

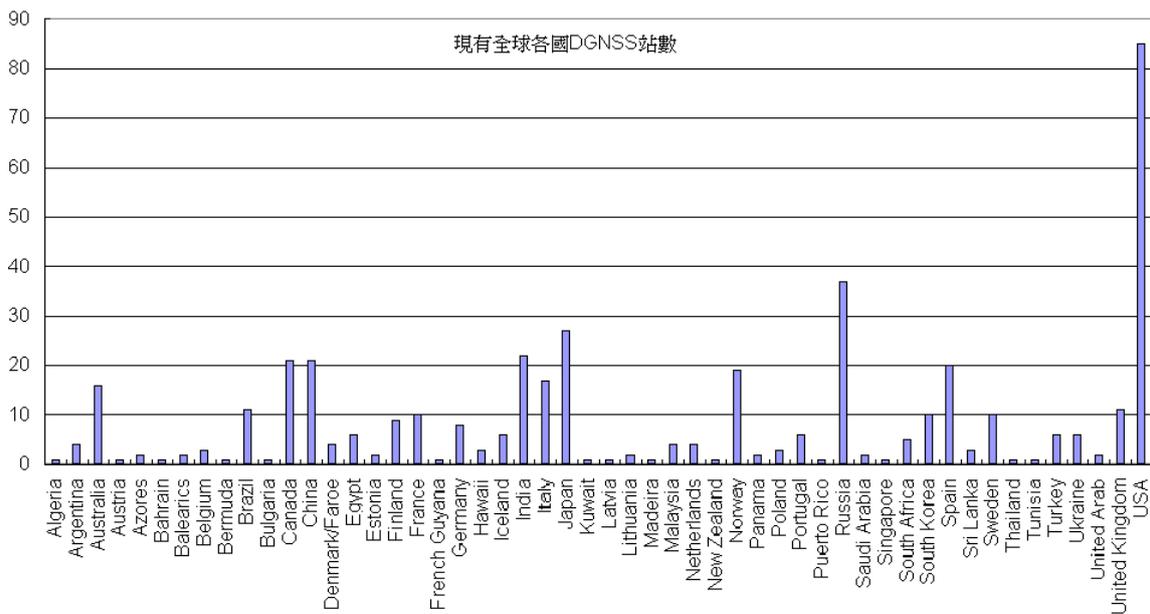


圖 3.8 各國設置 DGNSS 站統計(依據 2007 年 IALA 資料整理)

海洋大學亦曾於 2000 年執行交通部科技顧問室委託研究計畫時在海洋大學(基隆)設置運作 Beacon-DGPS 服務廣播試驗站，該站設有兩個 RS、1 個 IM、2 個發射機、1 個 MF 廣播天線，透過 CS 控制切換，另設有一中央監控站(Control Monitor, CM)可遙控不同地點的多個 DGPS 廣播站（當時只有海大站）。2000 年時規劃的臺灣海域 DGPS 服務如圖 3.9^[8]。圖 3.10 是海大站設備測得的 DGPS/GPS 定位準確度比較。



圖 3.9 2000 年時的台灣海域 RB-DGPS 服務規劃

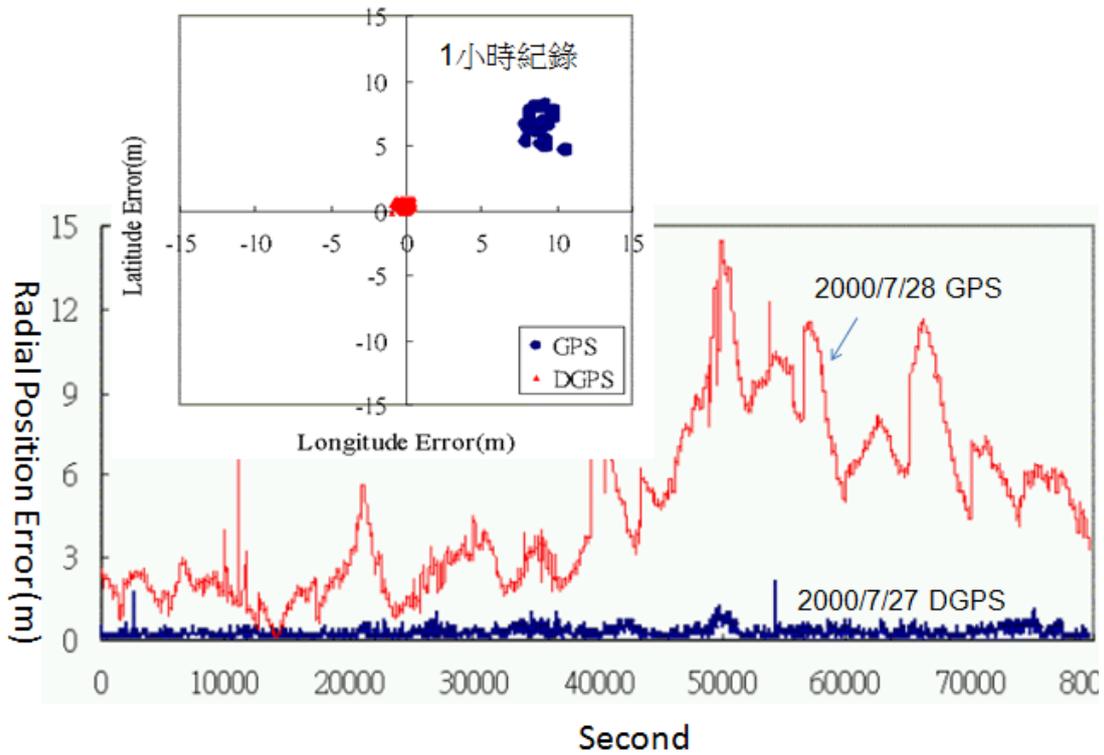


圖 3.10 Beacon-DGPS 與 GPS 的定位誤差比較(海大 DGPS 站)

RB-DGNSS 使用 283.5-325kHz 的中頻(MF)頻段，頻道間隔 0.5kHz，可透過 IALA 與 ITU 協調區域內各站所用的廣播頻率。該頻段主要靠地面波傳播，在海上傳播的衰減較小，因此海上的傳播距離可達在陸地上的 2-3 倍遠^[8]。以中國大陸為例，其 DGPS 站涵蓋距離都設定為 300km。

RB-DGNSS 的資料格式與傳輸特性的國際規範是 ITU-R M.823-3^[23]，服務的效能與監測則由 IALA 訂定的 "IALA Recommendation R-121^[19] 規範。在 DGNSS 的資料格式方面，ITU-R M823 係採用 RTCM 標準；IALA R-121 主要依據的也是 RTCM 標準與 RSIM 標準。

ITU-R M823 建議依需求採用的訊息種類如表 3-6。

表 3-6 海事 DGNSS 服務建議的訊息類別

DGPS 適用訊息		DGLONASS 適用訊息	
類別	說明	類別	說明
1	全部的衛星修正資料	31	全部的衛星修正資料
9	部分的衛星修正資料	34	部分的衛星修正資料
3	參考站參數	32	參考站參數
4	參考站坐標基準	4	參考站坐標基準
7	廣播站參數	35	廣播站參數
16	特殊訊息（文字）	36	特殊訊息（文字）
6	空訊息	6	空訊息
27	廣播站參數的擴增	27	廣播站參數的擴增

就 MF 頻段的 MSK 數據鏈路而言，在脈衝雜訊的影響下，將衛星修正資料以 3 個衛星為一組分別以較短的 Type 9 訊息（稱之為 RTCM Type 9-3）傳送的效果優於將全部衛星修正資料以單一 Type 1 長訊息，

因此國際規範多建議 Beacon DGPS 採用 Type 9-3。Type 16/36 主要用於傳送系統狀態資訊以及海道測量或氣象等航行相關資訊，每個訊息至多可傳送 90 個 ASCII 字元，其傳送間隔應超過 3 分鐘。ITU-R M.823 建議的 DGPS 訊息排程如下：

Type	Rate
9 or 1	Should be broadcast as often as possible
3	Should be broadcast at least twice every hour and after any change in reference station location
5	Should be broadcast at 5 min past the hour and every 15 min thereafter
6	Should be broadcast as required
7	Should be broadcast at 15 min intervals and after any change in broadcast station data. The message should include data on adjacent beacons
16	Should be broadcast as required
27	Should be broadcast at 5 min intervals and after any change in broadcast station data. The message should include data from a network of beacons

DGNSS 各參考站與廣播站的識別碼由 IALA 制訂指配方式如下：

Broadcasting Station ID	Geographical Area	Reference Station ID
000-099	Russian Federation, Commonwealth of Independent States.	000-199
100-199	Indian Ocean	400-599
200-299	Africa	200-329
300-399	Mediterranean/North Africa	400-599
400-539	Northern Europe/Baltic	600-899
600-699	China, Japan, Korea	600-799
600-629	China	600-659
630-659	Japan	660-719
660-674	Korea	720-749
700-749	Australia, New Zealand, South East Asia	000-299
700-729	Australia	000-059
730-739	New Zealand	060-119
740-749	South East Asia	120-199
750-899	USA	000-299
900-949	Canada	300-399
950-999	Caribbean, Mexico, Central and South America	400-559

1000-1023	Pacific Ocean	300-399
540-599	Spares	
	Europe, Africa	900-1023
	Americas	560-949
	Asia, Australia, Pacific Ocean	800-1023

依據 IALA 網站登錄的全球 DGNSS 服務現況 (2011 年 5 月 30 日查詢結果)，以 Radio beacon 傳送修正訊息時幾乎都是採用 Type 9，有些兼採 Type 1 與 Type 9，也有些國家 (例如：挪威、巴西、香港) 只採用 Type 1 傳送，資料傳輸速率皆採用 100bps 或 200bps，且大多數 DGNSS 站都已有 Integrity Monitor。提供 DGLONASS 服務的則只見烏克蘭的 3 個 DGNSS 站，但這 3 站都同時提供 DGPS 訊息。中國大陸沿岸 beacon DGPS 站傳送的訊息是 Type 9 與 Type 16。

有許多國家的 DGNSS 站是在 1995-2000 年間建置的，面臨設備汰換的問題，需要提早幾年編列預算。IALA 因此在 2006 年 12 月擬訂了 "Strategy for the Future of IALA DGNSS"，在考慮準確度、涵蓋範圍、可靠性與連續性、提供者與使用者的成本、是否為海事標準等因素後認為：IALA beacon DGNSS 的更新升級仍然是海事應用的首選。2008 年間由於多國設備已達汰換更新年限，IALA 評估此 DGNSS 服務的後續發展，評估後的決議是：應持續提供並隨著 GNSS 的發展更新此服務。依據 IALA Guideline No.1060 on Recapitalization of DGNSS (2011 年最新修訂版)，提供 DGNSS 服務的國家數正持續增加中，例如：越南於 2008 年開始提供服務；中國於 2008 年再新增 3 站，馬來西亞也更新服務同時增加站數。整體發展趨勢還包括：採用軟體式 RSIM 解決方案、研究試驗或實現虛擬參考站的概念。

3.4.2 利用 AIS 提供 DGNSS 服務

自 2004 年 AIS 成為 SOLAS 船舶強制安裝設備後，已有許多國家建立沿岸區域網路以改善海上交通控制。AIS 所用的頻段是海事特高頻 (VHF)，全球通用的 AIS 頻道是 161.975MHz 與 162.025MHz。每個頻

道切割成每分鐘 2250 個時槽，共 4500 個時槽提供傳送各種訊息。最主要的船位動態報告訊息只佔用一個時槽，由通訊範圍內各 AIS 船台自行組織安排傳送（稱為 Self-Organized Time-Division Multiple Access, SOTDMA）。

AIS 基地的國際技術規範^[24]訂定了利用 AIS 特高頻資料鏈路 (VHF Data Link, VDL) 訊息 Type 17 廣播 DGNSS 訊息給 AIS 船載臺的基本服務。此服務只是功能選項之一，並非 AIS 基地臺必須提供的服務，但是對於沒有建置 IALA RB-DGNSS 系統的區域而言相當重要。

除了發送端的 AIS 基地台以外，AIS 船載台也必須有對應的設計。AIS 設備基於通訊協定運作的需求，通常內建 GPS 接收機，但也可介接其他航儀或 GPS 定位訊息。國際標準要求 A 級 AIS 船載台報告的船位預設採用本船航行用的定位感測裝置做為資訊來源；但如果 AIS 船載台內建有 GNSS 接收機，外接的定位來源並未經過 DGNSS 修正，而且 AIS 船載台可以從 IALA RB-DGNSS 或 AIS VDL 取得 DGNSS 修正訊息，則 AIS 的船位報告應改採用此一內建 GNSS 接收機的 DGNSS 定位。這樣的切換機制與優先序已明確規範於設備型式認證的檢驗標準，可惜這一點在船舶設備檢驗時顯然沒有被嚴格要求，以至於不一定所有 AIS 船載台都會使用 DGNSS。

茲再就 AIS 船舶設備的 DGNSS 功能相關問題詳細說明如下：

SOLAS 船舶適用的 A 級 AIS 船載台的型式認證檢驗標準 IEC 61993-2^[25]並未強制要求內建 GNSS 接收機，但是依據 IALA 的調查，所有通過 AIS 設備廠商所設計製造的 AIS 都已內建 GPS 接收機（以 GPS 為 AIS 通訊必要的同步與 UTC 來源）。適用非 SOLAS 船舶的 B 級 AIS 船載台設備規範 (IEC 62287-1, Ed.1.0/2006, Ed.2.0/2010) 則已規定要內建 GNSS 接收機。因此，利用 AIS VDL 從 AIS 岸台廣播 DGNSS 修正資訊給所有 AIS 移動台，將可以使 AIS 船舶的航行與報位準確度，達到 DGNSS 等級，以符合 IMO Resolution A.915 (22) 的要求。雖然大部分船舶在安裝 AIS 設備時並沒有把從 AIS 接收到的 DGNSS 再分

送給本船的其他導航定位設備，以致可能無法同時提高航行準確度，但此服務至少可以讓船舶的 AIS 船位報告更準確可靠，有利於船舶交通管理以及船舶自動避碰。

船舶實際採用 Beacon 與 AIS 這兩種 DGNSS 服務的情形如何呢？全世界已有相當多國家在其沿岸建置 IALA DGNSS MF Beacon 系統，中國大陸沿岸也以 20 多站形成完整且重複涵蓋的 DGPS 服務網。但是 DGNSS beacon 接收機尚未被列為 SOLAS 船舶的必要設備，船舶尚未普遍安裝 Beacon 接收機，因此即使在 Beacon DGNSS 的涵蓋範圍內，仍有相當大比例的船位仍是未經 DGNSS 修正的。依據俄羅斯於 2007 在赫爾辛基公約 HELCOM 委員會提出的 St. Petersburg port 港區附近測試報告 (<http://meeting.helcom.fi/>)，只有 15%-18% 的 SOLAS 船舶安裝可接收 Beacon DGNSS 訊號的 DGNSS 接收機；裝有 class A AIS 的船舶之中 40% 無法以 AIS 基地台傳送的 DGNSS 訊息修正其 AIS 船位報告；在 AIS 基地台停止傳送 DGNSS 訊息後，AIS 船臺在 30-40 秒內會切換回到未經修正的 GNSS 定位模式。

AIS Type17 是基地台專用的傳送訊息，在通訊協定上採用指配模式而不是自主安排的模式，必須由基地臺以 AIS Type 20 資料鏈路管理訊息宣告固定的傳送排程，指定將在哪些時槽傳送周期性的 DGNSS 訊息。也就是說 AIS 的 DGNSS 訊息基本上是採用 FATDMA(Fixed Allocation Time-Division Multiple Access)，但必要時也可以用累進式 TDMA(Incremental TDMA, ITDMA)或隨機式 TDMA(Random Access TDMA, RATDMA) 協定取得時槽傳送。Type17 訊息是屬於安全相關的功能訊息，優先序列為第二，僅次於船位報告。

以 AIS 提供 DGNSS 服務的方式是由 AIS 基地台連接 DGNSS 資料源並設定提供 Type 17 廣播給 AIS 船台接收，資料內容依據 ITU-R Recommendation M.823-2，但不包含 preamble 與 parity，訊息格式如表 3-7 與 3-8。

表 3-7 AIS Type17 DGNSS 訊息內容與格式

參數	位元數	描述
Message ID	6	訊息識別碼17；；一律設為17
Repeat indicator	2	此訊息已被重傳的次數； 0-3：預設為0；3表示不要再repeat
Source ID	30	AIS基站的海事行動通訊識別碼MMSI
Spare	2	保留欄位；應設為0
Longitude	18	DGNSS參考站測量位置的經度（單位:0.1分）
Latitude	17	DGNSS參考站測量位置的緯度（單位:0.1分）
Spare	5	備用欄位，設為0
Data	0 - 736	差分修正資料（如下表）
總位元數	80 - 816	若N=0則有80位元；若N=29則有816位元

表 3-8 AIS Type17 訊息中差分修正資料欄位的內容與格式

參數	位元數	描述
Message type	6	Recommendation ITU-R M.823
Station ID	10	Recommendation ITU-R M.823 station identifier
Z count	13	Time value in 0.6 s (0-3 599.4)
Sequence number	3	Message sequence number (cyclic 0-7)
<i>N</i>	5	Number of DGNSS data words following the two word header, up to a maximum of 29
Health	3	Reference station health (specified in Recommendation ITU-R M.823)
DGNSS data word	<i>N</i> 24	DGNSS message data words excluding parity
Total number of bits	736	Assuming <i>N</i> 29 (the maximum value)

以 AIS 提供 DGNSS 服務還有下列幾個應注意事項：

- (1) 收到的修正訊息還要再依據 ITU-R M.823 恢復 preamble 與 parity 才能用於 DGNSS 定位。
- (2) 如果從不同的來源（例如多個 AIS 基站）收到 DGNSS 訊息，應優先選用最近的 DGNSS 參考站，並考慮 Station Health 和 Z-count(亦即參考時間)。
- (3) 基站傳送 Type17 DGNSS 修正訊息時應考慮資料內容是否過時以及更新間隔對於 DGNSS 準確度的影響。而且應該以足夠維持 DGNSS 的準確度為原則，避免過度密集傳送造成 AIS VDL 不必要的通訊負荷。

關於以 AIS 岸台提供 DGNSS 服務，IALA 提供的建議方案如圖 3.11。依 DGNSS 資料取得方式之不同分為 A、B、C 三種：

方案 A 是用 MF Beacon 接收機接收 Beacon DGPS 以 MF 無線電廣播的 DGNSS 訊息；方案 B 是透過數據電信網路從 Beacon DGNSS 參考站取得 DGNSS 訊息；方案 C 則是在 AIS 基站本地自行設置參考站產生 DGNSS 訊息。

方案 A 與 B 的資料來源都是 Beacon DGPS，差異在於透過 MF Beacon 還是數據電信網路取得，取得的修正資料也都已有 Beacon DGPS 的 Integrity Monitor 監測，但是傳到岸台再透過 AIS VDL 廣播到 AIS 船台這段並不在原 Beacon DGPS 的 IM 監測範圍內，所以應該再用 AIS 接收機建立 AIS 本身的 IM。至於此 IM 如何運作，IALA 並無具體建議。我們認為至少應依據 IM 的監測結果修改 Type17 訊息內的 Station Health，必要時以 AIS 安全訊息發出警告。

方案 C 則相當於以 AIS 通訊系統建立一完整的 DGPS 服務，須自設完整性監測，但當地參考站可能不必自行設置，可評估利用現有為了國土測繪而設置的資源。

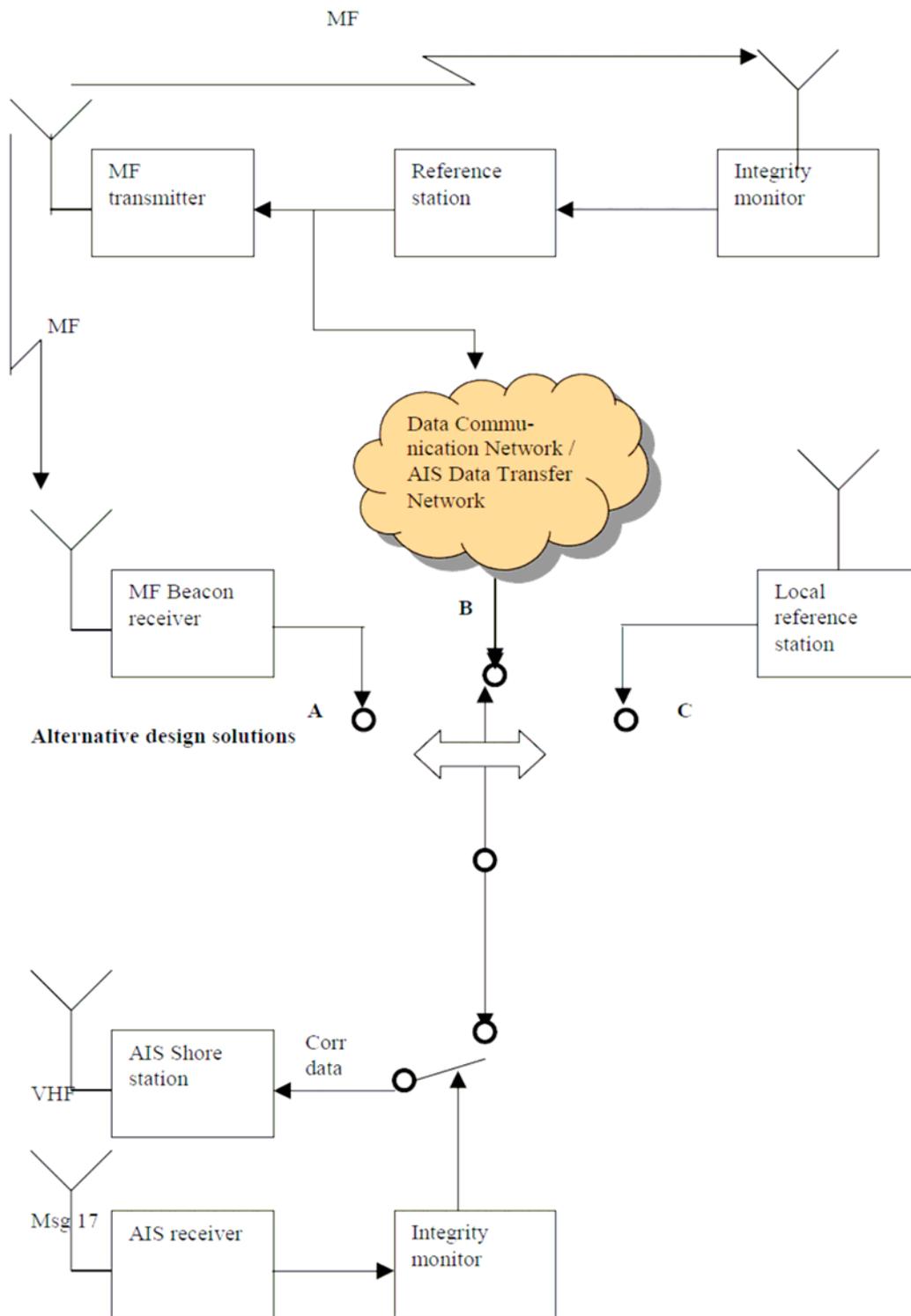


圖 3.11 以 AIS 提供 DGNSS 服務的 IALA 建議方案

3.5 我國 DGNSS 相關資源

3.5.1 內政部國土測繪中心的資源

內政部國土測繪中心已建構的高精度電子化全球衛星即時動態定位系統稱為「e-GPS 即時動態定位系統」，是架構於網際網路通訊及無線數據傳輸技術的 GPS 即時動態定位系統。目前提供的即時性衛星動態定位服務包括：

(1)公分級精度虛擬基準站即時動態定位(VBS-RTK)

(2)次公尺級精度網路化電碼差分即時動態定位(Networked DGPS)

e-GPS 系統是由衛星定位基準網、控制計算中心、移動站使用者這三大單元組成。衛星定位基準網必須有實地建置的 e-GPS 衛星基準站連續接收 GPS 觀測資料，並連續透過網際網路(Internet)將 GPS 原始觀測資料即時傳輸至控制及計算中心。目前的建置狀況如圖 3.12 (2011/10/5 擷取自 <http://www.egps.nlsc.gov.tw/index.html>)。

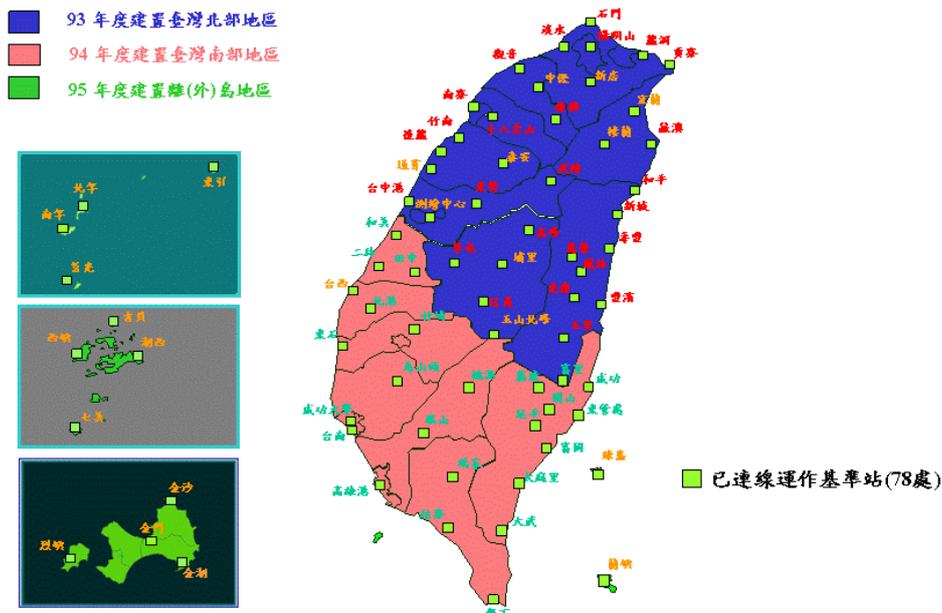


圖 3.12 國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站分佈略圖

控制計算中心負責：連續進行 GPS 觀測資料之品管、儲存、處理與遠端監控；連續計算產生區域性定位誤差修正資料；組成虛擬基準站衛星觀測資料；配合 RTCM 網際網路傳輸通訊協定 (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, NTRIP)，將虛擬基準站衛星觀測資料 (RTCM 格式) 傳送至移動站。使用的是美國 Trimble Navigation 公司所研發的 GPSNet 定位系統軟體。

移動站使用者則須：下載移動站 GPS 原始衛星觀測資料並計算產生導航坐標；透過行動網路和 NTRIP 協定軟體將導航坐標 (NMEA 格式) 傳輸至控制及計算中心；聯合移動站觀測資料及虛擬觀測資料進行 RTK 定位解算或利用網路 DGPS 修正定位。

除了 e-GPS 之外，內政部國土測繪中心也已於後龍設置 Beacon-DGPS 系統，但尚未正式對外公告。

無論是要利用這些資源或是要建立新的系統，都免不了要透過網際網路傳輸 RTCM 資訊，因此必須能了解並運用 Ntrip 標準。

3.5.2 RTCM 的網際網路傳輸標準 Ntrip 與訊息解碼

Ntrip 是採用網際網路通訊協定的 RTCM 網路傳輸標準^[26]，由 RTCM 組織訂定，其英文全名為 "Networked Transport of RTCM via Internet Protocol"。2004 年出版的 Version 1.0 編號 RTCM Standard 10410.0；2009 年出版的 Version 2.0 編號是 RTCM Standard 10410.1。我國內政部的 e-GPS 系統採用的是 Ntrip Version 1.0。

Ntrip 是透過網際網路串流 GNSS 資料的應用層通訊協定。以 HTTP(Hypertext Transfer Protocol)與 RTSP(Real Time Streaming Protocol)為基礎，在 HTTP/TCP/IP 或是 RTSP/TCP/IP 與 RTP/UDP/IP 連線上進行通訊，預設的 TCP 傳輸埠號是 2101。Ntrip 雖然以 HTTP 為基礎，實際上與 HTTP 標準仍略有差異，類似於網路無線電與視訊會議所採用的 IP 串流技術。

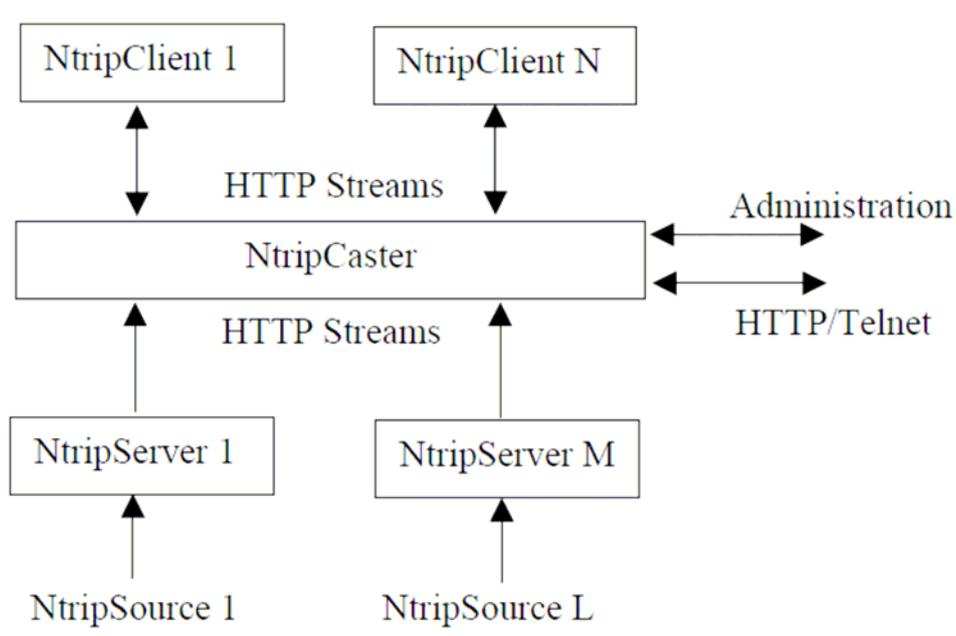


圖 3.13 Ntrip 的系統架構

Ntrip 的系統概念如圖 3.13，以 NtripClient, NtripServer 與 NtripCaster 這 3 套程式實作。就 HTTP 通訊協定而言，NtripCaster 才是真正的 HTTP Server，NtripClient 與 NtripServer 都屬於 HTTP Client 程式。RTCM 資料串流由各地的 NtripSource(即 GNSS 參考站或基準站)產生後，透過 NtripServer 傳輸給 NtripCaster，由 NtripCaster 分送給各個要求資料串流的 NtripClient。使用配有 NTRIP 功能的 GPS 接收機，用戶只需接上 Internet，便可以取得修正信號，從而獲得更準確的 GPS 定位。

NtripServer 為每個 NtripSource 的資料串流定義一個稱為「掛載點 (mount point)」的來源識別碼，NtripClient 就以這個識別碼向 NtripCaster 指定要從哪個 NtripSource 取得資料串流。NtripCaster 會維護一個 Source-Table，Table 中記錄著資料串流的屬性、資料串流網路、或 NtripCaster 的參數。如果 NtripClient 送出的掛載要求是無效的，NtripCaster 會以最新的 source-table 回覆告知 NtripClient。Source-Table 中以 STR 開頭的紀錄是描述資料串流(data Stream)，其餘各欄位意義說明如表 3-9。

表 3-9 Ntrip Source-table 的資料串流記錄欄位說明

#	參數	意義	範例
1	STR	此記錄描述資料串流	STR
2	掛載點	NtripCaster mountpoint	LEIJO
3	識別	來源識別，例如城市	Frankfurt
4	格式	資料格式(RTCM、RAW)	RTCM 2.3
5	詳細格式	RTCM 訊息類別或原始資料格式，括號內是以秒為單位的更新間隔	1(1),3(30) MBEN(1)
6	載波	資料串流是否含載波相位 0=No ; 1=L1; 2=L1&L2	0 2
7	導航系統	導航系統	GPS+ GLONASS
8	網路	網路	IGS
9	國家	ISO 3166 國家代碼	DEU
10	緯度	概略位置的緯度	-12.14
11	經度	概略位置的經度	10.12
12	NMEA	Client 是否須以 NMEA GGA 訊息傳送其概略位置	0 是 No ; 1 是 YES
13	解法	串流資料是由單一參考站還是參考站網所產生	0 是單站 ; 1 是網路
14	產生器	產生資料串流的硬體或軟體	GPSNet
15	壓縮加密	使用的壓縮/加密演算法	none

16	身分認證	接收此串流的認證保護： N 是無認證要求；B 是基本認證；D 是用 Digest	N B
17	費用	N 是不收費；Y 是要收費	
18	資料速率	資料串流的速率(bps)	5000

```

SOURCETABLE 200 OK
Server: Trimble-iGate/1.0
Date: Sat, 02 Jul 2011 16:09:50
Content-Type: text/plain
Content-Length: 1898

STR:Hualien/RTK:Hualien/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Kinmen/DGPS;Kinmen/DGPS;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);0;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Kinmen/RTK;Kinmen/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Lienchiang/DGPS;Lienchiang/DGPS;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);0;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Lienchiang/RTK;Lienchiang/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Middle/RTK;Middle/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:North/RTK;North/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Penghu97/RTK;Penghu97/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);0;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Penghu/RTK;Penghu/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:South/RTK;South/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Taitung/RTK;Taitung/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Taiwan/DGPS;Taiwan/DGPS;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:Yilan/RTK;Yilan/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:West/RTK;West/RTK;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;B;N;0;
STR:RBN_HL;RBN_HL;RTCM 2.3;;0;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;0;Charisma;none;B;N;0;
STR:WADGPS;WADGPS;RTCA;;0;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;TMS;none;B;N;0;
STR:TEST;TEST;RTCM 2.3;1(1),3(10),18(1),19(1);2;GPS;NLSC;TWN;0.00;0.00;1;1;Trimble GPSNet;none;N;N;0;
ENDSOURCETABLE

```

圖 3.14 從 e-GPS 的 NtripCaster 取得的 Source Table

依據從內政部 e-GPS 網站(NtripCaster)取得的 source-table，如圖 3.14，對照 Ntrip 標準可得該 Source Table 所描述的串流服務概況：e-GPS 共有 15 個掛載點，提供 DGPS 與 RTK 兩種服務；資料格式採用 RTCM 2.3 標準；訊息種類(間隔)是 1(1),3(10),18(1),19(1)；除了 RBN_HL 以外，所有掛載點資料串流都是由 Trimble GPSNet 產生。NtripCaster 的識別代碼是 Trimble-iGate，採用的 Ntrip 版本是 1.0。

欲建立 NTRIP 連線可以到 BKG's GNSS Data Center 網站 (<http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ntriphomepage>)免費取得 NTRIP Client 軟體 GNSS Internet Radio。點選 Broadcaster 後設定連結的 IP、port、使用者帳戶、使用者密碼，接著設定好想要透過哪種方式接收資料並從

source table 選出參考站，即可接收 RTCM 修正訊息。

也可透過撰寫程式的方式，使用 HTTP 的 GET 方法，向 Caster 端取得 source table，再透過 HTTP 的 GET 方法傳送欲透過哪個參考站接收資料，並將使用者 ID 及密碼經 base64 編碼後藉由網路傳送進行身分認證，即可接收 RTCM 修正訊息。

若要對接收到的 RTCM 訊息進行通訊延遲或資料內容分析統計，則必須再設計 RTCM 的解碼程式。BKG's GNSS Data Center 網站上也有提供 RTCM 解碼軟體，但每次只會顯示最新一筆的訊息，雖無法記錄或統計，卻可以用來和自行撰寫的程式比對驗證是否正確。

RTCM 訊息由 word 組成，每個 word 有 30 個位元，前兩個 word 如圖 3.6。為了在 8-bit 的環境中傳輸，採用"6-of-8"格式，也就是每 6 個真正的資訊位元，加上兩個高位元（第 7 個設為 1，第 8 個設為 0）組成一個 Byte，所以 Byte 數值應該在 $2^6=64$ 與 $2^7-1=127$ 之間。從 Byte 中取出 6 個資訊位元後，因為這 6 個資訊位元在送出時會被翻轉次序，所以收到後解碼時必須再次翻轉。此外，為了解決 bi-phase 數據傳輸調變時的正負號的不確定性，RTCM 的 parity 演算法是設計成跨越 word 邊界的，所以得要依據前一個 word 第 30 個位元(以 d^*30 表示)是 0 還是 1，決定是否將 word 內的資訊位元(以 $d1\sim d24$ 表示)取補數。因此，RTCM 資料的解碼處理流程如圖 3.15。

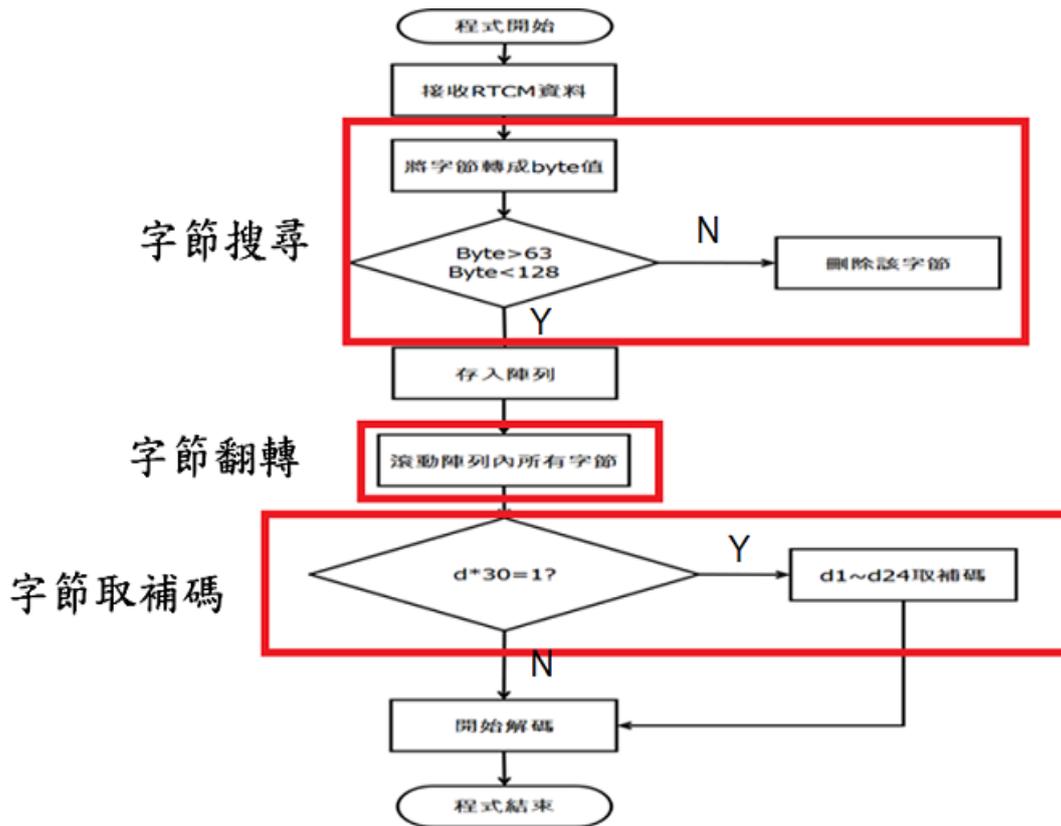


圖 3.15 RTCM 訊息的解碼處理流程

3.6 現有 DGNSS 資源評估

3.6.1 以 Beacon DGPS 接收機評估後龍 DGPS 站

為了解後龍 Beacon-DGPS 訊號廣播的實際狀況，以及 MF Beacon 訊號傳播到達基隆的可用情形，因此以 Beacon-DGPS 接收機（美國 Starlink 公司的 DNAV-212 型號設備）對內政部設置於苗栗縣後龍鎮的 DGPS 廣播站進行接收測試。

第一次測試的時間地點是：2011 年 3 月 10 日下午 16:20-18:50 在海洋大學延平技術大樓東北側電子海圖研究中心上方樓頂。從實測記錄檔中統計得出該站在此 2.5 小時內 DGPS 修正訊息中 Station Health 標示為 "Unhealthy" 的比例為 0%，但是 "Unmonitored" 的比例高達 45%，表示該站的 RS 常常沒能收到 IM 的回饋訊息。

第二次測試的時間地點是：2011/08/23 12:50-15:20 (約 2.5 小時) 在海洋大學延平技術大樓 11 樓頂陽台中央空曠處（南側有部分被山遮避），距離後龍 DGPS 站約 133km，實測時的資料顯示畫面如圖 3.16。實測時設定修正資料的可用時限(Age of Data Limit, AOD limit)為 30 秒，超過此時限沒能收到新資料則轉為 GPS 模式，結果有 99.7% 的定位記錄是 DGPS 模式。這段時間內的 Station Health 僅 0.03% 是 unmonitored，沒有 unhealthy 情形。所以從 DGPS 改用 GPS 的情況主要還是雜訊造成的 Beacon 收訊不良所致。

由於缺少測試位置的精確測量坐標，僅取 DGPS 定位值平均為中心點，估算定位誤差分佈狀況如圖 3.17，右上方少數的定位點(佔 0.3%)即是從 DGPS 轉成 GPS 模式定位時，明顯偏離 DGPS 定位平均值的情形。實測結果整理如表 3-10。

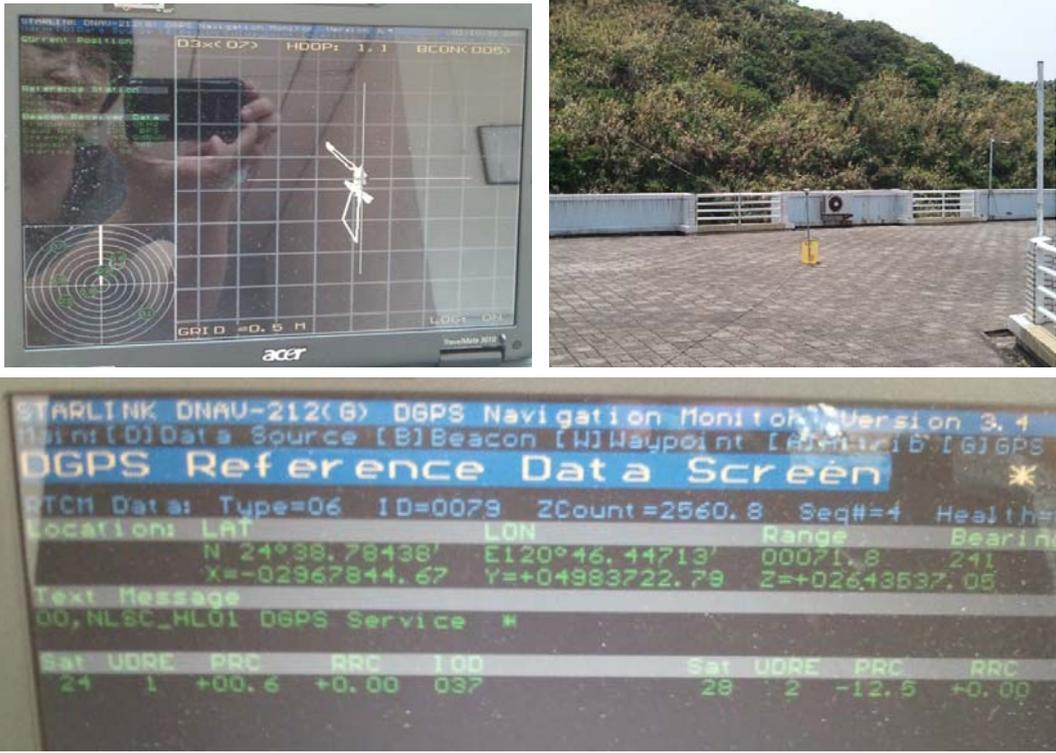


圖 3.16 以 Beacon-DGPS 測試後龍 DGPS 站的實測情形

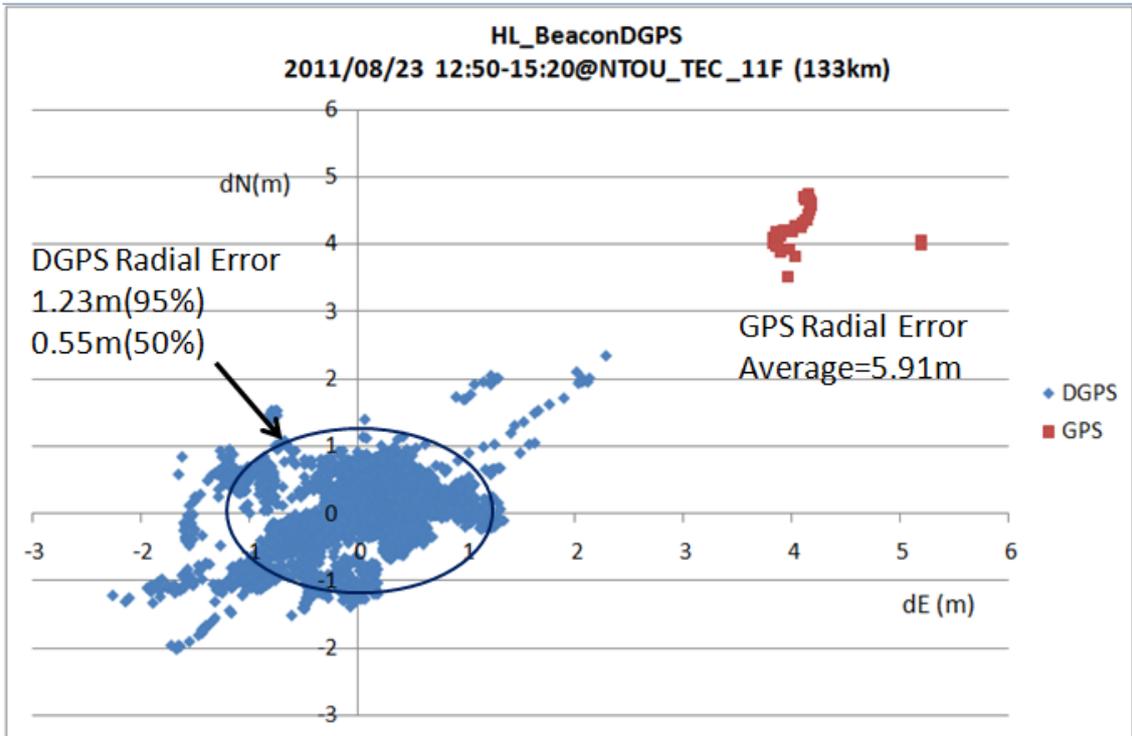


圖 3.17 以 Beacon-DGPS 測試後龍 DGPS 站的定位結果

表 3-10 後龍 Beacon DGPS 站實測結果

項目	測得或收到的值	說明
參考站 ID	0079	此 ID 屬於指配給 Russia, New Zealand, USA 的範圍, Asia/Australia/Pacific Ocean 可用的 Spare ID 包括:800~1023
參考站位置 (RTCM Type#3 傳送內容)	ECEF 坐標值 x=-02967844.67 ; y=+04983722.79 ; z=+02643537.05 ;	換算成 WGS84 經緯度: 24.6464063 N, 120.7741188 E 參考站相對於海大測站的方位/距離: 241°/71.9 哩
廣播站 ID	0078	取自 RTCM Type#7 傳送內容
廣播站位置	緯度 24.948254 N, 經度 121.230510 E	取自 RTCM Type#7 傳送內容
廣播頻率	320kHz	與中國大陸鎮海角站同頻率, 而鎮海角站位於 24 16N, 118 08E, 相距約 300km, Ref ID=632/633, 恐於兩站間的臺灣海峽造成互相干擾的問題。
資料速率	200 bps	測得, 同 RTCM Type#7 傳送內容
測得訊號強度	45.0dBuV/m	一般以 50 dBuV/m 為涵蓋範圍界線
測得訊雜比	6~10dB	
收得訊息種類	#3, #6, #7, #9, #16	#3 是參考站參數; #6 是空訊息; #7 是廣播站的參數; #9 是 DGPS 訊息; #16 訊息文字是 "NLSC_HL01 DGPS Service"

此外，經由與國土測繪中心的合作，我們從後龍 DGPS 站取得了同時段的 IM 監測記錄檔，繪製其定位誤差分佈如圖 3.18。從圖 3.17-18 來看，後龍 DGPS 站 RS 產生的修正訊息用於 133km 遠的使用者接收機，其誤差散佈距離雖比同樣在後龍站的 IM 增加但不致太大。

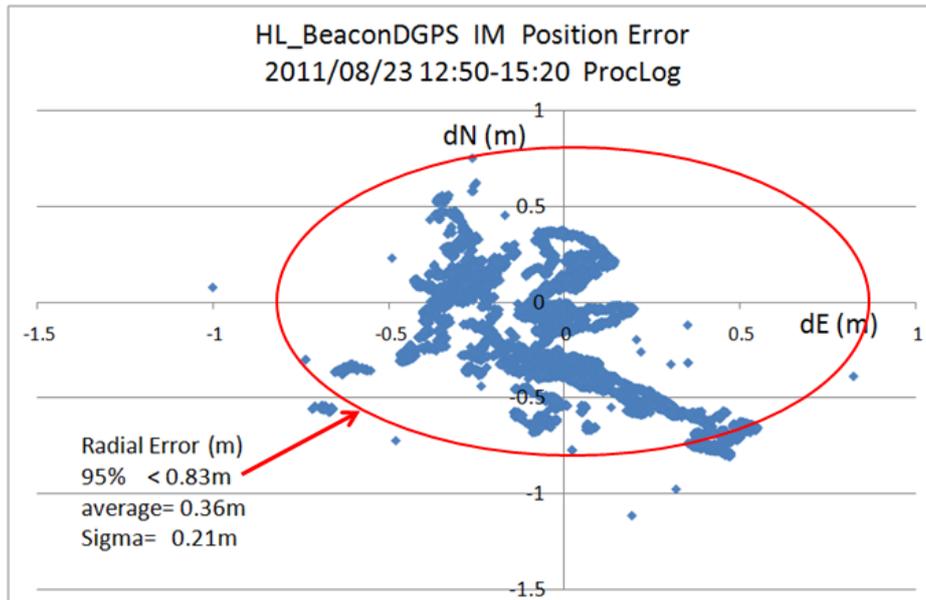


圖 3.18 Beacon 測試同時段的後龍 DGPS 站 IM 定位狀況

再詳查測試期間後龍 DGPS 站記錄的 Unmonitored 狀況及其對應的 Time to Alarm 過程，發現當 IM 無法求得 post-broadcast IM 的解，RS 約在 3 秒後會把 RTCM 訊息標示成 "Unmonitored"，而當 IM 於 3 秒後已能確認一切正常，RS 也跟著在大約 3 秒後就把 Station Health 改回正常值。已符合 Time to Alarm 在 10 秒內的要求。

3.6.2 透過內政部 e-GPS 網路評估後龍 DGPS 站

我們以自行設計之 Ntrip Client 與解碼記錄程式，從 e-GPS 網站的後龍 RB-DGPS 掛載點接收並分析該站傳送的 RTCM 訊息，實測所得後龍 RB-DGPS 站訊息排程，並與 ITU/IALA 的建議比較如表 3-11。

表 3-11 實測 e-GPS 之後龍 Beacon DGPS 站訊息排程

訊息	排程	ITU/IALA 建議
Type#3	自每小時 14 分 30 秒起，間隔 30 分鐘	間隔 30 分鐘、 參考站位置變更時
Type #5	自每小時 4 分 30 秒起，間隔 15 分鐘	自每小時 5 分起， 間隔 15 分鐘
Type #6	需要時	需要時
Type #7	自每小時 6 分 30 秒起，間隔 10 分鐘	間隔 15 分鐘、廣播站參 數變更時（包括鄰站）
Type #9	間隔約 1 秒	盡可能密集傳送
Type #16	自每小時 9 分 40 秒起，間隔 12 分鐘	需要時

StationHealth: NLSC_HL01 RB-DGPS via e-GPS, 2011/06/11 24hr.

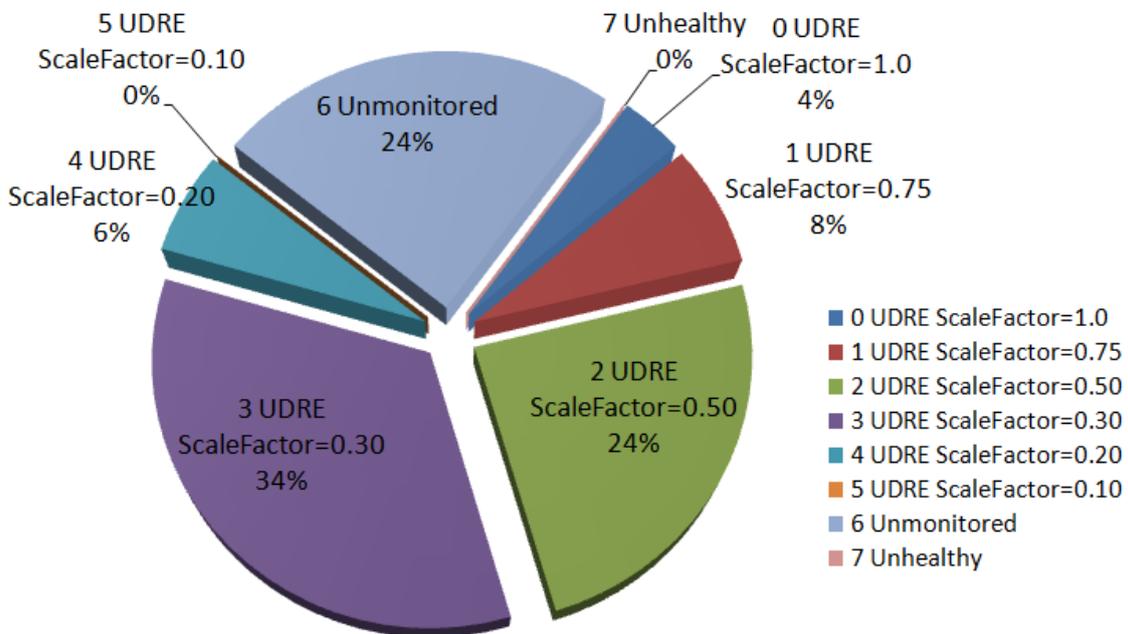


圖 3.19 透過 e-GPS 接收後龍 DGPS 站監測狀況統計（24 小時）

圖 3.19 是於 2011 年 6 月 11 日從海洋大學透過網路連接 e-GPS 後龍掛載點持續接收記錄 24 小時，統計該站各 RTCM 訊息內的 Station Health 狀態資訊，結果出現 unmonitored 狀況的間隔時間最長約為 6 小時， unmonitored 狀況至少 4 次持續超過 1 小時。

與國土測繪中心聯繫得知是因為該段期間空調系統有問題，發射機經常無法正常運作，IM 無 Beacon 廣播訊號可接收所致。待該問題於 8 月下旬解決後再測的可用訊息統計結果如圖 3.20，其中 8/27-29 是採用三天的平均值，計算方式是以 Type9 訊息的 Station Health<6(亦即屬於 monitored & healthy)的比例計算。狀況已明顯改善許多，若能持續，應該可以達到國際標準的要求。

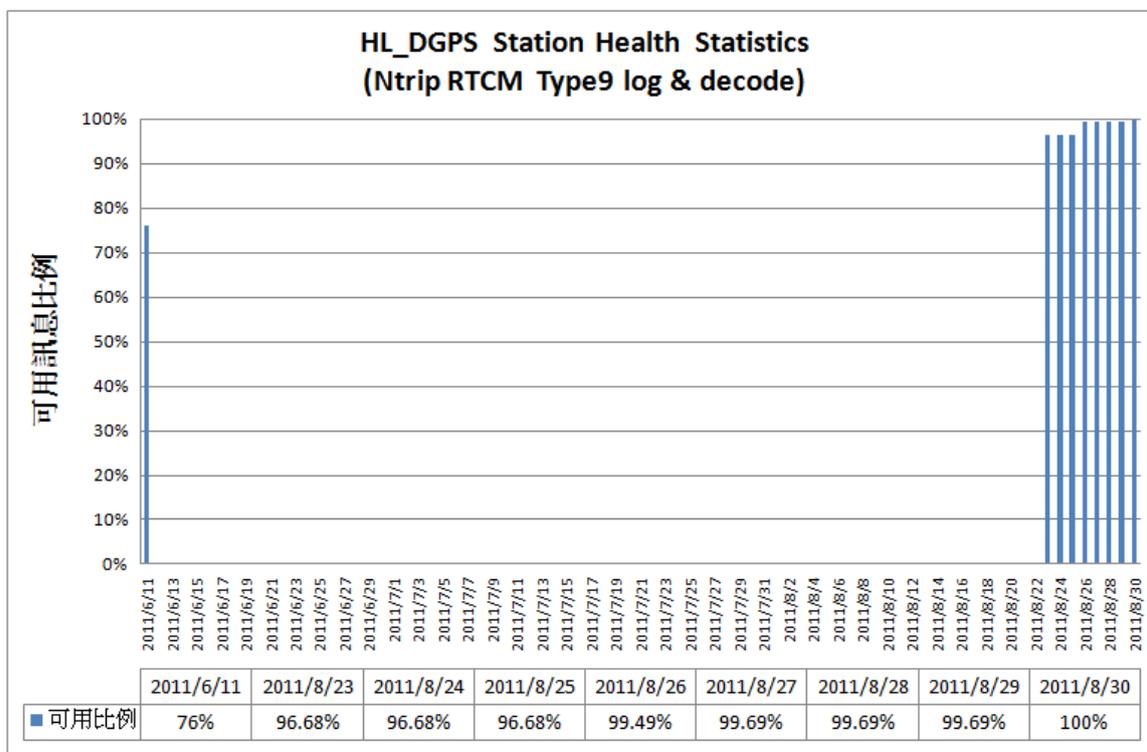


圖 3.20 後龍 DGPS 可用訊息比例統計(透過網路接收)

IALA R-121 對於 Availability 有更詳細而具體的計算規定，茲摘要說明如下。以兩年為期，以秒為時間單位計算；視為 Unavailable 的情況包括：廣播訊號未傳送；訊號未被監測(即 Station Health=6)，但若證明僅是控制網路的問題可予扣除；訊號太弱(比正常值少了 4dB 以上)；訊號不健康(即 Station Health=7)；間歇訊號，如果連續可用時間不超過

20 秒，則該短暫可用時間仍視為不可用（反之，如果瞬間無法使用情形不超過 21 秒，則該短暫瞬期間可以不列計為 unavailable）。

3.6.3 內政部 e-GPS 網路 DGPS 與後龍 DGPS 站測試比較

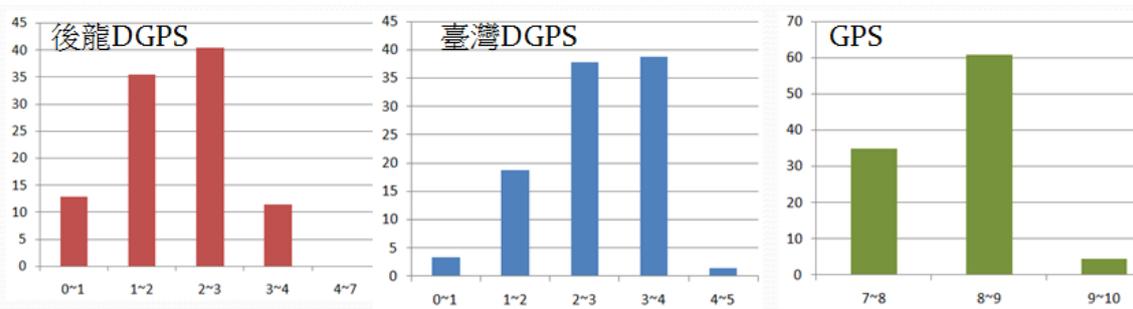
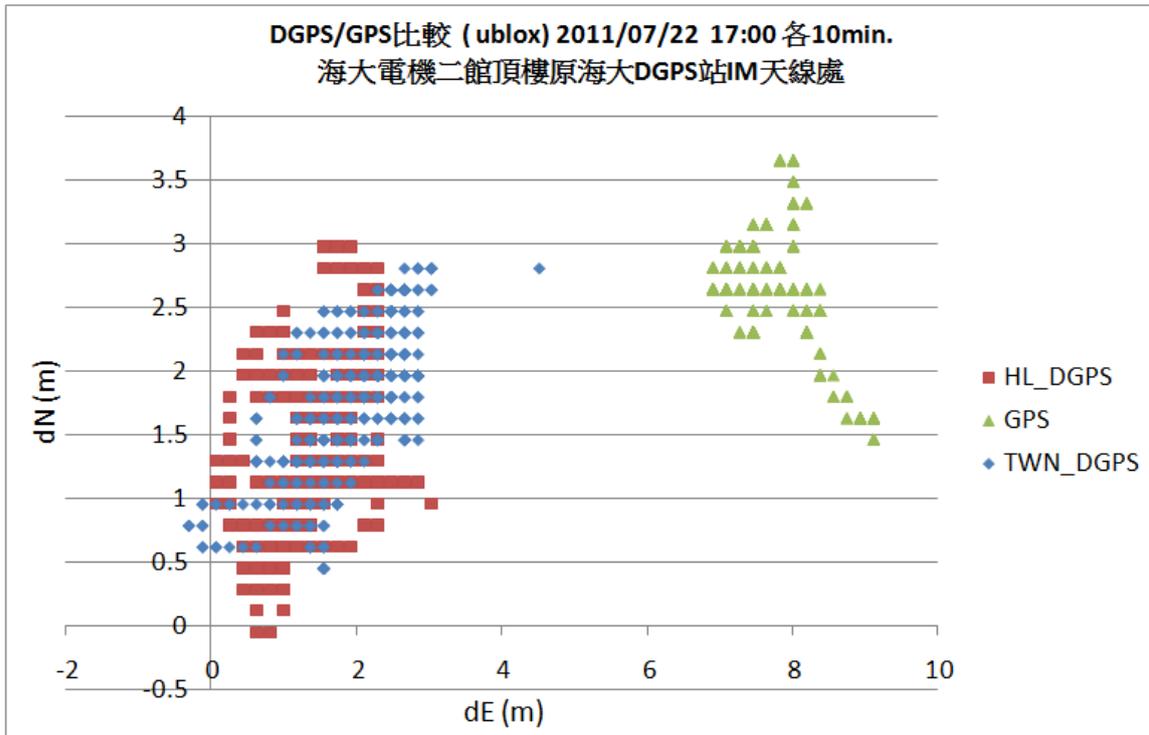
內政部 e-GPS 的網路 DGPS 站是以 RTCM Type1 提供修正資料，而且必須提供用戶端的位置坐標；後龍 Beacon-DGPS 站是以 Type9-3 提供修正資料，可見衛星的修正資料分散在 2-3 筆訊息中。為測試這兩個資料來源的差異，我們透過網路分別連接後龍站與臺灣站進行 DGPS 定位，並與 GPS 定位狀況比較。時間是 2011/7/22 17:00 起；定位測試所用設備是 ublox 4 接收機；測試位置在海洋大學原有 DGPS 站的 IM（已知準確測量坐標），如圖 3.21 放在電機二館頂樓水塔邊牆上白色 IM 天線盤中央的黑色小盒；DGPS RTCM 訊息是以 3G 行動上網，使用自行設計的 Ntrip 軟體接收後提供給 ublox，每次測試 10 分鐘。



圖 3.21 測試比較不同 DGPS 資料來源的實驗位置

測試比較的結果如圖 3.22。在測試的短暫 10 分鐘內，使用後龍 DGPS 略優於使用臺灣站的網路 DGPS 定位，但差異不大；而單純以

GPS 定位雖然誤差散佈似乎較小，卻有一較大的偏差。狀況類似於圖 3.10 海大 Becaon-DGPS 站的 DGPS 與 GPS 定位誤差比較。



NTRIP 連接點	水平誤差 平均值	水平誤差 中位數	水平誤差 DRMS	95% 水平誤差
後龍DGPS	1.95 m	2.01 m	2.68 m	3.35 m
臺灣DGPS	2.64 m	2.75 m	3.40 m	3.75 m
無(GPS)	8.22 m	8.27 m	8.66 m	8.93 m

圖 3.22 NTRIP 網路 DGPS 各站與 GPS 定位誤差比較

3.7 港區航行階段無線電助導航定位服務規劃

3.7.1 技術方案的選擇

進出港與港區航行階段的航行定位原本主要依賴目視與雷達，對應的助導航設施是燈標與雷控標(Radar Transponder Beacon, RACON)等。高雄港、台北港、基隆港、台中港港口防波堤端點都已有設置 RACON，提供相對定位。

在 2004-2008 年間船舶開始全面安裝使用 AIS，並逐漸依賴其避碰功能後，因 AIS 主要採用 GPS 定位，船岸兩端的使用者不得不正視 GPS 定位效能的問題。此問題在 2012 年開始強制 SOLAS 船舶電子海圖顯示與資訊系統後的 e- 化航行時代，更是不容忽視。而增強 GPS 或 GNSS 的 DGNSS 應該是現階段解決方案的首選，尤其是透過 MF Beacon 或 VHF AIS 等地面無線電廣播的國際標準 DGNSS。這兩種技術在交通部委託的研究計畫中都已做過試驗。MF Beacon 的天線用地面積大，而且高功率發射機設備與大型天線的維護較不容易，VHF AIS 相對較易維護。但是就如本章「利用 AIS 提供 DGNSS 服務」一節中所述，船載 AIS 設備即使有內建 GPS 接收機，該接收機也不一定有 DGPS 功能。由此看來，還是應該優先建置 MF Beacon DGPS。

若要提供 AIS-DGPS 服務，須依傳送間隔透過 AIS 的頻道管理指定 AIS Type 17 DGPS 訊息的傳送時槽，以實際設備測試的結果是資料來源格式最好是 RTCM Type 1 而不是 RTCM Type9-3，間隔建議設在 2 秒，太長則 Time-to-Alarm 時間容易超出 10 秒，太短則出現船載台處理不及導致無法成功以 DGPS 定位的問題。以 2 秒間隔之 RTCM Type1 測試的結果，AIS 船載台以每筆 AIS Type17 DGPS 訊息定位的成功率達到 99.9%。以兩天的測試結果而言，在 AIS 基站未傳送 DGPS 時，AIS 船載台內建 GPS 接收機的定位準確度在 16-23m(95%)，基站提供 DGPS 訊息服務後，定位準確度提高到 3-4m(95%)。海大參考 RSIM

標準設計的 AIS-DGPS 完整性監測，也已測試確認可達成 10 秒的 Time-to-Alarm 要求。

就港區航行階段的助導航服務而言，完整性監測與示警的重要性不亞於定位準確度。無論 MF Beacon 或 AIS VDL，傳送 DGNSS 訊息的數據通訊鏈路都應該有專屬的監測設備與系統設計。但是產生 DGNSS 修正資料的參考站則可考慮採用虛擬參考站。

3.7.2 船載設備安裝使用狀況評估

為了解臺灣海域航行船舶的 DGPS 相關設備安裝使用情形，在無法逐船調查的情形下，我們試著從歷年來累積的 AIS 船位報告記錄及其時空環境下的 DGPS 相關服務提供情形進行概略的分析，結果如下：

2005/12/1-15 於台中港接收的 AIS 船位報告，曾以 DGPS 定位的船舶僅佔 18%。使用的 DGPS 服務應該以中國大陸沿岸的 Beacon-DGPS 服務，因此推估此 18% 為當時船舶安裝 Beacon-DGPS 接收機的比例。此比例與 2007 年 St. Petersburg port 的結果(15~18%)相近。

2003 年高雄港建置 AIS 系統時（在國際船舶開始逐漸安裝 AIS 的時期）曾以 AIS 提供 DGPS 廣播，單日測試資料大約 160 艘船舶中，有 50% 能以 DGPS 定位（接收的可能是 Beacon 或 AIS 廣播的 DGPS）。

以 2009 年 4 月海大 AIS 基站接收之基隆附近海域 AIS 船位報告資料分析船舶使用 DGPS 情形如圖 3.23。基隆 AIS 收訊範圍內能以 DGPS 定位的船舶佔 35%，但基隆港內與接近港口附近僅 24% 船舶曾以 DGPS 定位。而能以 DGPS 定位的船舶中，DGPS 定位比例 >90% 者僅分別佔 58%（全區）與 38%（港區）。表示具備 DGPS 接收能力的船舶在遠離中國大陸或日本的沿岸 Beacon-DGPS 廣播站後，愈接近基隆港愈難持續獲得 DGPS 修正定位服務。

臺灣海域鄰近的 Beacon DGPS 服務現況如圖 3.24。

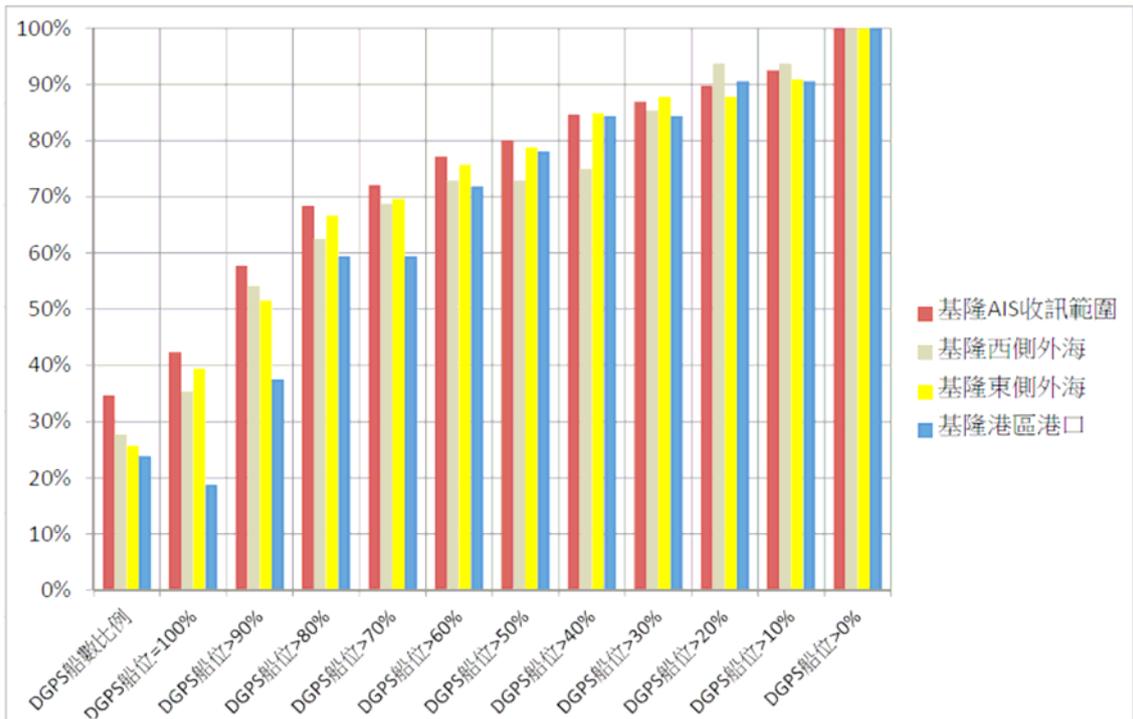


圖 3.23 基隆海域與港區船舶 DGPS 能力與 DGPS 可用情形



圖 3.24 東亞區域 IALA DGPS 站分佈

圖 3.24 的 DGPS 站標示圖和內嵌的天達山、鎮海角、鹿嶼站覆蓋圖分別取自 GNSSPro 網站 (<http://www.gnsspro.com/>) 與中國海事局 (<http://www.aton.gov.cn/>)。

臺灣海峽的大陸沿岸有天達山與鎮海角的雙重覆蓋。基隆位於其單站覆蓋範圍。天達山 Beacon DGPS 站離海大約 210km 遠，實測結果其訊號在海大的可用率僅約 50%。

3.8 小結

港區航行階段的無線電助導航定位服務的水平定位絕對準確度須達 10m 內，可得率須達 2 年 99.5%-99.8%(依交通量與風險高低而定)，連續性須達 15 分鐘(99.97%)，且 Time-To-Alarm 應<10 秒。

無論是 Beacon-DGPS 或 AIS-DGPS，目前船舶設備的配合情形仍有待提升。雖然船舶安裝 Beacon 接收機的安裝比例低於 AIS，但 Beacon-DGPS 用於船舶導航，透過 AIS 接收的 DGPS 可能只用於船位報告。

在 e-化航行環境逐漸依賴 GNSS 定位的情形下，港區航行階段的無線電助導航定位服務以能同時提高定位準確度又能有完整性監測機制的 DGNSS 服務為主，其通訊鏈路可分為 Beacon-DGPS 與 AIS-DGPS 兩種。若要達成國際標準要求或與各沿岸國一致，仍應優先建置 Beacon-DGPS。建議可再以 AIS-DGPS 提供港區的多重覆蓋，也藉由 AIS 的安全訊息功能提供 GNSS /DGNSS 相關系統警示訊息。

內政部的後龍 Beacon-DGPS 站有部分參數須再調整，但整體而言應可成為我國官方提供的第一個正式運作的國際標準 Beacon-DGPS 服務。e-GPS 系統資源可用於 DGNSS 資料來源與完整性監測，但為避免網際網路的通訊效能影響 DGNSS 的可得率，建議無論 Beacon-DGPS 或 AIS-DGPS 都應有本地參考站做為資料來源，此本地參考站可同時提供資料給 e-GPS。

第四章 船舶動態資訊融合與決策支援

4.1 船舶動態資訊來源分析

4.1.1 船舶雷達

自從IMO的電子海圖顯示與資訊系統(Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)設備性能標準於1995年通過後，雷達目標資訊就已經開始整合到ECDIS的電子海圖上顯示，而雷達影像的整合則屬於ECDIS的功能選項之一。雷達設備本身也開始試圖整合更多的海圖相關功能。而在2002年船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)成為SOLAS(海上人命安全國際公約)強制要求安裝的船舶設備之後，AIS與雷達的整合更成為必然的趨勢。

新的技術與需求已反應到法規的修訂：IMO於2004年底修改雷達設備性能標準—MSC.192(79)，該決議案取代了先前的所有關於雷達與目標測繪裝置的所有決議案。為此，IEC依據IMO的最新雷達設備性能標準而統合原有的相關標準，擬定新的雷達設備檢驗與型式認證標準IEC 62388^[27]。新的雷達設備標準IEC 62388將取代所有原有的雷達系列標準與目標測繪系列標準。此一最新船舶雷達設備標準的修改重點除了讓S-band雷達可以採用新技術之外，主要著重在「整合」與「操控顯示」。新標準的顯控技術規範以ECDIS與AIS的相關標準為基礎，並要求導航資訊顯示與操作介面更趨於一致。在介面配置、亮度、對比、色彩、符號、介面用文數字術語與縮詞、功能群組劃分...等等都有相當嚴謹的軟硬體規範。在航儀資訊整合方面，則要求處理並動態顯示各種狀態下的雷達與AIS目標(以及結合後的目標)、介接的航儀感測器(包括：電羅經、GPS/dGPS/GLONASS/dGLONASS、對地航速、對水航速、航向、船艏向)都必須監測其資訊狀態並適時產生警報、需提供目標與地圖整合的多重顯示模式(真實運動/相對運動、North-up/Course-up/Head-up)等。

IMO 雷達設備性能標準(MSC.192(79))要求目標距離(Range)準確度是 30m 或距離尺度的 1% (取其較大者), 目標方位(Bearing)準確度 1°以內。此外, 脈波的形狀、目標閃爍、量化誤差、觸發的設定等因素通常使得雷達目標相對距離的誤差增加到±74m。波束的形狀、目標閃爍、天線反彈、±10°的船體俯仰橫滾、量化誤差、電羅經誤差、船輝線對準等因素, 也對目標的真實方位造成約±2.2°的誤差, 若觀測平臺是移動中的船舶, 則電羅經誤差以及本船的運動影響更大。

IMO 雷達設備性能標準-MSC.192(79)要求追蹤設備應該在穩定追蹤 1 分鐘內呈現目標的相對運動趨勢, 並在 3 分鐘後預測該目標的運動, 且準確度 (95%機率) 要求如表 4-1:

表 4-1 SOLAS 船舶雷達目標追蹤的準確度要求

穩態時間 (分)	相對航向	相對航速(節)	真實航向	真實航速(節)	CPA (浬)	TCPA (分)
1	±11°	±1.5 或 10%	—	—	±1.0	—
3	±3°	±0.8 或 1%	±5°	±0.5 或 1%	±0.3	±0.5

IEC 62388 參考各相關船舶設備標準的感測誤差 (如表 4-2) 訂出雷達目標追蹤的測試標準。其中針對感測誤差之影響的測試主要是以腳本 1 進行。IEC 62388 雷達目標追蹤功能測試腳本共有 5 個: 腳本 1 的本船以 20 節朝正北航行, 所用感測誤差條件如下表; 腳本 2 是本船靜止且以 10°/s 作±180°轉向, 同時追蹤兩個以 20-30 節航行的目標; 腳本 3 是本船以 30 節航行且以 10°/s 作±180°轉向, 同時追蹤的航行中目標亦以反方向旋轉; 腳本 4 是針對目標交換問題的測試; 腳本 5 則是多目標(10 個)的測試。其中只有腳本 1 是有加感測誤差的測試。也就是說 IEC 62388 標準並未要求檢測本船操船轉向時因感測誤差對雷達目標追蹤性能造成的影響。

表 4-2 IEC 62388 雷達目標追蹤測試所用的感測誤差

設備	項目	準確度要求
雷達	目標閃爍	200m 的目標船舶，船長方向 $\sigma=30\text{m}$ ；船寬方向 $\sigma=1\text{m}$
	俯仰橫滾	10°roll 的平均誤差 0.22°，疊加一峯值 0.22° 的正弦波
	波束形狀	造成方位誤差 $\sigma=0.05^\circ$
	脈波形狀	造成 3 σ 距離誤差 2m (1 $\sigma=0.66\text{m}$)
	天線反彈	造成方位誤差至多 $\pm 0.05^\circ$ (矩形分佈)
	量化誤差	方位誤差至多 $\pm 0.1^\circ$ ；距離誤差至多 ± 0.01 浬
電羅經	校準誤差 0.0°， $\sigma=0.08^\circ$	
測速儀	校準誤差 0.0 節，3 $\sigma=0.2$ 節	
註：所有感測誤差合併造成的方位誤差應小於 $\pm 0.6^\circ$		

雷達的顯示係將掃描取得回跡的距離與方位(R θ)轉換成 XY 雷達畫面，預設以 Head Up(HU)模式顯示；加上 Gyro 可選擇 North Up(NU)模式；若有 GPS 提供本船經緯度，在搭配 Gyro 提供的 Heading，修正 GPS 與雷達天線的偏移量後，可獲得雷達目標的經緯度位置。

但 ARPA (Automatic Radar Plotting Aid) 雷達目標追蹤器是從雷達回跡處理而得目標資訊，取得的目標位置不一定是目標的中心點 (尤其是對於大型船舶而言)，而所得的目標位置在時間上也大約有雷達天線轉一圈所需時間的落差 (以 24~48rpm 而言，約 2.5~1.25 秒)。

IMO MSC.192 要求能以文數字形式顯示被選取之雷達追蹤目標的下列資訊：資料來源、距離、方位、CPA、TCPA、真實航向、真實航速。這些目標資訊可以透過 IEC 61162-1 標準序列埠通訊介面訊息中的

\$RATTM 訊息類別取得。

4.1.2 船舶自動辨識系統(AIS)

IMO 的雷達設備標準要求處理的 AIS 特高頻無線電數據鏈路(VHF Data Link, VDL)訊息種類如下：

- (1) #1,2,3,5 (Class A AIS 船載台的動靜態報告)；
- (2) #18,19,24 (Class B AIS 船載台的動靜態報告)；
- (3) #4 (AIS 基地台報告)；
- (4) #9 (搜救飛機用 AIS 報告)；
- (5) #21 (航標用 AIS 報告)；
- (6) #12, 14 (安全相關訊息)。

對於 AIS 目標，IMO MSC.192 也要求能以文數字形式顯示下列資訊：資料來源、船舶識別、航行狀態、位置及其定位品質、距離、方位、COG、SOG、CPA、TCPA、艏向、轉向率。如果選擇對水穩定(sea stabilization)，則應以 CTW(Course Through Water)與 STW(Speed Through Water)取代 COG 與 SOG。如果接收的 AIS 資訊不完整，必須明確標示該項欠缺的資訊為"missing"。

AIS 目標資訊的取得主要由本船的 AIS 接收機接收目標船透過 VDL 傳送的報告訊息。報告間隔依船舶航行狀態、航速以及是否轉向中而定，此報告間隔也可做為判斷是否「失去 AIS 目標」的依據。表 4-3 是 IMO MSC.192 為 lost AIS target 訂定的判斷準則：

表 4-3 AIS 標準報告間隔與失去 AIS 目標的判斷準則

Category of ship	Nominal reporting interval class A	Lost target maximum interval class A	Nominal reporting interval class B	Lost target maximum interval class B
Ship at anchor or moored and not moving faster than 3 kn (class B not moving faster than 2 kn)	3 min	18 min	3 min	18 min
Ship at anchor or moored and moving at more than 3 kn	10 s	60 s	3 min	18 min
Ship 0 kn– 14 kn (class B 2 – 14 kn)	10 s	60 s	30 s	180 s
Ship 0 kn– 14 kn and changing course	3 1/3 s	60 s	30 s	180 s
Ship 14 kn– 23 kn	6 s	36 s	30 s	180 s
Ship 14 kn– 23 kn and changing course	2 s	36 s	30 s	180 s
Ship >23 kn	2 s	30 s	30 s	180 s
Ship >23 kn and changing course	2 s	30 s	30 s	180 s

4.2 動態目標的關聯結合

4.2.1 IEC 的雷達與 AIS 目標關聯測試腳本

雷達追蹤所得的目標資料和接收自 AIS 報告的動態資料可能屬於同一船舶，但是除了各受到不同的感測或處理誤差影響之外，在將這兩組資料關聯融合時更需注意資料在時間或時戳上的不同。

IEC 62388 對於 AIS 目標(以下簡稱 AIS)與雷達追蹤目標(以下簡稱 TT)的關聯，提出的測試腳本有 4 個，對於關聯與解除關聯的準則參數則未提出建議或預設值，但認為實際應用上允許使用者調整的範圍應達預設值的 300%，而且目標關聯的演算法應提供遲滯處理的機制，以限制在關聯與解除關聯的程序之間跳動不定。

IEC 62388 的 4 個目標關聯測試腳本的本船都是靜止的，AIS 與 TT 的 Range、True Bearing、COG、SOG 也都設為相同：腳本 1 測試 AIS 與 TT 因相距太遠而解除關聯；腳本 2 測試 AIS 與 TT 因方位差異太大而解除關聯；腳本 3 測試 SOG 相等，COG 差 180 度，迎艏正遇的 AIS 與 TT 兩目標之間距離再怎麼接近也不被關聯；腳本 4 測試的是在 AIS 與 TT 目標都變更航向航速的情況下仍維持關聯，不受時間延遲或因

AIS 報告間隔變更而在不同時間收到位置資訊的影響。

4.2.2 雷達與 AIS 目標位置的相關性

雷達目標經緯度位置是以目標相對於本船雷達天線的方位 (Bearing) 距離 (Range) 以及本船 GPS 定位計算得出的結果，內含 GPS 定位誤差以及 range 與 bearing 的誤差。若以 range 誤差 74m，bearing 誤差 2.2° ，GPS 定位誤差 15m 計算，則目標的經緯度在離本船 1 浬處約有 $74+71+(15\times 2)=175\text{m}$ 誤差，離本船 10 浬處有 $74+710+(15\times 2)=814\text{m}$ 誤差。AIS 目標的經緯度則不論距離都是大約 15m 的 GPS 定位誤差，而此誤差在距離 1 浬處只會造成約 0.9° 的 bearing 誤差，在 10 浬處的 bearing 誤差更只有 0.09° 。

由此可見，位置的相關性檢測應該在方位距離的坐標系統上進行，而且應該優先檢測相對較準確的 range。此距離相關性的閘門值 (稱為 r gate) 可以 $74+(15\times 2)=104\text{m}$ 為基礎。bearing 相關性的閘門值 (稱為 θ gate) 在距離 r 大於 1 浬時可取 $2.2^\circ+0.9^\circ=3.1^\circ$ ，r 小於 1 浬時取 $2.2^\circ+(0.9^\circ/r)$ 。

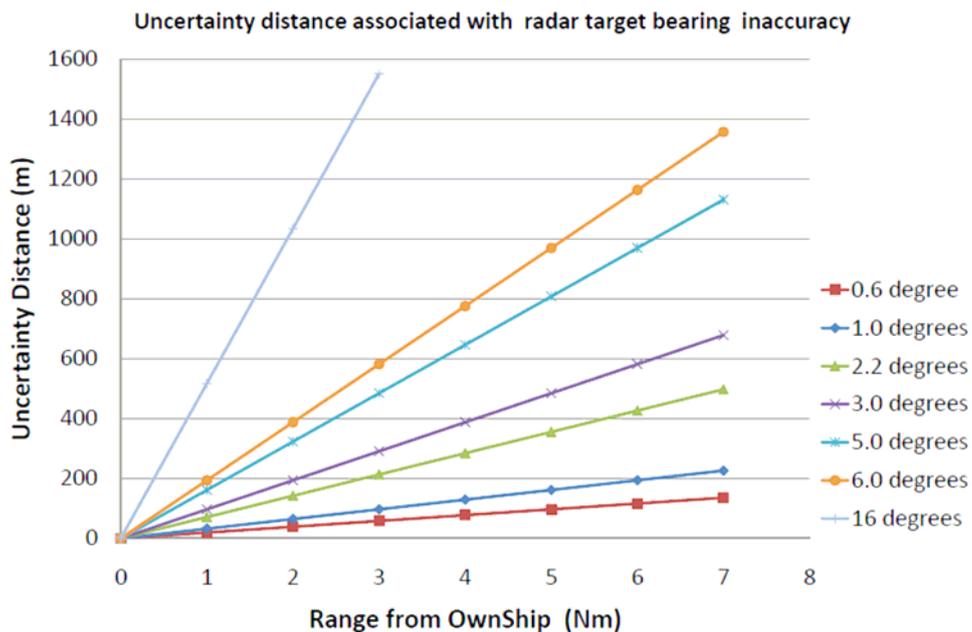


圖 4.1 雷達目標方位誤差造成目標之間距離的不確定性

4.2.3 雷達與 AIS 目標之航向與航速的相關性

AIS 目標報告的 COG 與 SOG 取自 GPS，因此其準確度由 GPS 決定。而 GPS 所得 SOG 的準確度是 0.4 kn，COG 則依航速而定，在 SOG > 2 kn 時 COG 的準確度約 2.0°，低速時的 COG 誤差相當大，應避免採用。

雷達目標的 SOG 與 COG 是由 ARPA 追蹤器從雷達目標軌跡得出相對運動的航向航速，再加上本船的 SOG 與 COG 後計算得之。一旦船舶開始操縱轉向，就容易使誤差增大。若以 IEC 的雷達目標追蹤準確度測試為依據，可取雷達目標追蹤 COG 誤差為 5°，SOG 誤差 1.5 節。

因此 AIS 與雷達目標的 SOG 相關性閾門值可設為 0.4+1.5=1.9 節，COG 相關性閾門值可設為 2°+5°=7°（適用於 SOG > 2 節）。另一個相關性檢測的方式則是結合 SOG 與 COG，以速度向量的方式比較 AIS 目標與雷達目標的速度向量差值，既可確保航向與航速同時關聯，也比較不受低速時的誤差影響。

4.2.4 海上實測資料分析

以上各節都是基於設備標準與各航儀感測器工作原理的理論推估值，實際上需要以不同船舶與設備在不同海象天候狀況下以不同的情景或腳本進行廣泛測試，才能掌握適用真實環境的參數值。

文獻中雖有不少關於雷達與 AIS 目標資訊差異比較或融合的研究^[28-30]，但其所用數據幾乎都是模擬產生的，少數使用的實測數據也是在岸上靜態平臺蒐集的，較適用於 VTS 應用需求，與海上動態船舶可實際接收到的目標資料有相當大的差異。

本計畫利用海洋大學海研二號研究船出海測試寬頻雷達的機會，記錄本船與目標船舶的雷達與 AIS 實測數據，以分析了解在實際動態操船環境下兩資料來源的差異。海測日期是 2011 年 4 月 14 日與 5 月 31 日。地點在基隆港與深澳灣之間的沿岸海域。AIS 資料係以架設於海研二號的 AIS 船載台記錄取得，雷達目標資料則是透過介接海研二

號本身的 Sperry 雷達而記錄取得，另亦以架設於海洋大學電子海圖研究中心的 AIS 岸台同步記錄海域的 AIS 目標資訊。

實測結果取得 TT#50 與 TT#53 兩艘目標船，從 AIS 得知這兩艘船都是貨輪，AIS 天線相對於船舶艏艉與左右舷的位置如圖 4-2。海上實測環境以及目標船與本船相對位置如圖 4-3，圖 4-4 是本船與目標船的軌跡，其中 Target #50 與 Target#53 是雷達目標追蹤所得軌跡，標示 636011275 與 416317000 的軌跡取自與上述雷達目標同時段接收的 AIS 船舶報告。

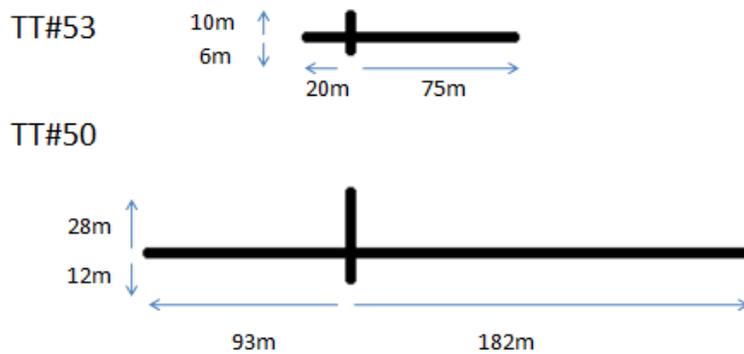


圖 4.2 目標船 AIS 天線相對於艏艉與左右舷的位置



圖 4.3 基隆嶼東北方海上實測記錄畫面

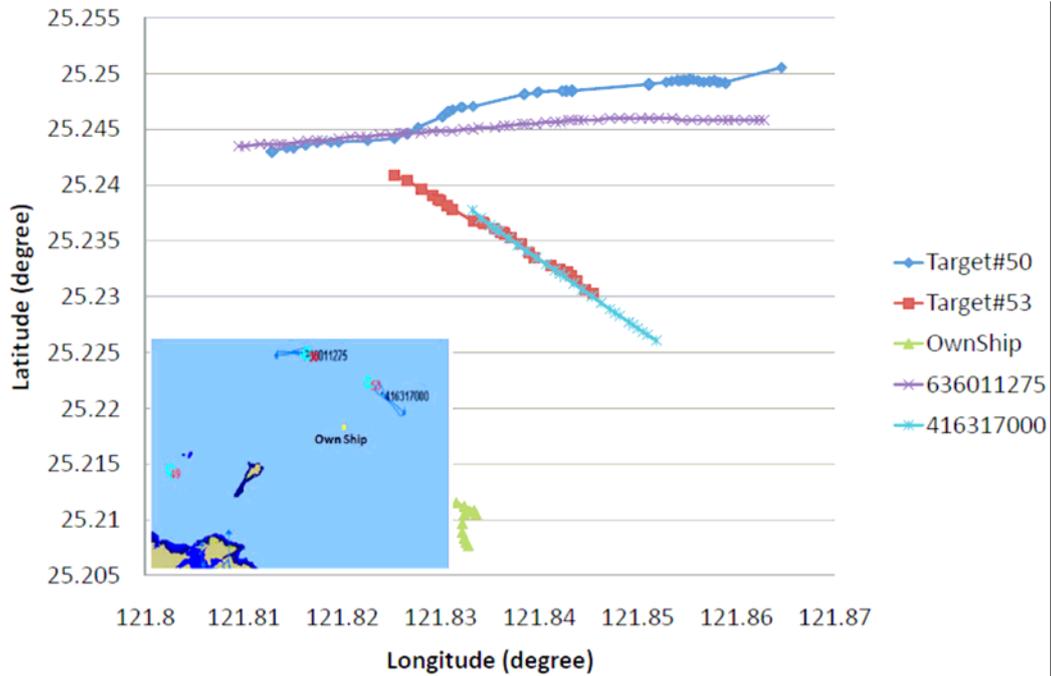


圖 4.4 海上實測之目標與本船軌跡

以下各圖是實測記錄經解碼取得之各航儀感測值的比較分析，從圖中也可大致看出本船的轉向與加減速操船對雷達目標自動測繪結果的可能影響。

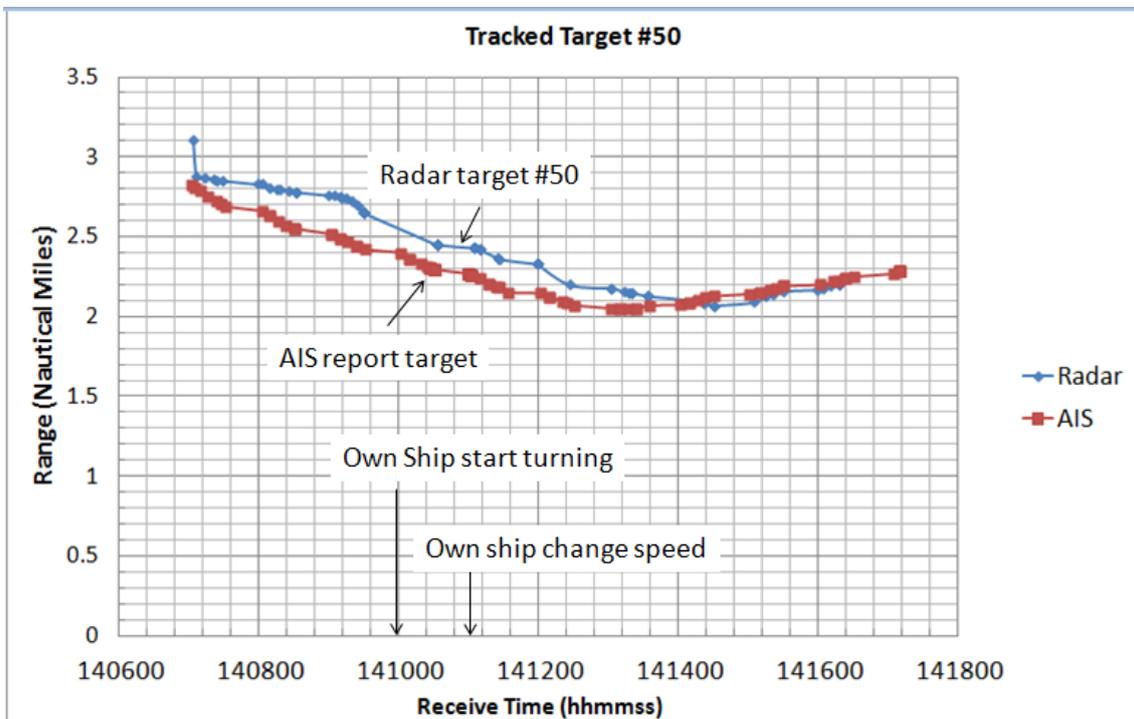


圖 4.5 雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 Range 值比較

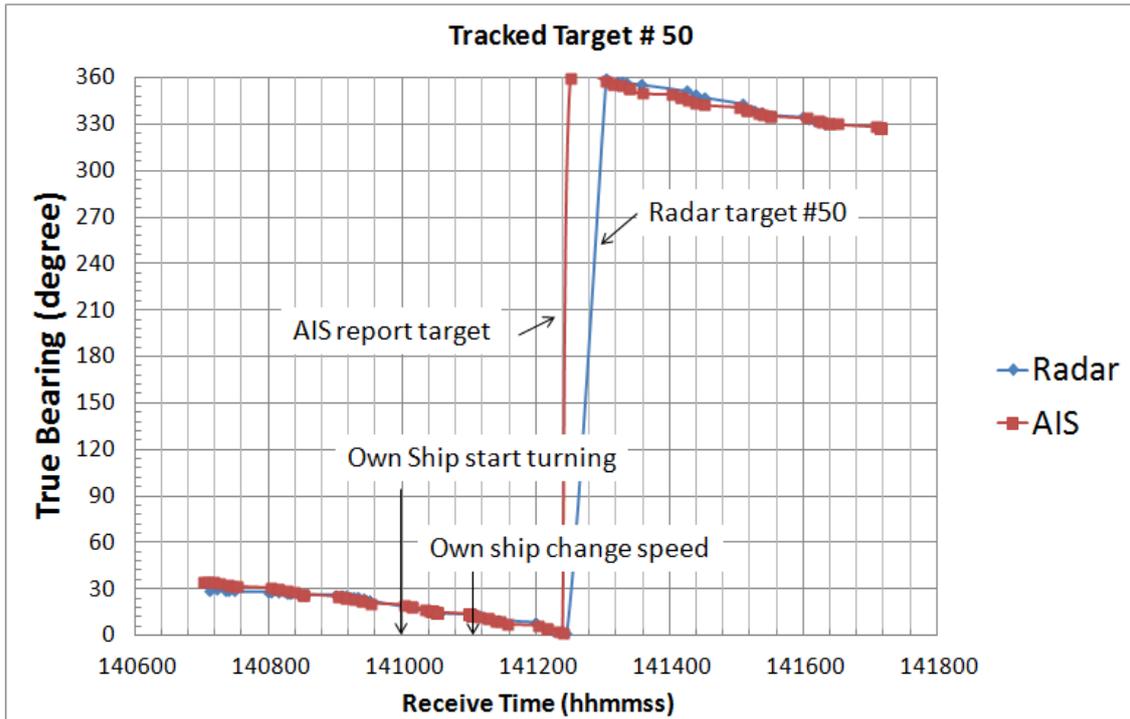


圖 4.6 雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 Bearing 值比較

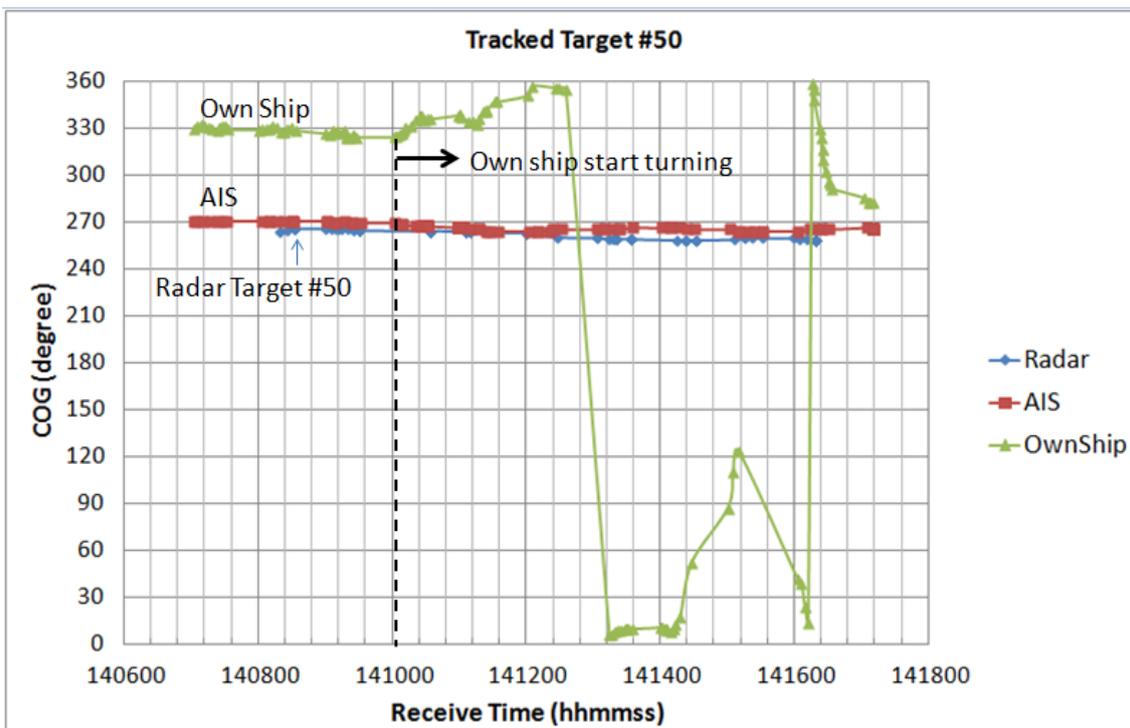


圖 4.7 雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 COG 值比較

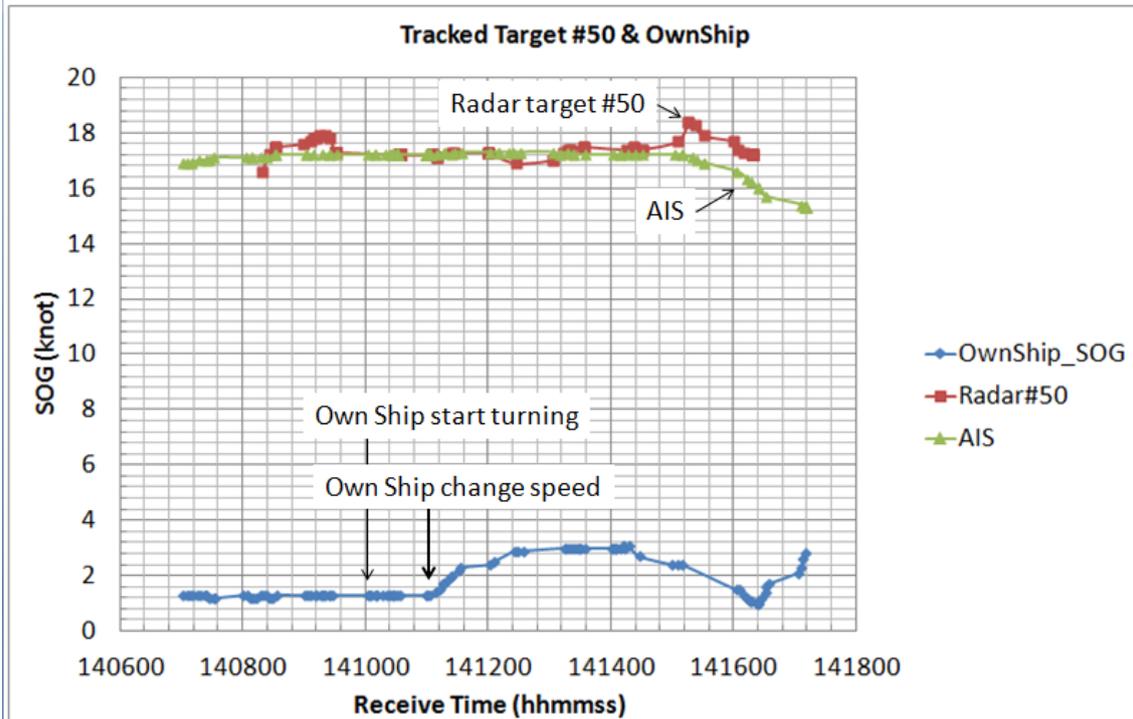


圖 4.8 雷達追蹤目標#50 與其 AIS 的 SOG 值比較

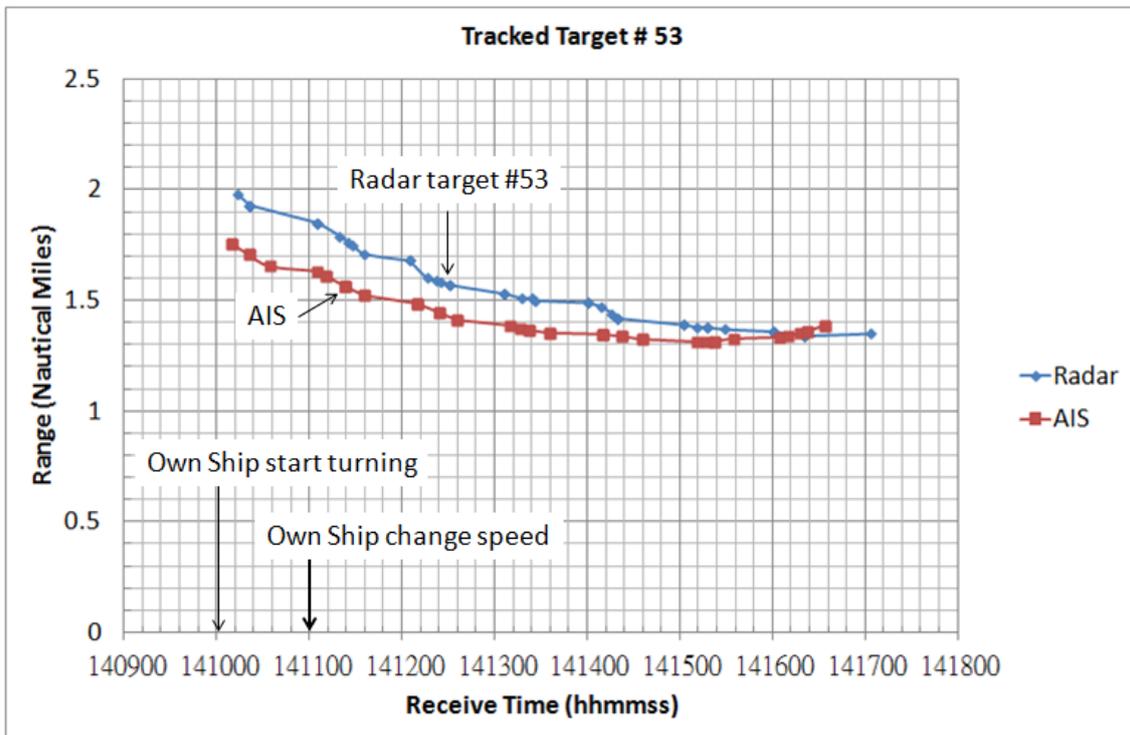


圖 4.9 雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的 Range 值比較

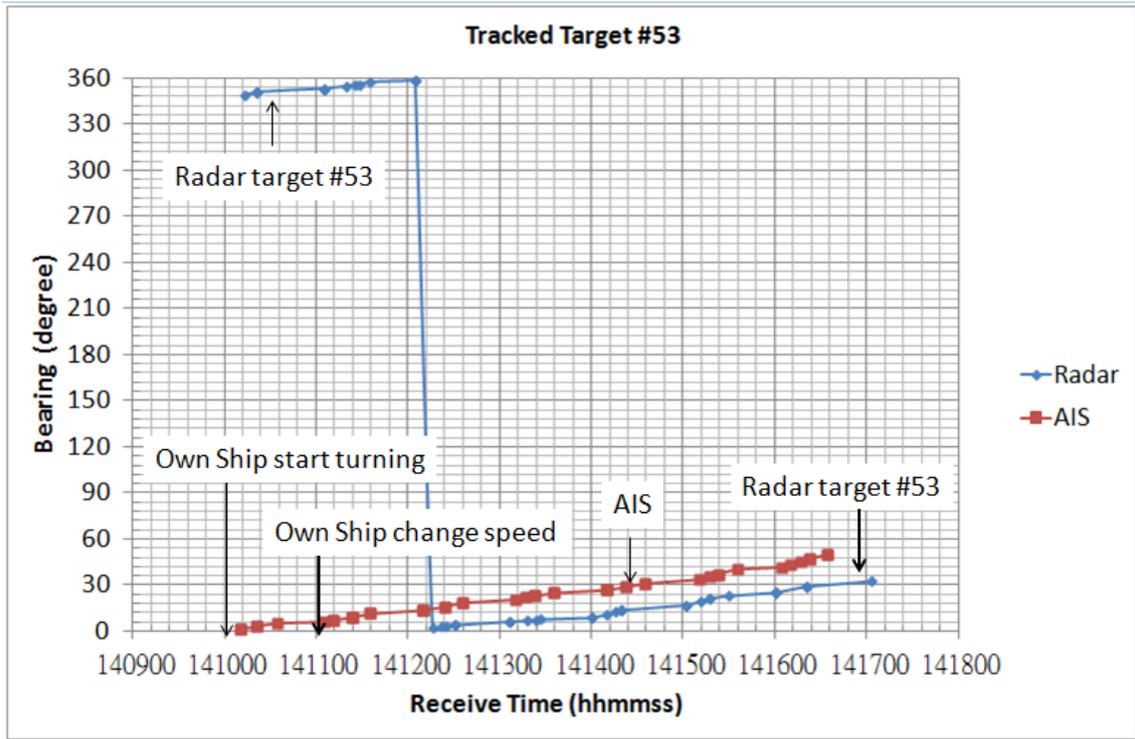


圖 4.10 雷達目標#53 與其 AIS 相對於本船的方位

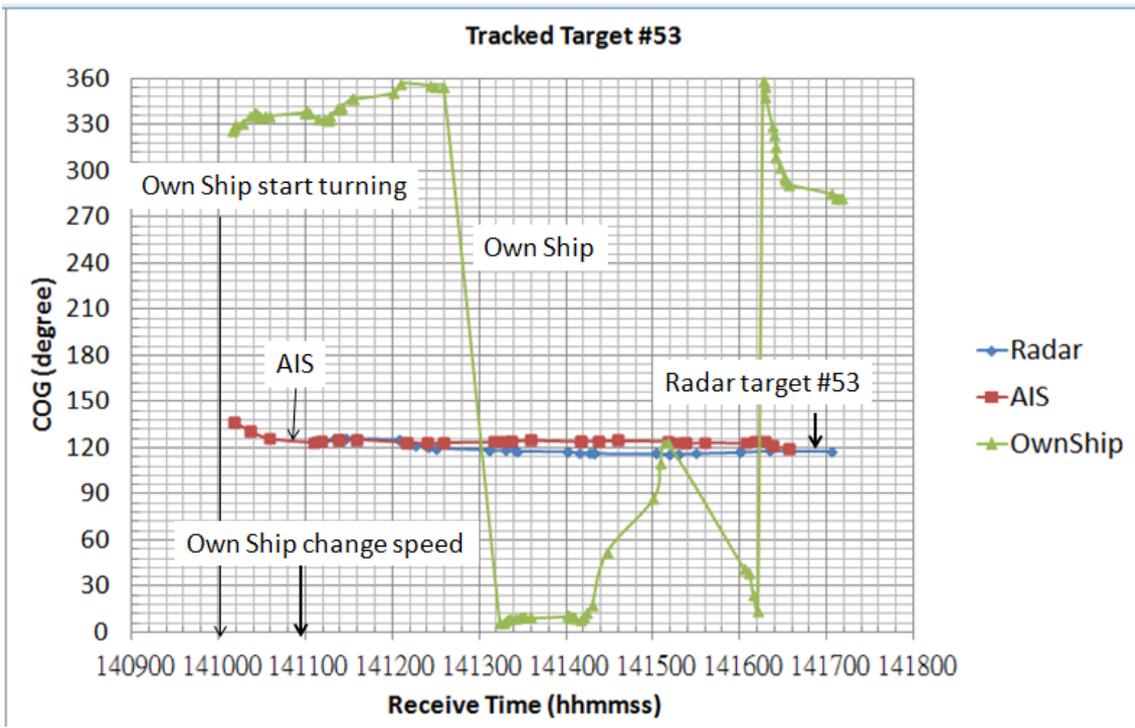


圖 4.11 雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的對地航向比較

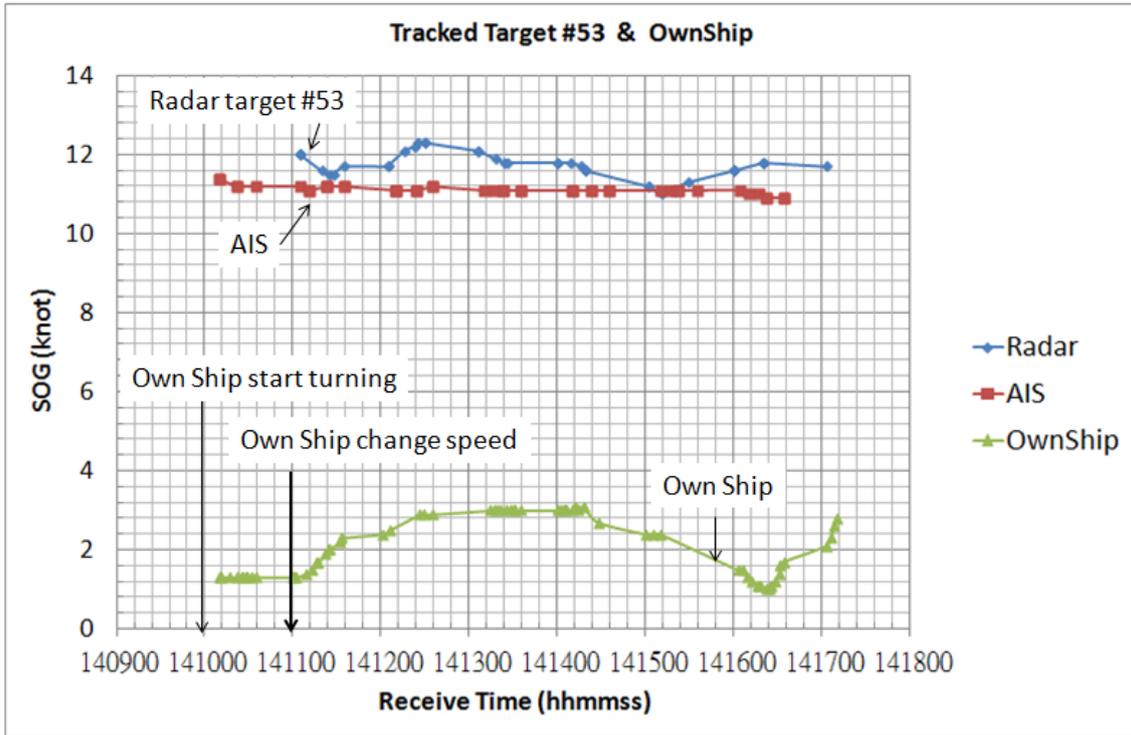


圖 4.12 雷達追蹤目標#53 與其 AIS 的對地航速比較

為確實記錄可接收到 AIS 與雷達目標訊息的時間，海測記錄用的電腦系統時間都先與海研二號雷達螢幕顯示的 UTC 時間對時，並在每筆接收訊息前標示接收時間。表 4-4 中所列「無預測」與「加預測」分別指是否已考慮兩訊息來源接收時間之間的落差，將較早收到的目標資訊依其航向航速預測調整其位置，以利與較晚收到的另一來源資訊比較，做為目標關聯檢測所需參數設定之參考。就接收時間而言，目標#50 與#53 的 AIS 與雷達兩來源最大時間差實測結果分別是 13 秒與 15 秒，即使目標航速 17 節，此時間落差所致位置差異僅約 130m。

但是無論 AIS 或雷達自動測繪裝置，產生目標資料需要處理時間，傳送資料也有通訊延遲。經細部檢視目標訊息內的時戳與接收記錄的時間差，發現 AIS 訊息延遲都在 3 秒內，而雷達追蹤目標訊息的延遲則在 20~113 秒之間，平均 74 秒。這部分的時間落差影響不可忽略。

表 4-4 目標動態資訊差異統計與時間落差影響評估

項目		TT#50 (9 分 25 秒)		TT#53 (6 分 40 秒)	
		無預測	加預測	無預測	加預測
位置差 Distance	90%	902m	830m	1522m	1560m
	80%	795m	784m	1458m	1523m
	60%		711m		1388 m
方位差 dBearing	90%	4.9°	4.7°	16.3°	16.0°
	80%	4.1°	3.4°	15.6°	15.5°
	60%		2.1°		14.4°
距離差 dRange	90%	455m	455m	363m	362m
	80%	377m	386m	347m	310m
	60%		318m		252m
航向差 dCOG	90%	6.8°	6.8°	8.2°	8.2°
	80%	6.4°	6.3°	7.5°	7.6°
	60%		4.9°		6.6°
航速差 dSOG	90%	1.0 節	1.2 節	1.0 節	1.1 節
	80%	0.9 節	0.9 節	0.9 節	1.0 節
	60%		0.5 節		0.8 節

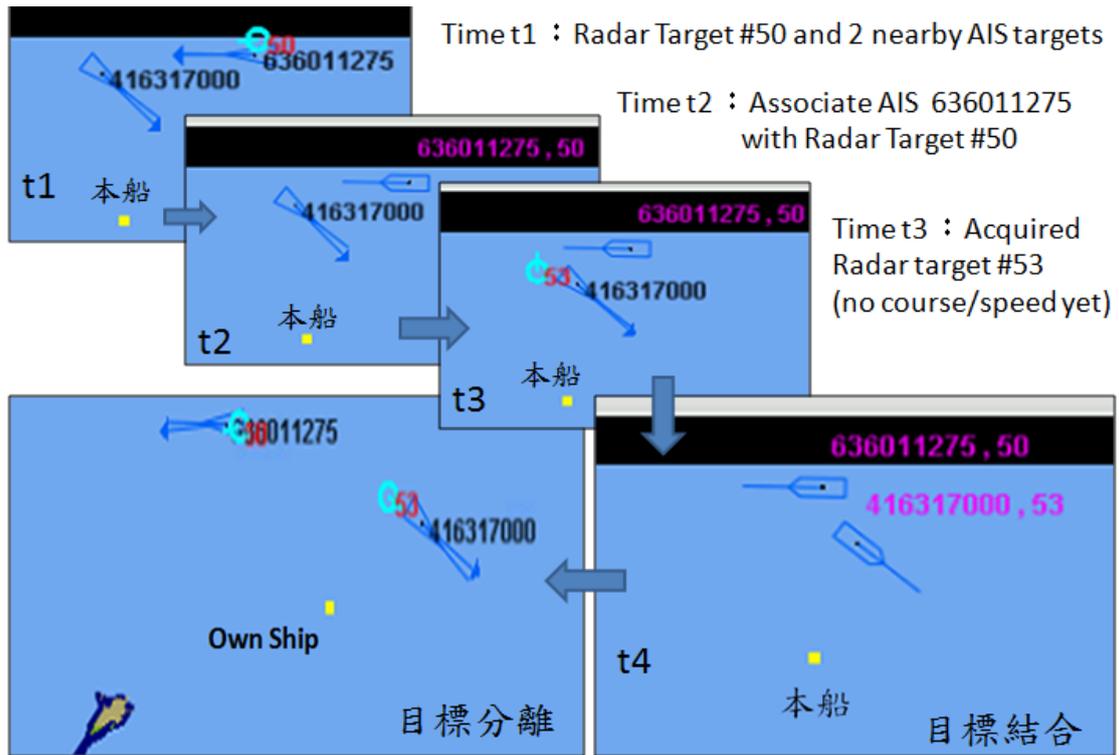


圖 4.13 AIS 與雷達目標動態資訊融合

4.2.5 目標關聯融合演算法

AIS 與雷達目標的關聯處理可分為兩部分：一是用於檢驗兩目標當下是否符合關聯條件的「瞬間關聯檢測」，另一則是持續追蹤瞬間關聯檢測結果判斷兩目標是否應結合或分離。流程如圖 4.14-17。

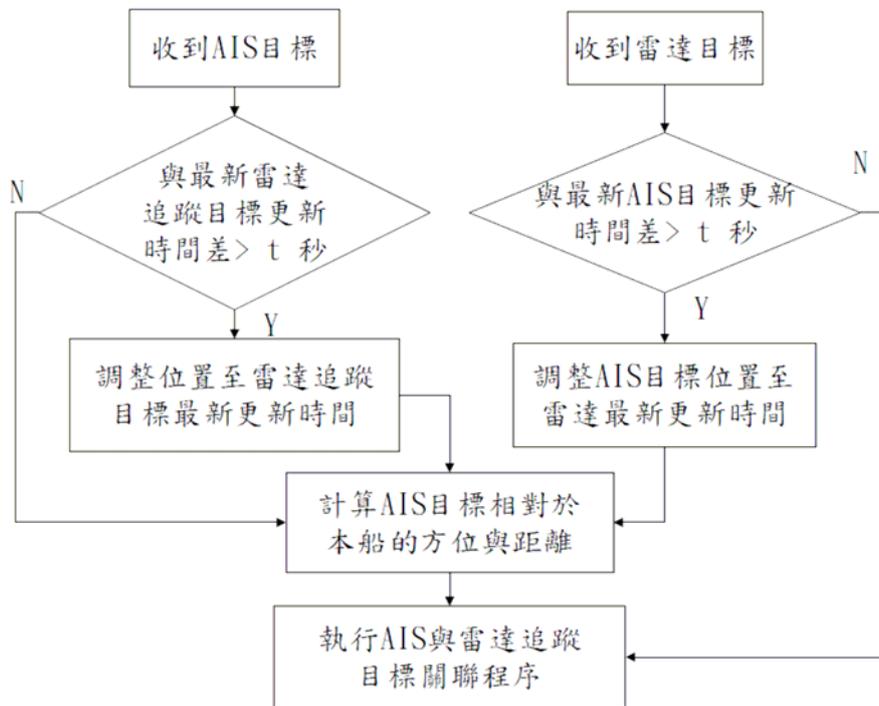


圖 4.14 AIS 與雷達追蹤目標時間差的關聯前處理

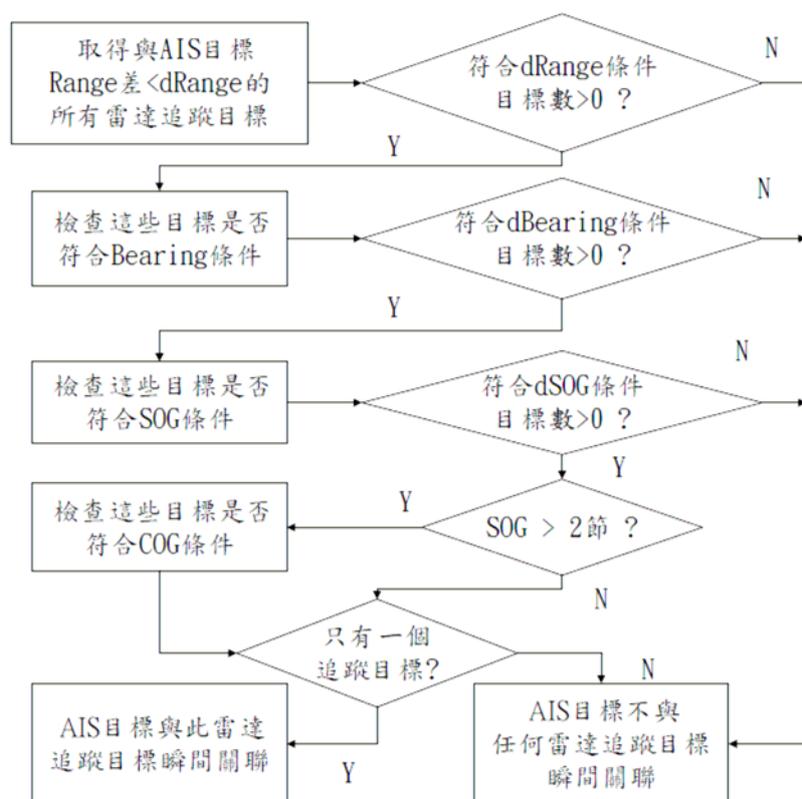


圖 4.15 AIS 與雷達追蹤目標的瞬間關聯檢測程序

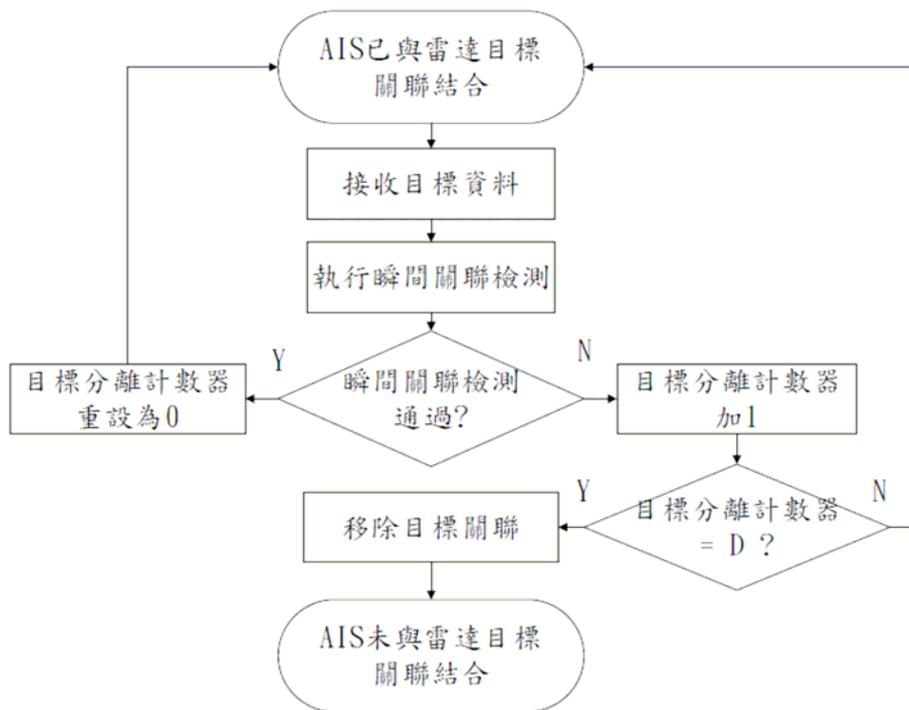


圖 4.16 AIS 與雷達目標從結合到分離的判斷程序

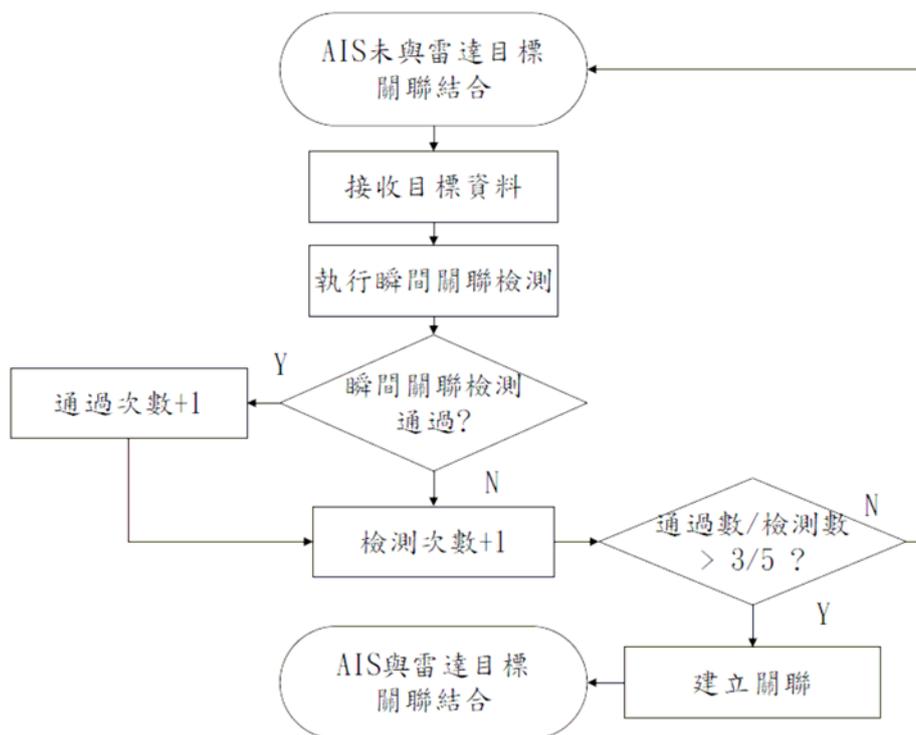


圖 4.17 AIS 與雷達目標從分離到結合的判斷程序

4.2.6 目標結合後的資訊顯示

AIS 與雷達追蹤目標的關聯結合對於船舶而言，最主要的目的在於避免碰撞。從 AIS 看不到沒裝 AIS 收發機或沒開機的船舶，但有助於雷達追蹤正常傳送 AIS 報告的船舶；從雷達既無法得知目標的識別，在取得目標是否轉向或減速等動態上也有相當大的時間延遲。然而，同時顯示 AIS 與雷達目標的符號與資訊數值卻容易因畫面複雜或資訊過載增加航海人員的負荷與壓力。遇有避碰狀況時，兩來源各別解算出的 CPA/TCPA 更會造成航海人員的混淆而難以解讀狀況，做出適當決策。因此 AIS 與雷達追蹤目標的關聯結合對於避碰決策支援其必要性。

船舶碰撞風險的情境主要有三種：迎艏正遇(Head On)、交叉相遇(Crossing)、追越(Overtaking)。在這三種情境下，AIS 可提供的：船舶識別（船名與無線電呼號）、船舶種類、艏向、轉向率、對地航向航速對於避碰決策都有很大的幫助。例如：艏向可協助確認看到的是對方的左舷或右舷，以利船舶避碰規則的遵行；交叉相遇的是漁船還是固定航線的渡輪，其碰撞風險也有很大的差異。因此在目標關聯結合後，除了應能以單一符號顯示目標船以外，也應能以上述 AIS 資訊補強雷達目標資訊。但是由於 AIS 提供的是對地航向航速且難以保證資料品質，一般仍建議：在無法看到對方船舶的情況下，仍應該以雷達目標為避碰決策的主要依據。

既然在目標關聯結合後要以單一符號顯示目標船，那麼目標位置該依據哪一資訊呢？目標的運動向量又該依據哪一資訊？在此先對「資料結合」與「資料融合」作一區別定義：

「資料結合」是確認兩組資料來自同一目標，可擇一並關聯顯示；

「資料融合」是目標的位置與動態資料都從兩組融合成一組。

雖然 AIS 與雷達目標結合有其必要性，但是因為 AIS 與雷達目標資訊的本質差異大且變數多，相關研究都不贊成「資料融合」，尤其是

在避碰時。國際標準 IEC62388 則建議預設以 AIS 為依據顯示目標位置與運動向量，但應可讓使用者改以雷達為預設依據，也應可隨時切換顯示。

4.3 船舶碰撞危機偵測預警

關於船舶碰撞危機偵測預警，已設計並實作完成之程式功能如下：可設定執行偵測的時間間隔以及 CPA 與 TCPA 警戒值，由程式自動從 AIS 船舶動態系統中取得最新船舶位置與航向航速，因每艘船的報告間隔不同，取得的最新船位依據其報告時間推估調整為當下的船位。解算偵測出 CPA/TCPA 值進入警戒範圍，有互相碰撞危機之船舶組合，並依需求輸出預警訊息。目前的偵測效能以基隆 AIS 站範圍內船舶較多時的即時資料測試，結果 184 艘船，需 16290 次計算，費時 5 秒。船舶最新位置（菱形符號）與偵測出有碰撞危機的船舶組合（星形符號）如圖 4.18，從航向可知偵測出的 4 組都屬於迎艙正遇的危機，CPA 在 0.5~0.8 海里，TCPA 則是 19~49 秒。

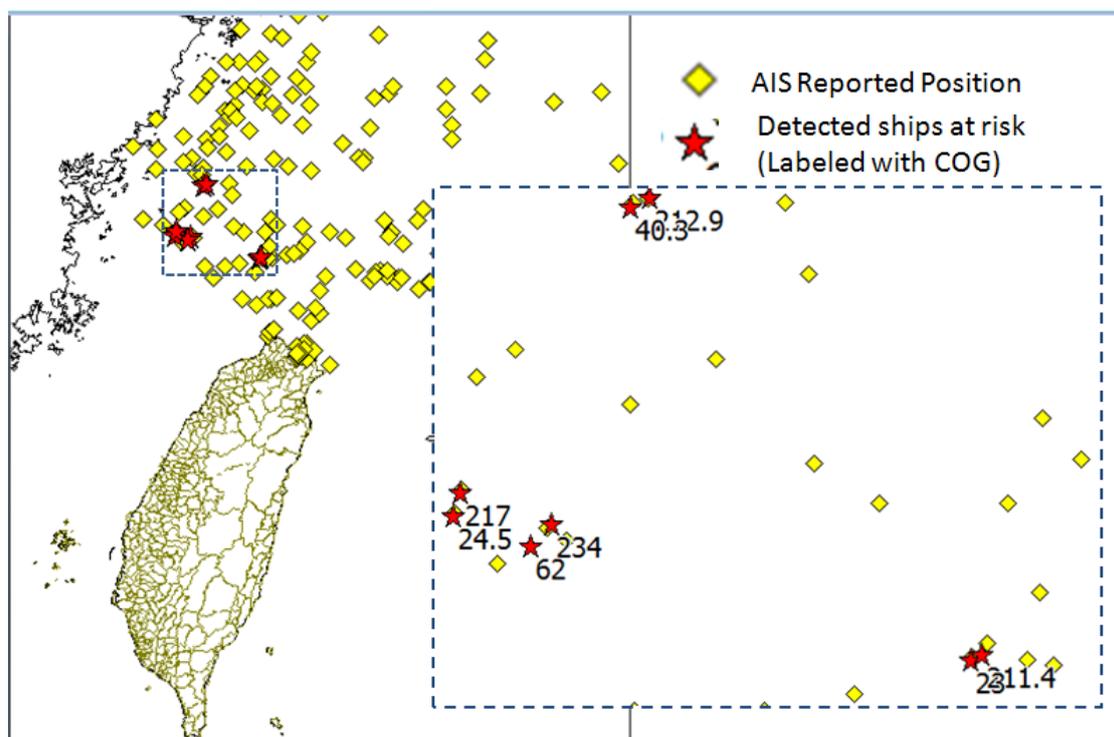


圖 4.18 船舶碰撞危機偵測結果

4.4 遠距船舶追蹤識別的整合應用

漁船監控系統 VMS 以及適用於 SOLAS 船舶的 LRIT 系統都是採用衛星通訊的遠距船舶識別與追蹤系統。依其系統設計，應可從中取得位於全球各地的我國遠洋漁船、我國籍國際航線船舶以及臺灣離岸遠至 1000 海里內的國內外船舶的即時船位與航向航速。但是衛星通訊與資料傳遞鏈路會造成數分鐘的延遲，能在 2 分鐘內收到的少於 30%，可達 97% 船位的時間約 15 分鐘（已達接收比例極限，詳見海洋大學張淑淨發表於 OCEANS2005 的論文^[31]）。LRIT 系統據此訂定的規格要求正是 15 分鐘。因此 LRIT 與 VMS 動態資料的即時性不如 AIS 與雷達，幾乎可涵蓋全球的穩定可靠距離範圍是其最大優勢。VMS 提供的漁船動態更可以補 AIS 之不足。

我國遠洋漁船 VMS 運作已超過 10 年，沿近海 VMS 也已推動多年，漁船軌跡遍佈全球各大洋，LRIT 的國家資料中心則尚未正式運作。目前只能取得少數國輪 LRIT 船載設備測試時的船位資料，如圖 4.19，這些船位的時間間隔從 15 分鐘到 1 小時、甚至 6 小時。

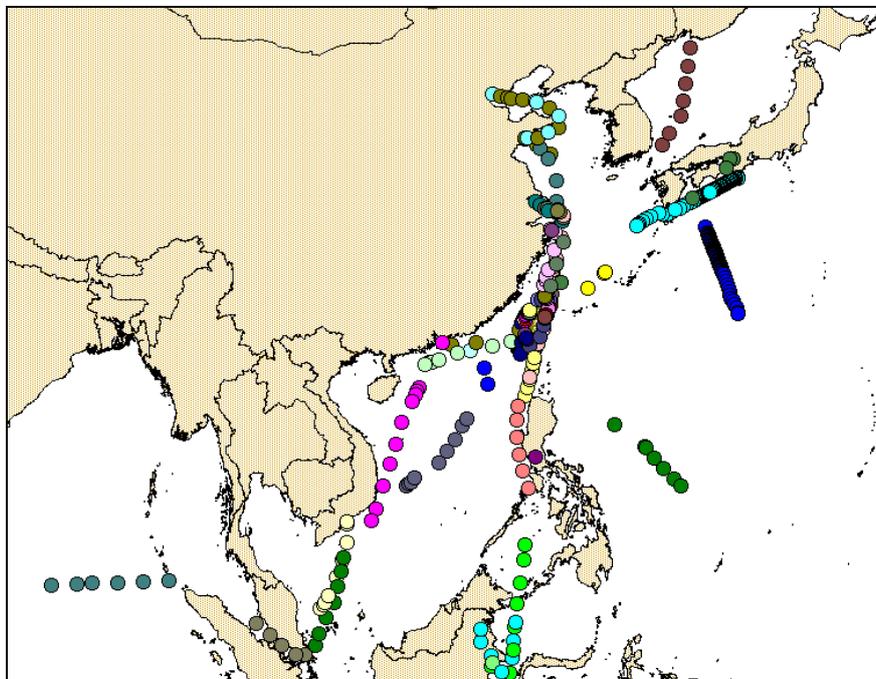
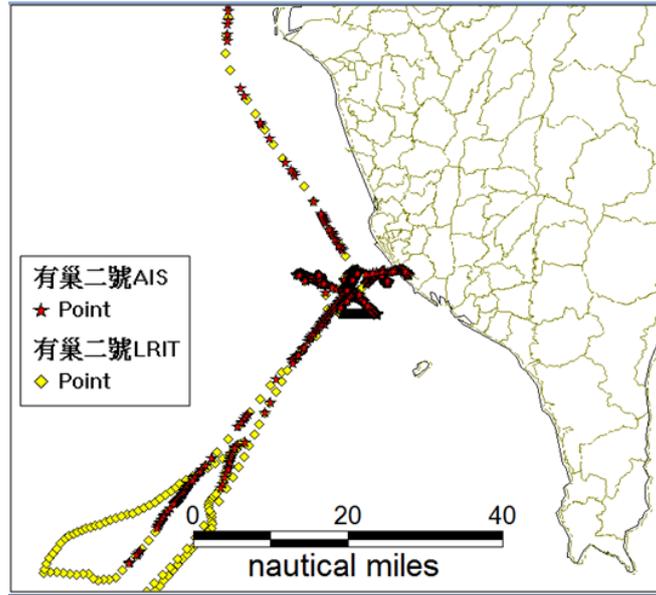
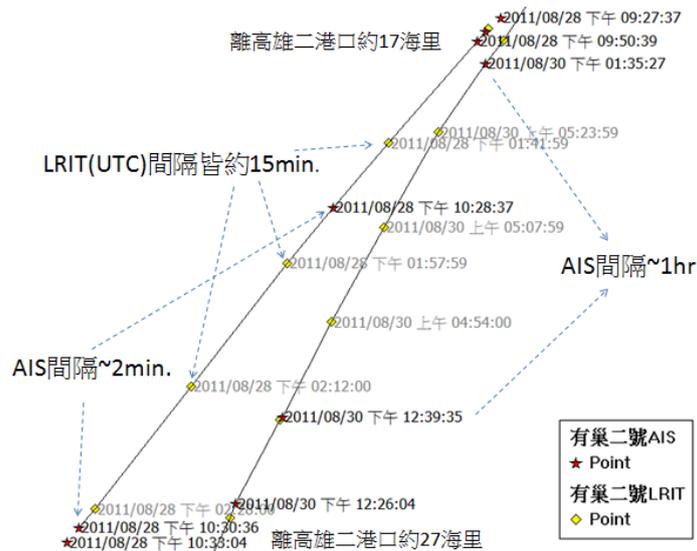


圖 4.19 部分國輪的船舶遠距識別與追蹤系統船位分佈



(a) 全段軌跡



(b) 軌跡局部放大解析

圖 4.20 AIS 與 LRIT 船位的互補性

關於 LRIT 與 AIS 的互補性，茲以中油公司有巢二號 8 月底在高雄港外海的軌跡為例，如圖 4.20，詳加比較分析：其中(a)圖的 LRIT 船位間隔是設定為最小值（15 分鐘），(b)圖是距離高雄二港口約 17-27 海里範圍的軌跡放大圖，該段船速約在 6-9 節，因此 AIS 船位報告間隔標準值應為 10 秒，但是在仍可持續收到 LRIT 船位時卻有明顯缺漏達 2 分鐘甚至 1 小時的狀況。

4.5 船舶軌跡探勘與決策支援

4.5.1 軌跡探勘的目的與需求

此項研究的目的是在於：對 AIS 船舶動態系統所接收的船舶航跡資料進行軌跡探勘，建立船舶代表路徑資料庫。經由即時船位與代表路徑資料庫比對，預測船舶可能航行的航程與航行時間，達到航路預測與預警，並進一步輔助港埠運作及航行安全相關決策。

最典型的軌跡探勘分析就是找出哪些軌跡資料為相似的軌跡，並將相似的軌跡分類。由於原始軌跡資料量相當龐大，因此在進行軌跡分群或分類前，必須先將軌跡資料進行概略化，在精簡與精確之間折衷，期望以較少的軌跡點維持最接近於原軌跡的描述效果。

如果採用整條軌跡做分群，可能會漏失了各軌跡之間部份極相似的「共通次軌跡」，因此每條軌跡應先分段再進行分群^[32]。

軌跡分群時，需要一個判斷相似度的依據，例如距離，距離愈遠的相似度愈低，愈不宜歸屬於同一群。因此先給定距離的定義以及距離容許值，依此距離定義計算出兩線段的距離並與距離容許值比較，決定是否歸屬於同一分群。

軌跡資料通常是不斷累積增加的，即使不要求持續於線上即時運作分析，要分析隨時間累積增加的大量軌跡資料，在方法上也必須能以增量式處理，才能在有限的計算資源內完成。

4.5.2 方法步驟與實作設計

本研究為建立船舶航行代表路徑資料庫，採取的方法與步驟如下：

步驟 1：整理軌跡資料。將 AIS 航跡資料表示為 $I_i : \langle I_{t_1}, I_{t_2}, \dots \rangle$ 每筆資料 I_{t_i} 代表時間 t_i 內所有的船舶航跡資料，例如： I_{t_1}, I_{t_2} 可能分別表示 1 月與 2 月的軌跡資料。而每一段時間 t_i 內所有的船舶航跡資料，包

含許多條不同的航跡，表示為 $I_i: \langle TR_1, TR_2, \dots \rangle$ ，每筆 TR_j 表示某船舶某次航程的一段完整航跡，每一段航跡為折線，每條折線又是由許多段直線所連接而成，又 TR_j 也可表示成由數點 P_i 所構成 $TR_j = \langle P_1, P_2, \dots \rangle$ ，每一個點 P_i 也都具有時間戳記。

步驟 2：將軌跡概略化。採用 Douglas-Peucker 演算法將軌跡資料概略化。概略化後的軌跡資料表示為 $TR_j^{\text{simplified}} = L_1 L_2 \dots L_n$ ， L_i 為線段。

步驟 3：將概略化的軌跡分群。將軌跡資料(O)分群成各個群聚(C:Cluster)，表示為 $O = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 。每一個群聚 C_i 中為許多直線線段(L_i)，表示為 $C_i = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ ，每段線段 L_i 都是由概略化過後的軌跡資料，依時間先後排序兩點連線所構成。分群的流程如圖 4.21。

步驟 4：取出代表路徑。

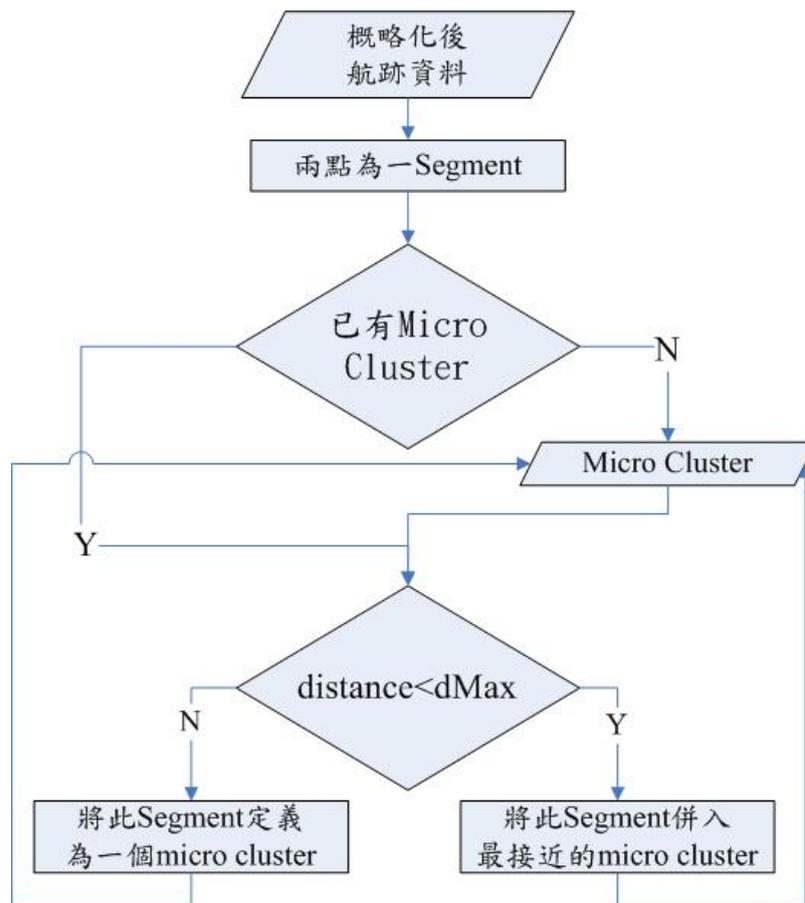


圖 4.21 航跡資料分群流程

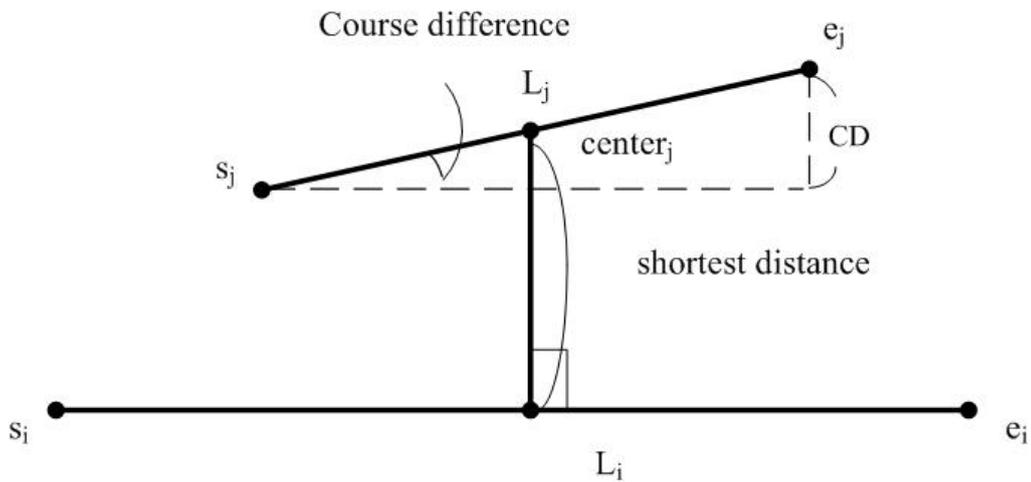


圖 4.22 軌跡資料分群用的航跡線段間距離

因考量此軌跡分群的目的是得出船舶航行的代表路徑，本研究對於航跡線段間的距離設計如下定義：

$$\text{Distance} = W_{CD} * CD + W_{SD} * SD \quad , \quad (W_{CD} + W_{SD} = 1)$$

其中

Distance 是軌跡資料分群距離；

CD 是行進方向角差距(CourseDiff distance)；

SD 是線段中心點到另一線段最短距離(Shortest distance)；

W_{CD} 與 W_{SD} 分別是 CD 與 SD 的權重。

為強化對方向角的相似度要求，在本研究中使用的 $W_{CD} = 6/7$ ， $W_{SD} = 1/7$ 。若將兩線段長度較長的指定為 L_i ，較短的指定為 L_j ，則上述距離的定義對照圖 4.22 說明如下：

$$SD = |L_i(\text{center}_j)|;$$

$|L_i(\text{center}_j)|$ 是 center_j 到 L_i 的最短距離。

$$CD = \begin{cases} |L_j| * \sin(CourseDiff * \pi/180), & CourseDiff < 90 \\ 10000, & CourseDiff \geq 90 \end{cases}$$

$|L_j|$: 是 L_j (兩線段中較短的線段長度)。

$CourseDiff$: 兩線段的行進方向角差。

所有航跡資料分群之後，每一個群聚中，都可經由計算求出一段代表該群聚的代表路徑。為了使產生的代表路徑能夠更具代表性，在計算其長度與行進方位角的代表值時，會就群聚內航跡線段資料，分別只取長度、行進方向角的中間 80% 數值計算平均（亦即排除資料中最大與最小數值各 10%）。每一個航跡線段的中心點經緯度 ($lon_{center}, lat_{center}$) 也同樣是依長度排序後，去除頭尾各 10% 資料所留下的航跡線段的平均中心點。取得平均長度(average length)、平均行進方向角(average course)、平均中心點的經緯度($lon_{center}, lat_{center}$) 後經過運算過後取得代表路徑之起終點。運算方法是利用大圈航法取得代表路徑起終點(lon_s, lat_s) (lon_e, lat_e)，公式如下：

$$lat_2 = \sin^{-1} \left(\sin(lat_1) * \cos\left(\frac{d}{R}\right) + \cos(lat_1) * \sin\left(\frac{d}{R}\right) * \cos(crse) \right)$$

$$lon_2 = lon_1 + \text{atan2} \left(\sin(crse) * \sin\left(\frac{d}{R}\right) * \cos(lat_1), \cos\left(\frac{d}{R}\right) * \sin(lat_1) * \sin(lat_2) \right)$$

R 是地球平均半徑，此公式利用已知起點(lon_1, lat_1)、行進方向角($crse$)、距離(d)，可以求得從起點(lon_1, lat_1)，依此行進方向角($crse$)，航行距離(d)後所到達之目的(lon_2, lat_2)。因此若以($lon_{center}, lat_{center}$)為起點(lon_1, lat_1)、平均行進方向角(average course)為行進方向角($crse$)、平均長度(average length/2)為距離(d)可計算出終點(lon_e, lat_e)。另將行進方向角加 180 度或減 180 度後求起點(lon_s, lat_s)。

每一群聚內的線段之間的差異性，可以用標準差來評估。

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{N \times SS_{\alpha} - (LS_{\alpha})^2}{N^2}}$$

σ_{α} :標準差； α :可以是 Course、Center、Length 等參數

SS_{α} : α 的平方總和， LS_{α} : α 的線性總和。

N :每一個群聚內的線段數。

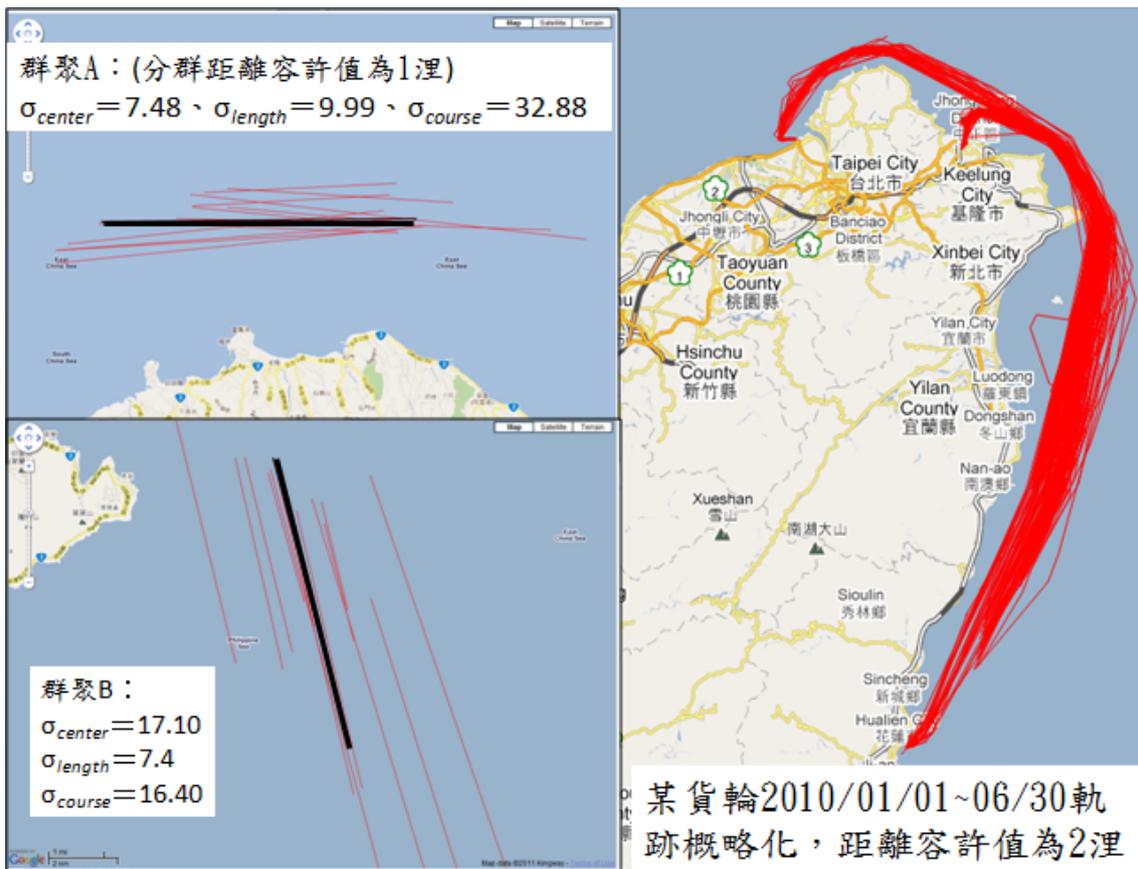


圖 4.23 以某貨輪 6 個月航跡驗證代表路徑之實作

圖 4.23 右圖中紅色線是某貨輪 2010/01/01~2010/06/30 期間的 AIS 歷史航跡資料概略化後的航跡路徑。選用這艘船的原因是：航線較固定，往返於台北、基隆、花蓮三港之間，且該船的軌跡數目多，因此可用於分群方法實作的驗證。經分析取出的代表路徑以圖 4.23 左側兩圖為例，紅色細線是歸屬於同一群聚的次軌跡，黑色粗線則是該群聚的代表路徑。從圖中可看出群聚 B 中各次軌跡的中心點差異性較大

(σ_{center} 相對也較大)，群聚 A 中各次軌跡的方向差異較大（確實反應於 σ_{course} ）差異性， σ_{length} 相差不明顯。

上述軌跡探勘方法中有兩個主要的參數須決定：一是概略化距離容許值 ε ，原軌跡上任一點與概略化後的軌跡之間的最短距離必小於此容許值；另一是分群時的次軌跡線段間的相似度距離容許值。船舶航行於大洋、沿岸、進出港等不同階段的航行準確度要求不同，上述這兩個參數值自然也與航行階段有相當大的關連。若要分析的是沿岸航行軌跡，則其較佳參數值通常不適合分析進出港或港區的軌跡。首先以繞過台灣北部海岸從台北港至花蓮港航線為例，說明概略化距離參數的決定方式，如圖 4.24，從軌跡點數與距離容許值的關係圖可知距離容許值大於 1 哩後，對於點數的縮減已無明顯幫助；與原始軌跡長度的差距則是在距離容許值 1.5 哩以下明顯隨之縮小。因此在縮減資料點和重現原貌的取捨之間選擇 1 哩為概略化距離容許值。

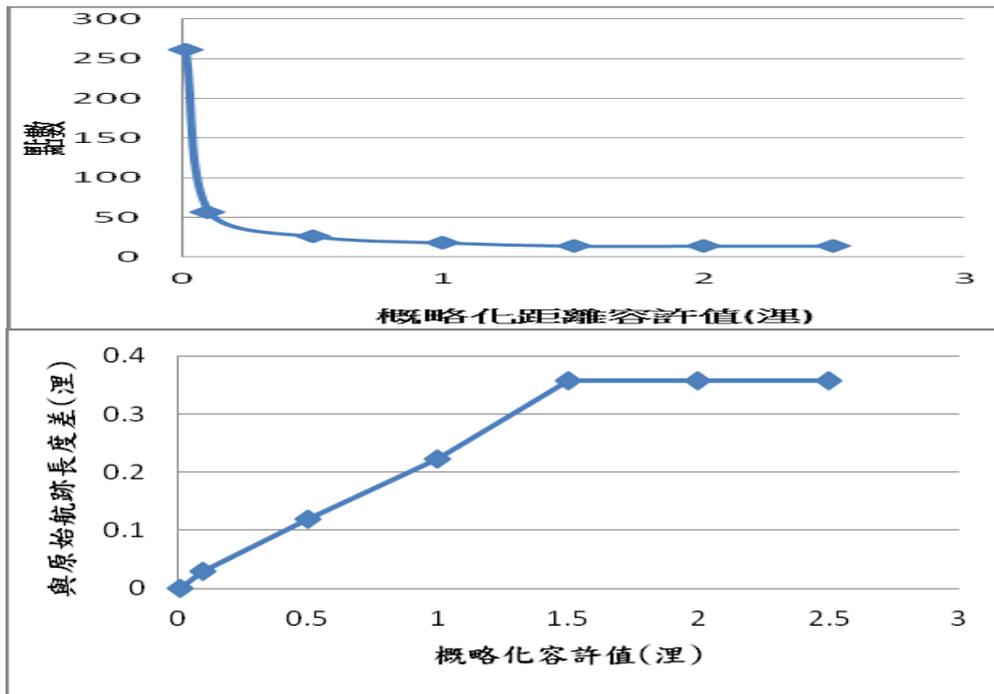


圖 4.24 概略化距離參數的決定方式

選定概略化距離容許值為 1 哩之後，進行航跡資料分群前，同樣

也需要選定一個適合的分群距離容許值 d_{Max} 。這部分同樣分航行階段，取具有代表性的資料組進行試驗。以如圖 4.23 的沿岸航線為例，將該貨輪航跡的分群結果呈現於地理資訊系統或 Google 網路地圖，目視檢查決定該參數是否需再調整，結果以 0.5 哩較為合適，如圖 4.25。

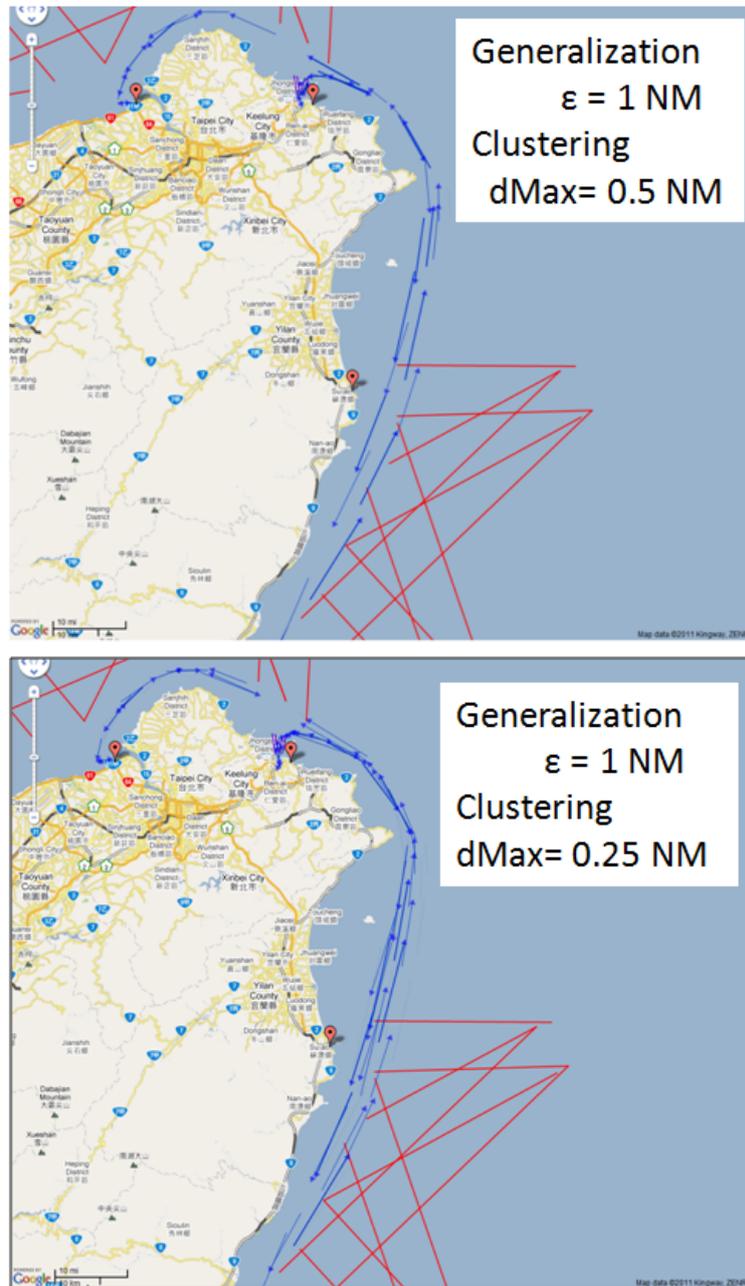


圖 4.25 不同分群參數下的某貨輪 6 個月代表路徑

分群條件愈嚴苛（分群距離容許值設愈小），分成的微群聚愈多，

適度放寬分群條件則有類似再合併微群聚的效果。

4.5.3 代表路徑與交通流分析

首先分析的是已有分道航行規劃之基隆、臺中、高雄三大國際商港的2011年6月進出港貨輪代表路徑，概略化與分群參數都是用0.1海里，分析所得共通次軌跡代表路徑以向量方式表示，結果如圖4.26-28。圖中的向量線愈寬表示該段路徑包含的次軌跡數量愈多，向量線標示的數字是該段代表路徑的次軌跡數。

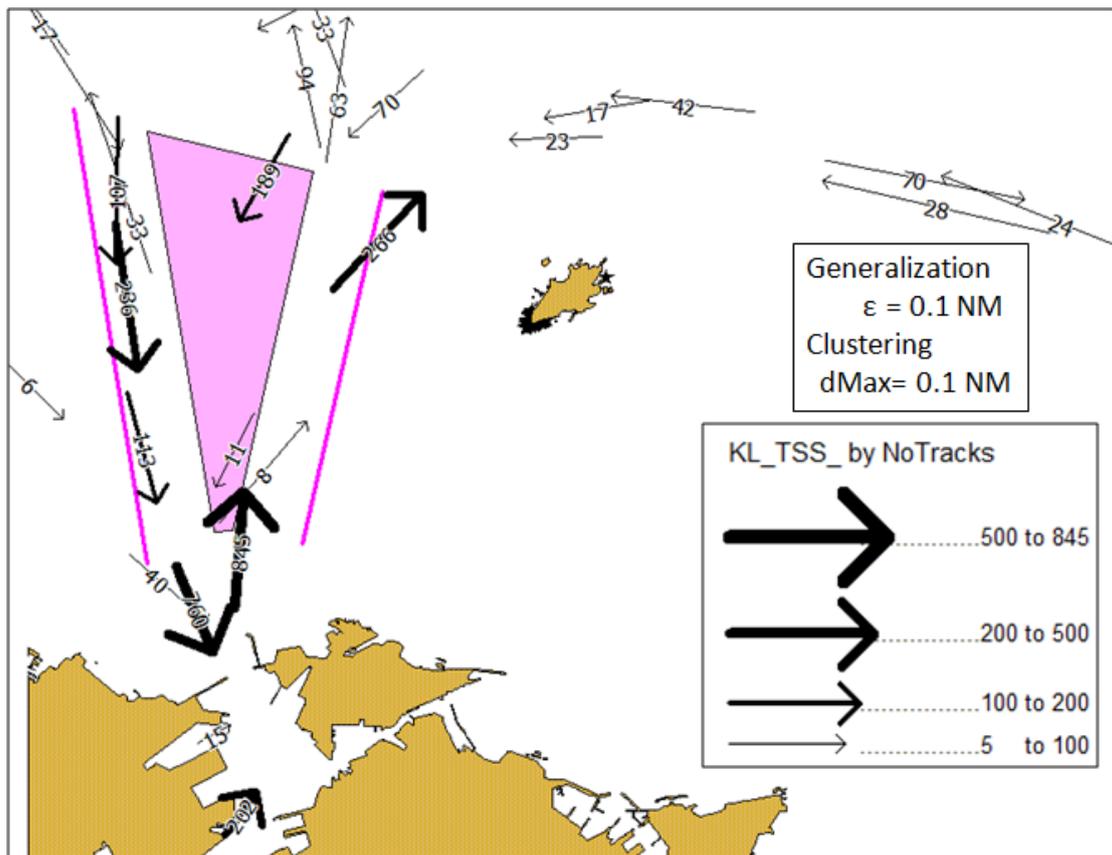


圖 4.26 基隆港貨輪代表路徑(2011年6月)

基隆港從東側來港船舶明顯有從分隔帶切入進港航道的情形；出港時則幾乎都偏向分隔帶側（圖4.26）。

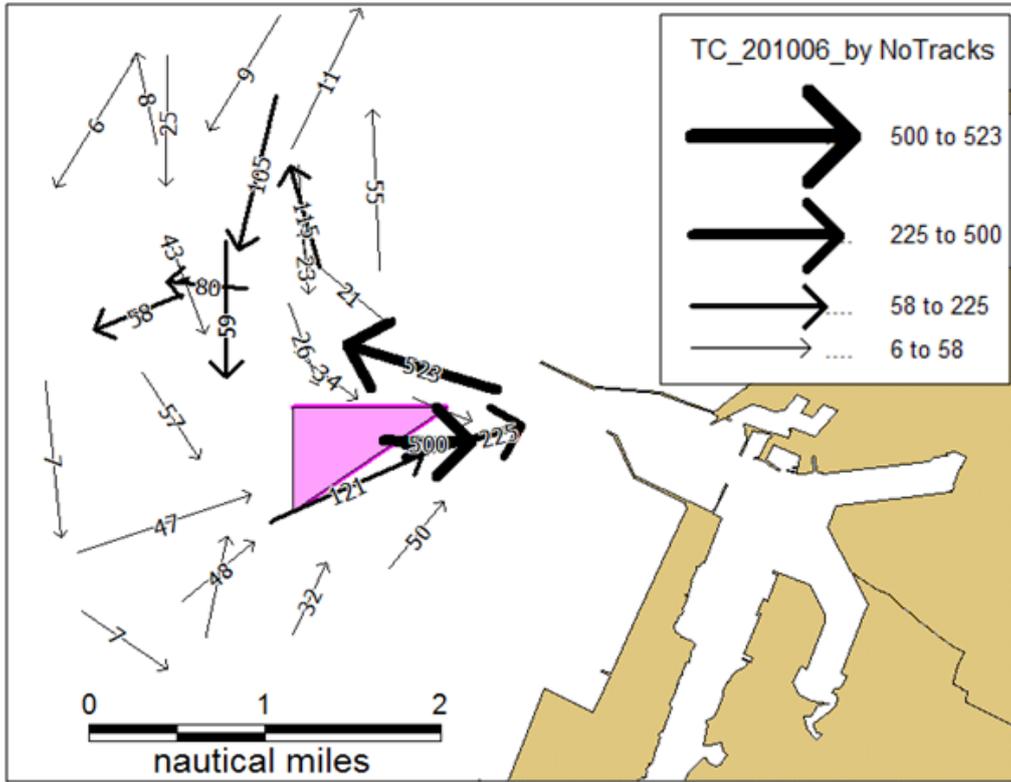


圖 4.27 臺中港貨輪代表路徑(2011 年 6 月)

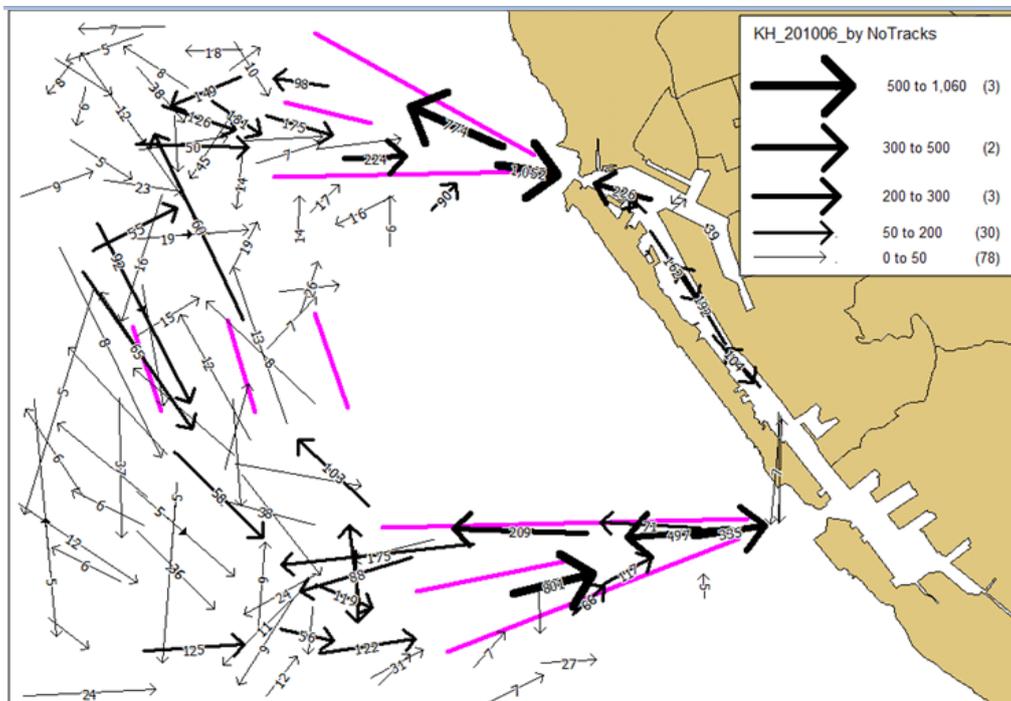


圖 4.28 高雄港貨輪代表路徑(2011 年 6 月)

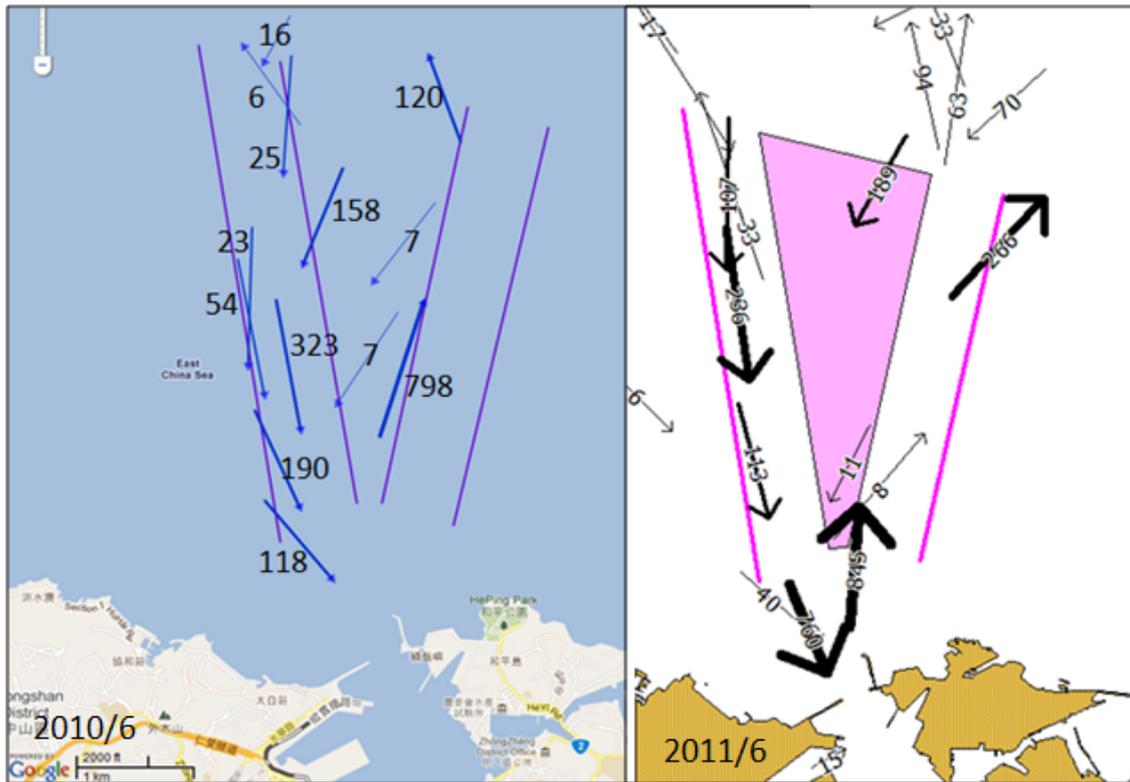


圖 4.29 不同年（2010 與 2011）同月份基隆港貨輪代表路徑

為評估此分析結果的代表性，再取 2010 年 6 月的基隆港分道航行區域資料分析比較如圖 4.29，雖然左右兩圖的次航跡數目最多的幾個分群代表路徑（表示該月份軌跡於該分段最多相似）不一定在相同位置，但其結果卻可說是一致的，因此也可以考慮就季節環境等外在因素較類似的月份，取其航跡數較高的代表路徑疊加應用。

接著分析臺灣海域客、貨、油(液貨)輪的軌跡，資料量較少的客輪與油輪取 6 個月軌跡分析，資料量龐大的貨輪則只取單月軌跡分析，概略化參數設為 1 海里，分群參數設為 0.5 海里，結果如圖 4.30-32。

從圖 4.30 可看到臺北港進出港雙向航跡密集呈一直線（航向分別是 90° 與 266° ）；基隆港進出港航跡代表路徑航向分別是 163° 與 5° （和原設定航道方向 170° 與 12° 都有 7° 的差異）；而在石門麟山鼻與富貴角間離岸約 3 浬處有一航跡密集交會處，值得特別注意。

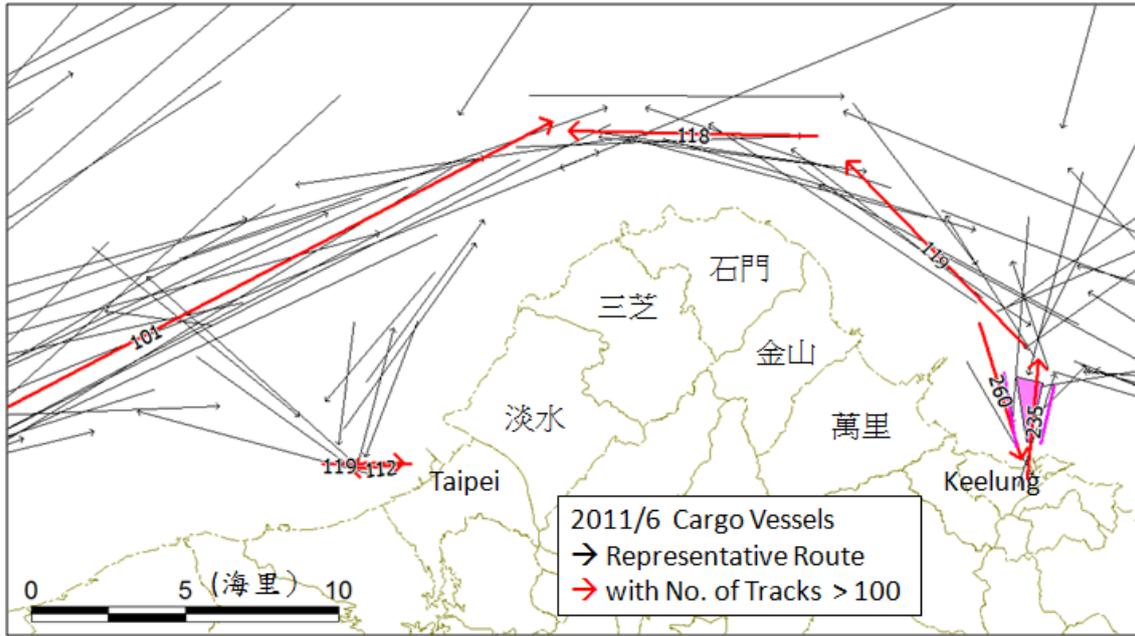


圖 4.30 北部海域貨輪群聚軌跡代表路徑(2011 年 6 月)

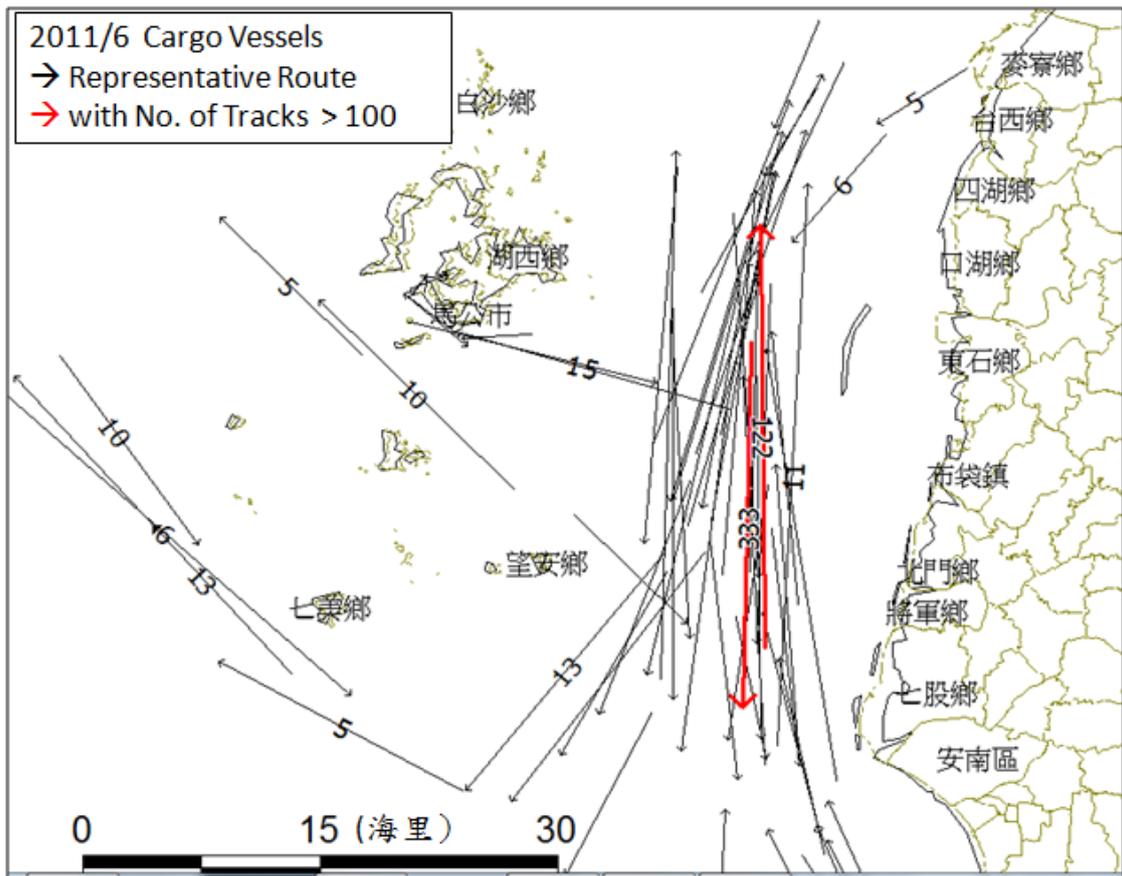


圖 4.31 澎湖水道貨輪群聚軌跡代表路徑(2011 年 6 月)

從圖 4.31 可看到從麥寮港往南進入澎湖水道的兩段代表路徑；澎湖水道南北雙向船舶最常採取的航路相當接近（平行間距大約 1 海里），另有布袋港與馬公之間的航路，以及圖中左下方兩岸直航船舶的代表路徑。

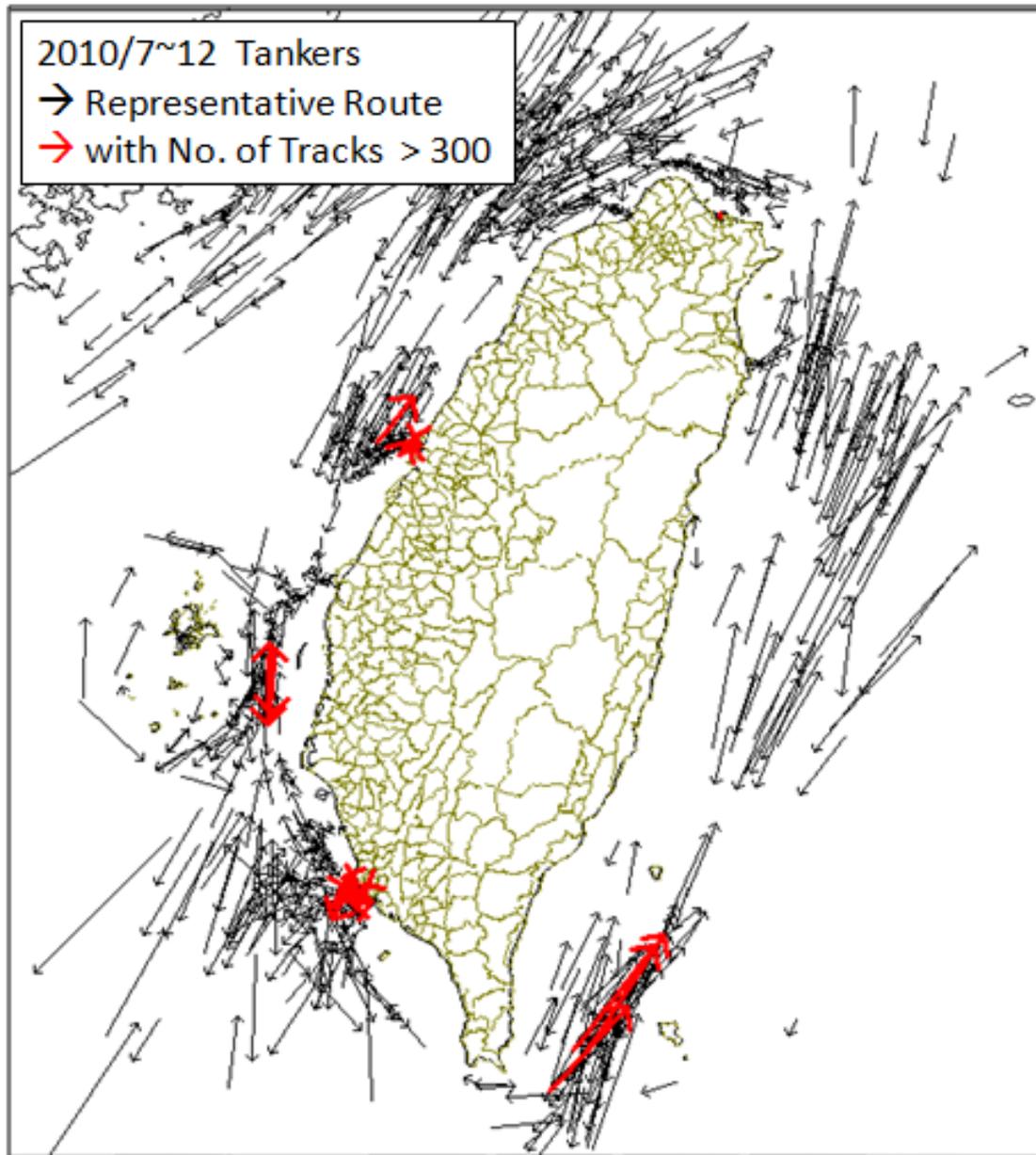


圖 4.32 臺灣海域油（液貨）輪 6 個月群聚軌跡代表路徑

圖 4.32 的油輪軌跡群聚分析顯示：共有高雄港、臺中港、澎湖水道（距離外傘頂洲約 6 海里處）以及蘭嶼約西北方 10 海里處。圖 4.33 是局部放大圖，代表路徑向量上附加標示該路徑代表的次軌跡數。臺

中港外離岸 7 海里處有一主要路徑；澎湖水道南北向主要路徑集中在 1 海里範圍內，另有一次要路徑延伸自(至)麥寮港；高雄港外錨區西側有一主要的路徑交會點；從蘭嶼西北方通過綠島蘭嶼間的北向主要航路大致集中在 3 海里範圍內。

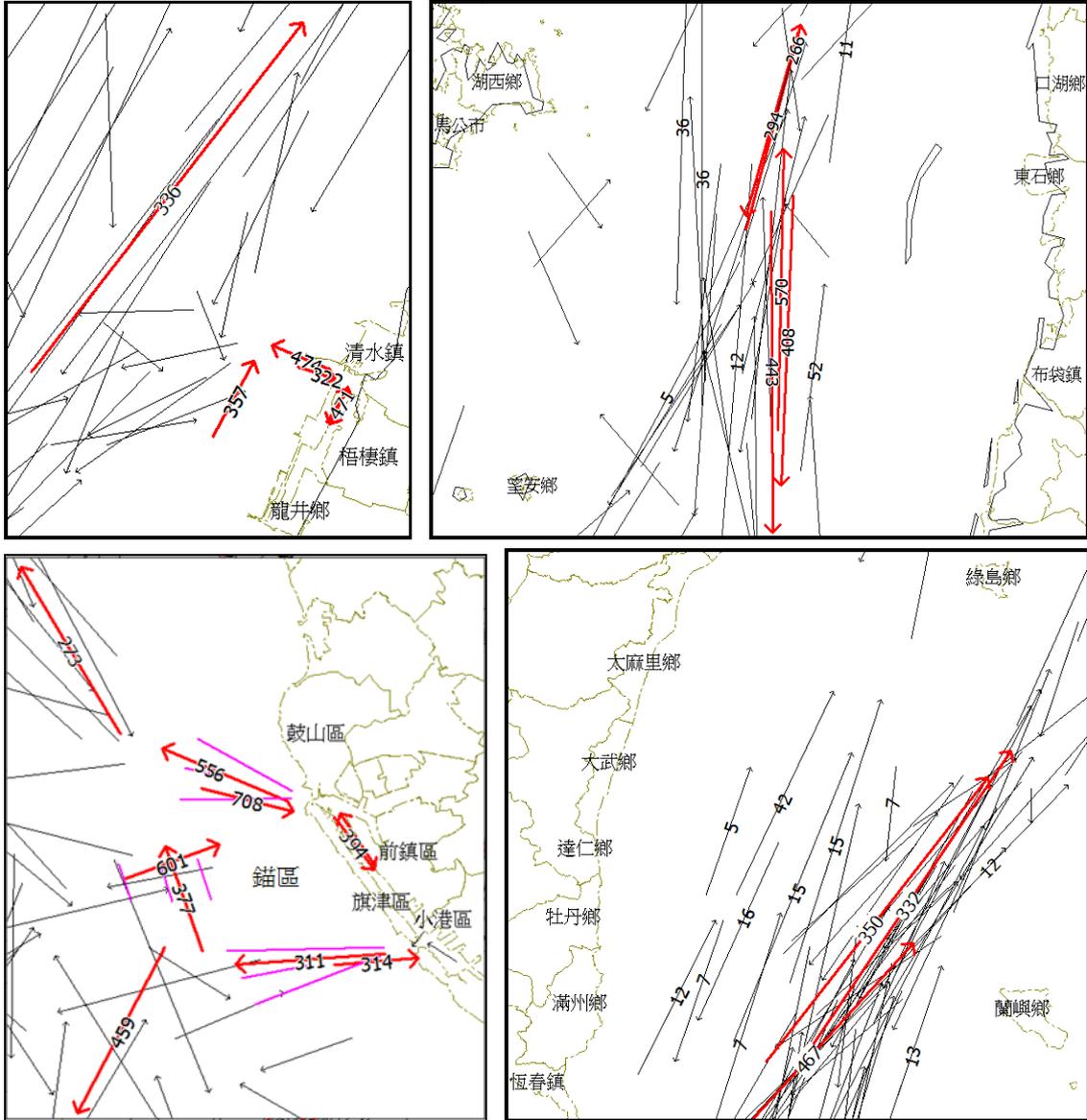


圖 4.33 油液貨輪群聚軌跡代表路徑局部放大圖

4.5.4 預估航程的試驗評估

為了評估代表路徑用於預測航程的可行性，原擬從貨輪航跡中取出從高雄港到基隆港的航跡，產生代表路徑後用於試驗預測路徑以及估算抵達時間。可惜路徑無可避免地被途中經過的幾段 AIS 收訊缺口中斷。因此只能分別取出進出高雄港與基隆港的航跡，產生代表路徑後再分別串接。目前試驗的代表路徑串接方法係考量三個參數：兩代表路徑之間的端點距離最小值、方向角度差值、代表路徑的航跡數。從高雄出發到澎湖水道這段的串接結果如圖 4.34，路徑上標示序號，第 4 段至第 6 段之間的兩小段北上路徑航跡數都太低，不到這兩段的 1/10，因此被省略。

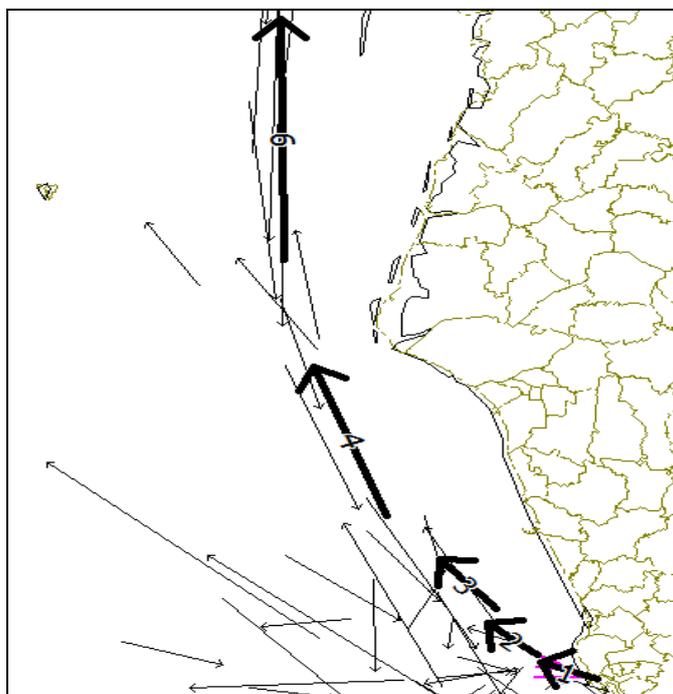


圖 4.34 高雄港至基隆港貨輪代表路徑串接至澎湖水道的結果

為試驗估算抵達時間的可行性，在路徑資料尚不完整的情況下，暫時依上述準則以人工方式挑選補足整條從高雄港至基隆港的代表路徑。再取當月實際從高雄航行至基隆的某艘貨輪歷史資料，模擬以該船即時船位與航向航速資料以及上述代表路徑，估算抵達基隆港外的時間。初步試驗結果如表 4.5。

表 4-5 利用串接代表路徑與船舶即時動態估算航程抵達時間之試驗

即時船位/ 航速(節)	所需時間 實際值	實際距離 (海里)	估算距離 (海里)	所需時間 估算值	時間差 (mm:ss)
高雄/18	12:19:30	219.883	218.571	12:08:34	10:56
臺南/20.9	09:32:59	188.407	188.944	08:56:40	36:19
桃園/19.5	02:47:54	51.233	49.324	02:31:45	16:09

此試驗是以該船即時船位投影至代表路徑的位置估算從該點依循代表路徑到達終點的距離，並以該船即時航速估算所需時間。該船在高雄港外時的即時船速接近全程平均航速，因此雖然距離最長，估算的時間差卻是最小；到了臺南外海即將進入澎湖水道時，航速較快，時間差最大；到了較接近終點的桃園外海，16 分鐘的時間差就比例而言約為 10%，是其中最高的。從試驗中可知，從航跡產生的代表路徑確實具有預測路徑與估算抵達時間的效用。在後續研究中可再提高串接代表路徑以預測路徑、估算抵達時間與相關預警的自動化與智慧化。建議可朝代表路徑的再歸類，以及綜合運用代表航速與即時航速，甚至加入不同船舶的即時航速探測修正等方向進行。

4.6 小結

本研究已建立結合 AIS 與雷達動態船舶資訊之技術以及全範圍即時船舶碰撞危機偵測預警功能。此外更對 AIS 船舶歷史航跡進行軌跡探勘，建立船舶代表路徑資料庫，經由即時船位與代表路徑資料庫比對，已可有效依船舶可能航行航程估算航行時間，達到航路預測與預警，並進一步輔助港埠運作及航行安全相關。

進一步的落實應用有賴 AIS 船舶動態系統更完整的覆蓋率與穩定性，可輔以雷達追蹤軌跡，並以遠距船舶識別與追蹤系統、漁船監控系統等延伸涵蓋距離與船舶種類。

第五章 智慧型船舶資通訊平臺之設計

5.1 智慧船臺架構的設計考量

5.1.1 IALA 從岸端角度提出的 e-化航行初始架構

關於 e-化航行，IALA 從岸端角度提出的初始架構^[33]如圖 5.1，圖中右側虛線方塊代表「岸基技術服務環境」，左側虛線方塊代表一艘船的「船舶技術環境」。全球無線電導航系統被視為 e-化航行架構的外部系統，提供定位與時間資訊給船岸兩端。

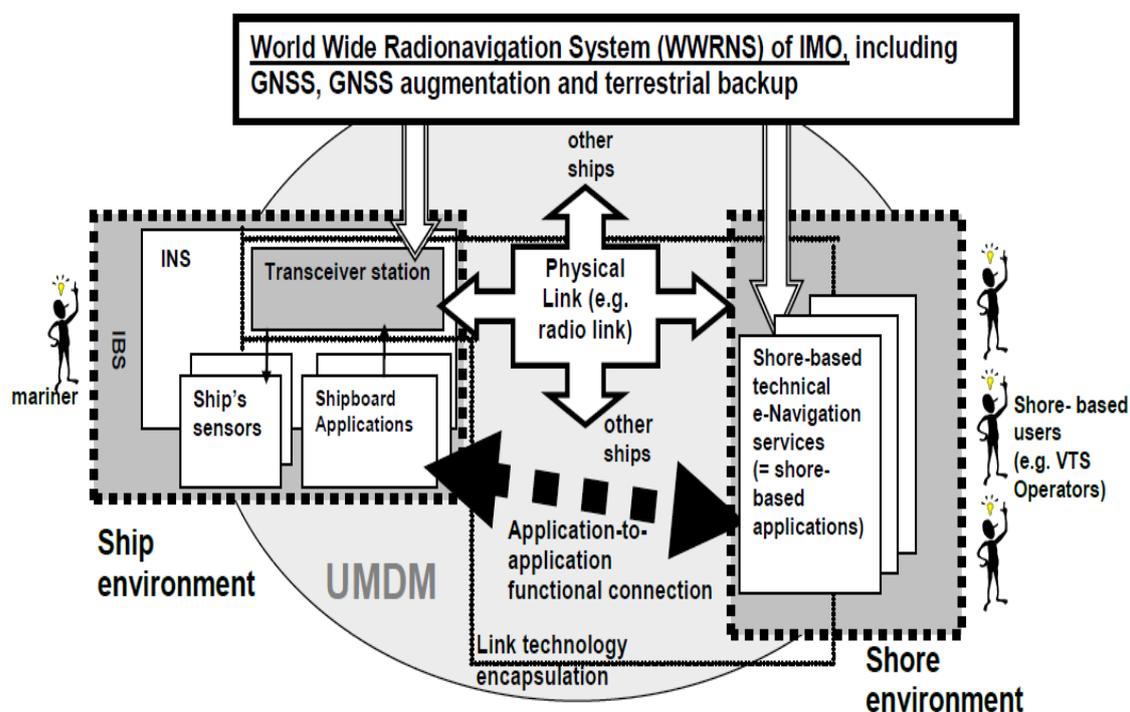


圖 5.1 IALA 從岸端角度提出的 e-化航行初始架構

「船舶技術環境」相當於一個「整合船橋系統(Integrated Bridge System, IBS)」，其中以「通訊收發站」代表所有船載通訊系統的集合或整合，連接船舶的感測儀器與應用系統，並透過無線電等實體鏈路與其他船舶以及「岸基技術服務環境」交換資訊。船岸兩端應用系統之間的鏈結屬於功能性的連接，其底層可採取多種不同的實體鏈結。整

體而言，必須有一套「共通的海事領域資料模型（Universal Maritime Data Model, UMDM）」，據以發展相關的資料庫與介面。

5.1.2 IMO 的「整合船橋系統」設備性能標準

依據 IMO 於 1996 年通過的整合船橋系統性能標準 Resolution MSC.64(67)對 IBS 的定義，IBS 是為了集中取得感測器資訊或從工作站下指令控制而互相連接的系統組合，目標在於增進船舶管理的安全與效率。此系統組合必須支援下列至少兩種以上作業的執行：

- (1) 航行
- (2) 通訊
- (3) 機械控制
- (4) 貨物裝卸與控制
- (5) 安全與保安

IBS 在功能整合方面，要求能顯示的資訊包括：完整的系統組態、可設定的組態以及目前的組態設定值；被整合的各個組件的運作狀態以及必要資訊的延遲與有效性；資訊來源（來自感測器、計算結果、還是人工輸入）。技術上，IBS 應該以優先序以及功能群組提供適當的警報管理。警報之顯示應能讓人容易了解其原因及其造成的功能限制。

對應於 IBS 的定義與系統要求，歐盟 MarNIS 計畫(2004-2009)報告中提出的新一代整合船橋系統典型架構如圖 5.2。此 IBS 架構由整合導航系統、船舶控制網路、以及感測儀器網路等三大部分組成，以「整合導航系統(Integrated Navigation System, INS)」為核心。

INS 的導航子系統以 ECDIS/電子海圖、避碰雷達、AIS 建構導航資料的完整性，進而避免碰撞且防止擱淺，再結合艏向與航跡控制子系統構成具備艏向與航跡控制功能的整合導航系統。船舶控制網路連接 INS、「航程資料記錄器(Voyage Data Recorder, VDR)」、貨載控制、

推進系統、通訊系統、消防與安全管理系統等。儀器網路 (NMEA2000/NMEA0183) 連接整合導航系統所需的定位、測深、轉向率指示、速度/距離、艏向等感測資料。

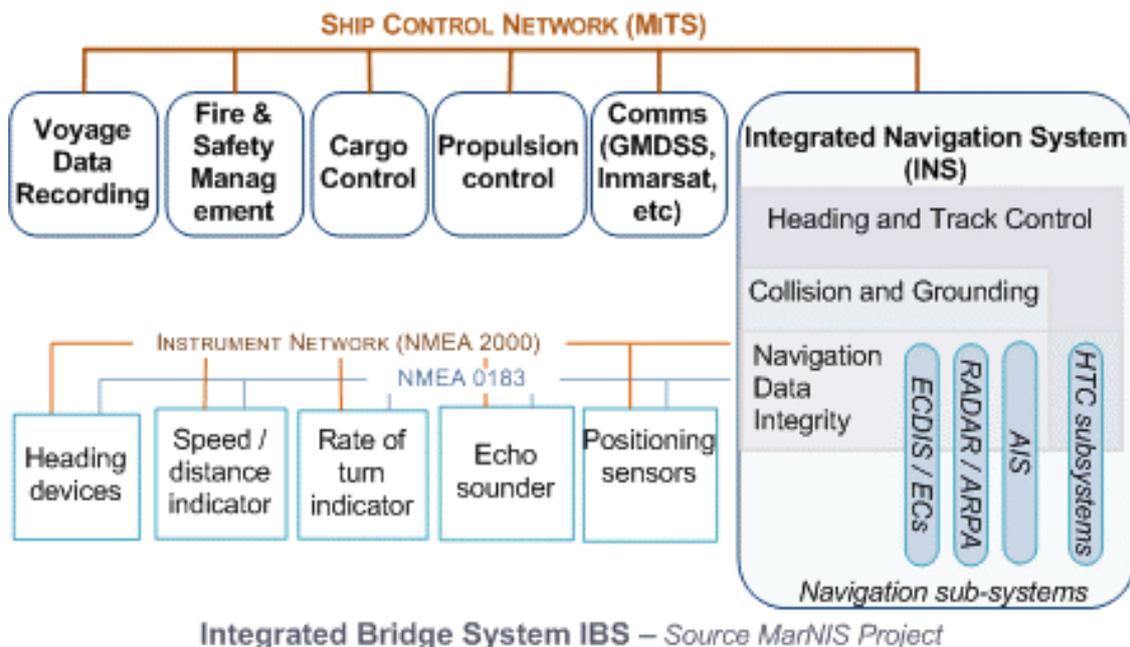


圖 5.2 歐盟 MarNIS 計畫所提的整合船橋系統典型架構

5.1.3 IMO 的「整合導航系統」設備性能標準

IBS 的核心是 INS，而 INS 的國際標準則是 IMO 海事安全委員會於 2007 年 10 月的 MSC83 通過，2011 年 1 月 1 日起適用的「整合導航系統」性能標準修正案 Resolution MSC.252(83)^[34]。

INS 可以把航路規劃、航路監視、避碰、導航控制資料、導航狀態與資料顯示、以及警示管理等導航任務，包括各別的來源、資料與顯示，整合到一個導航系統。INS 可以被視為 (可合法取代)：雷達系統、ECDIS、艏向控制系統 (Heading Control System, HCS)、航跡控制系統 (Track Control System, TCS)、AIS 的資料顯示器、回音測深系統、電子定位系統 (Electronic Position-Fixing System, EPFS)、速度距離量測設備 (Speed and Distance Measuring Equipment, SDME)，就看 INS 各種任務功能的組合是否能符合各該航儀設備性能標準中各對應模組的要求。

在定義上，INS 是提供多功能顯示的工作站，至少必須整合航路監視與避碰這兩項導航任務/功能，而且可提供手動及/或自動的導航控制功能。

在船橋上應該設置多少 INS 工作站，依 INS 整合的任務數量以及備援需求而定，更必須符合 SOLAS 公約對於船舶設備以及同時執行與顯示之最低任務要求。因此，INS 應該至少就航路監視、避碰、導航控制資料任務各提供一任務站（工作站）；航路規劃、導航狀態與資料顯示、警示管理這些任務必須至少能在上述必要任務站的其中一個工作站上執行，或是再另外提供一個任務站。其中航路規劃任務也可以用遠距的工作站執行。

如果 INS 有航跡控制功能，則必須把規劃的航路圖顯示在航路監視及/或避碰的任務站上，讓使用者能從這兩個任務站操控航跡控制功能。自動化功能必須明確指明是由哪一任務站控制，而且同一時間只能有一個任務站能接受控制指令；應能從另一任務站取得控制權，轉移控制權時設定的控制數值與限制應維持不變，該控制功能的相關資訊也應持續顯示。

INS 的固有功能是「完整性監測」，其支援航行安全的方法是：評估各來源的輸入，結合後提供資訊，並且在發生危險情勢、系統故障或資訊完整性劣化等狀況時，及時發出警示。

INS 把警示(Alert)依優先序分為：Alarm, Warning, Caution 三種等級，Alarm 是必須立即注意並採取行動；Warning 是為了預防而必須立即注意；Caution 則是有些異常狀況或資訊需要注意。

從 INS 處理 alert 的方式來看，又可分為 A 與 B 兩類。A 類 alert 是指必須在對應於該 alert 的功能任務指定工作站上以圖形（例如雷達、ECDIS）資訊支援警示狀況之評估與決策，關於碰撞危險或擱淺危險的 alert 就是屬於 A 類。B 類 alert 則是指只需要在中央警示管理平台的人機介面上顯示的資訊就已足夠，不需要額外的資訊。

5.1.4 智慧型船舶資通訊平台

從 e-化航行或智慧化海運系統著重船岸兩端資訊交換與整合的角度來看，智慧型船舶資通訊平台應參考 IBS 規範，以導航與通訊這兩部分系統的整合為主。

在導航的部分，應參考 INS 規範；通訊的部分則以支援 e-化航行所需的通訊鏈路與功能鏈結為整合的重點；設計上應以提供標準化整合式的「資訊顯示」、「通訊」、「資料過濾」、「警示」、「資訊優先序」、「即時資訊」為核心功能。

INS 標準所要求的航路監視與避碰這兩種任務都需要圖形顯示，而且必須分別在不同的任務台執行。航路監視任務主要對應於 ECDIS；避碰任務則對應於雷達與 AIS，且預設執行雷達與 AIS 目標融合。需要介接的航儀感測器資料主要如表 5-1。

表 5-1 感測器資料需求

感測器	基本輸出訊息	典型設備
測速儀	STW (對水航速) SOG (對地航速) VBW (STW, SOG)	電磁測速儀 都卜勒測速儀
電羅經	HDT (真艏向)	電羅經
電子定位系統	GLL(Position), GNS VTG (SOG, GOG) ZDA (UTC 時間)	GNSS/DGNSS 接收機與天線
測深儀	DBT, DPT (深度)	聲納

此外，全球 e-化航行需求調查結果顯示^[7]，使用者普遍認為：從通訊設備（例如：航行警告電傳、氣象傳真）接收到的資訊，應能讓使

用者選擇顯示在船橋的導航顯示系統上。最偏好的 10 項資訊分別是：

- (1)即時的潮汐/水位
- (2)預測的潮汐/水位
- (3)風向風速
- (4)暫時性的限制水域
- (5)航標狀態（是否有移位或燈光故障熄滅等狀況）
- (6)搜救資訊
- (7)封閉航道
- (8)封閉港口
- (9)領港資訊
- (10)遇險船舶

目前在大部份的船舶上，從航行警告電傳(NAVTEX)接收到的海事安全資訊都是顯示在另一個螢幕或列印在一捲紙上。資訊裡面的經緯度得要靠航行當值人員自行一一比對本船位置和預定航程以評估風險，不僅耗時費力，更容易有人為疏失。因此建議重新設計 NAVTEX 資料格式；自動把這些安全資訊呈現在船舶的導航顯示上。

此外，此資通訊平台應能有對應之功能設計的使用者需求如下：

- (1)當海事安全資訊、有效偵測的目標、規劃的航路都可以整合到 ECDIS 以後，航海人員希望能有 3D Guard Zone 功能（應能考量動態環境的船舶水下餘域），有效偵測水下與水面三個空間維度的碰撞與擱淺危險並通知當值人員。
- (2)海圖和航程規劃所需要的燈塔表、無線電信號表、航行指南、港口指南等刊物都能自動更新。

(3)只需要把資料輸入到系統一次，就可以自動分送給有授權的各個主管當局，避免不斷重複報告船舶、貨載、船員、航程等動態資料給岸上各主管機關。

(4)系統能自動評估海測資料、定位資料、雷達及其他船舶感測器的正確性和完整性，並採用圖形化指標回傳評估結果。

此一船載資通訊平台的運作，必須要有船舶內部網路，也需要岸岸通訊鏈路。關於船舶內部網路的部分將在下一節中探討。

IMO 所謂的「海事安全資訊(Maritime Safety Information, MSI)」是指航行與氣象警告、氣象預報和其他緊急的安全相關訊息。國際協調發布海事安全資訊的服務稱為「全球航行警告服務(World-wide Navigational Warning Service, WWNWS)」^[35]，廣播系統是 NAVTEX 與 Inmarsat 衛星的 SafetyNet，如圖 5.3，這是在全球海上遇險與安全系統的國際法規下建立的包含岸端服務與船載設備要求的架構。

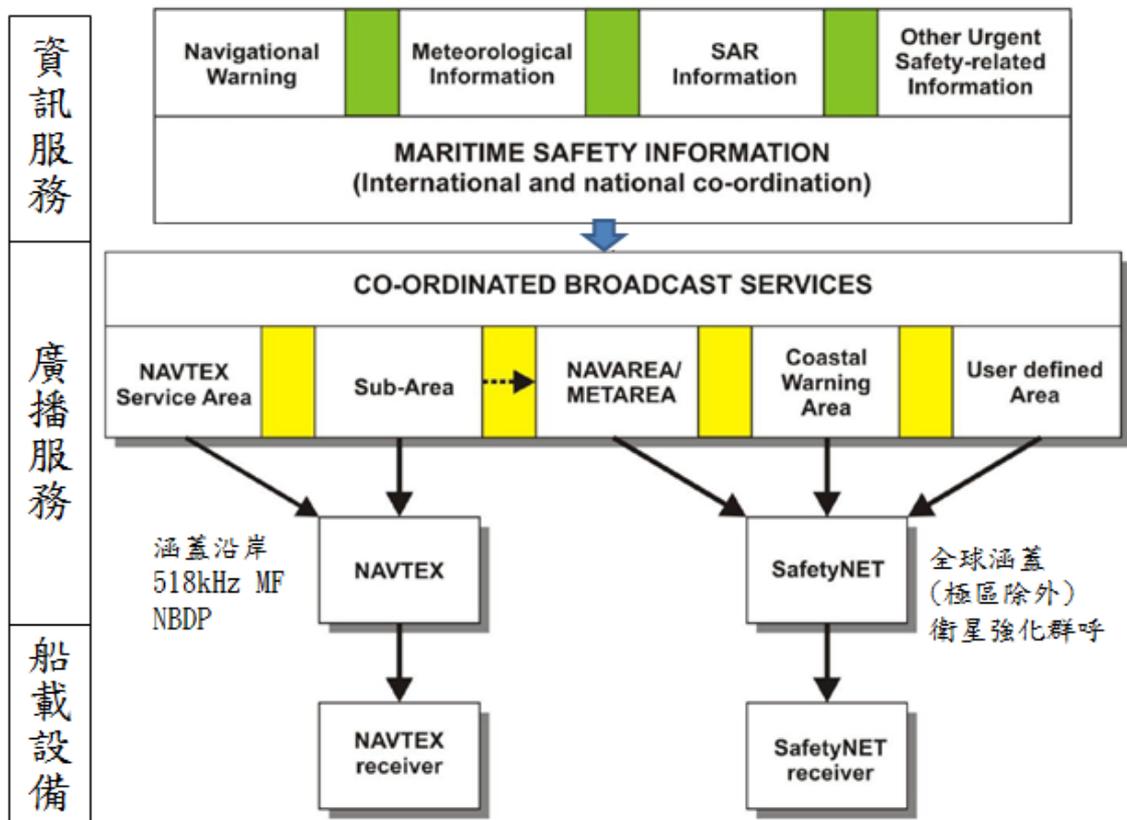


圖 5.3 全球海上遇險與安全系統的海事安全資訊服務

船舶遇險警示及其相關的航行警告屬於 MSI，但搜救作業的相關通訊則不在 MSI 範圍內。為了改正海圖或航道規劃、港埠法規等而發布的航船佈告也不屬於 MSI。但目前國際上已有部分透過類似 SafetyNET 提供的電子海圖更新服務。

智慧船臺若要整合海事安全資訊服務，可考慮優先介接 Inmarsat-C 船載收發機（屬於 SOLAS 船舶設備）的 SafetyNET，藉由訊息的區域與坐標資訊建立該筆海事安全訊息與導航顯示畫面的海圖或雷達圖的連結，甚至套疊在海圖中。從前期的電子海圖中程計畫中曾接收 SafetyNET 的海事安全資訊進行分析，發現訊息中的經緯度資訊幾乎沒有格式可言，難以自動化取出可靠數值。但近兩年隨著 IHO/IMO/WMO 等國際組織聯合修訂 MSI 國際規範與作業手冊^[36]，格式已更加明確。在各國落實遵循後，海事安全資訊與整合導航系統的整合確具可行性與相當的價值。

5.2 智慧船臺的網路架構與通訊協定

5.2.1 海事導航與無線電通訊設備與系統的數位介面標準

隨著 e 化航行的演進，海事導航與無線電通訊設備與系統的數位介面效能必須不斷提升，以因應系統整合的需求，以及技術與應用的改變。

IEC 61162 系列標準是此等數位介面應遵循的國際規範，基本上都是對應業界採用的 NMEA 標準而訂定。該系列標準全名為"Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces"，系列組成如表 5-2：

表 5-2 IEC61162 海事導航與通訊設備與系統數位介面標準

61162-1 ed4.0 (2010-11)	Single talker and multiple listeners
61162-2 ed1.0 (1998-09)	Single talker and multiple listeners, high-speed transmission
61162-3 ed1.1(2010-11)	Serial data instrument network
61162-4 ed1.0 (2001-11)	Multiple talkers and multiple listeners-Ship systems interconnection

IEC 61162-1 對應於 NMEA0183 v4.0，屬於單向串列資料傳輸，每筆訊息不超過 79 字元(printable ASCII)，每秒不超過 1 筆訊息。除了\$開頭的訊息以外，已加入!開頭的訊息，表示該訊息符合特殊用途資料封裝格式（例如：AIS VDL 訊息）。

IEC 61162-2 對應於 NMEA0183 v2.3，也是單向串列資料傳輸，可達每 20ms 傳送 1 筆訊息，每筆訊息不超過 79 個 ASCII 字元。

隨著設備與系統複雜度提高，IEC 61162-1 與 61162-2 已無法滿足設備間多重鏈結與通訊速率的需求，因此 IEC 對應於採用控制器區域網路(Controller Area Network, CAN)技術的 NMEA2000 標準，制訂出

IEC 61162-3，但其支援的設備類型與訊息內容格式持續依循 IEC 61162-1。IEC61162-3 使 NMEA2000 能應用於 SOLAS 船舶，以雙向多發多收的儀器網路連結海事電子設備，使其能分享資料（包括指令與狀態）。IEC 61162-1 與 61162-2 只能檢查訊息是否錯誤，不保證送達；IEC 61162-3 則可保證資料在延遲限制內確認送達。但 IEC 61162-3 的資料訊框中只有大約 50% 是真正要傳送的資料內容，因此仍僅適用於較簡短的訊息。

IEC 61162-1、61162-2 與 61162-3 基本上都是定位在儀器層級的連結，IEC 61162-4 則是定位在系統層級的整合，其組合元件主要是各種高功能的系統，例如：雷達、ECDIS 與操船顯示台等。IEC 61162-4 是基於乙太網路(Ethernet)之 400 系列標準的統稱，分別規範一般原則、應用層、傳輸層等通訊協定，此 400 系列標準幾乎都仍停留在 2001 年 11 月的 ed1.0。

5.2.2 海事導航與無線電通訊設備與系統的乙太網路標準

今年(2011) 6 月最新通過的 IEC 61162-450: Multiple talkers and multiple listeners-Ethernet interconnection 標準^[37]，雖然從標準的編號上看來是屬於 IEC 61162-4 的 400 系列，但是標準的內容卻看不到參考其他 400 系列標準之處。IEC 61162-450 規範的是把設備（網路節點）連接到單一乙太網路所需的協定，保有 IEC 61162-1 與 IEC 61162-2 等標準的基本資料格式，提供更高速高容量的選擇，其資料容量也高於 IEC 61162-3。

目前 IEC 61162-450 是船舶導航通訊設備介面標準中唯一可支援雷達等數位影像傳輸的國際標準。因此本計畫智慧船臺的網路架構與通訊協定之設計建議依據 IEC 61162-450 對於設備介面的規範。

圖 5.4 是 IEC 61162-450 的網路拓撲範例。具有 IEC 61162-1 串列通訊介面的裝置可視為系統功能方塊(如圖 5-4 的 SF1,SF2)，須透過 SNGF 的開道功能將 IEC 61162-1 訊息轉換成符合 IEC 61162-450，再透

過網路功能方塊(NF1)連接網路。有些航儀除了系統功能外也實作了網路功能可做為網路節點 (如圖 5-4 的 SF3/NF2)。有的航儀可透過同一網路節點同時提供兩種獨立的系統功能，如圖 5.4 的 SF4、SF5 與 NF3。有些設備除了可以收送 IEC 61162-450 的資料以外，還可以收送網路上非 IEC 61162-450 的其他資料，如圖 5.4 的 SF6、NF4 與 ONF1。不是收送 IEC 61162-450 資料的裝置，只要符合 IEC 61162-450 的相容性要求，也可以使用同一個網路，如圖 5.4 的 ONF2。

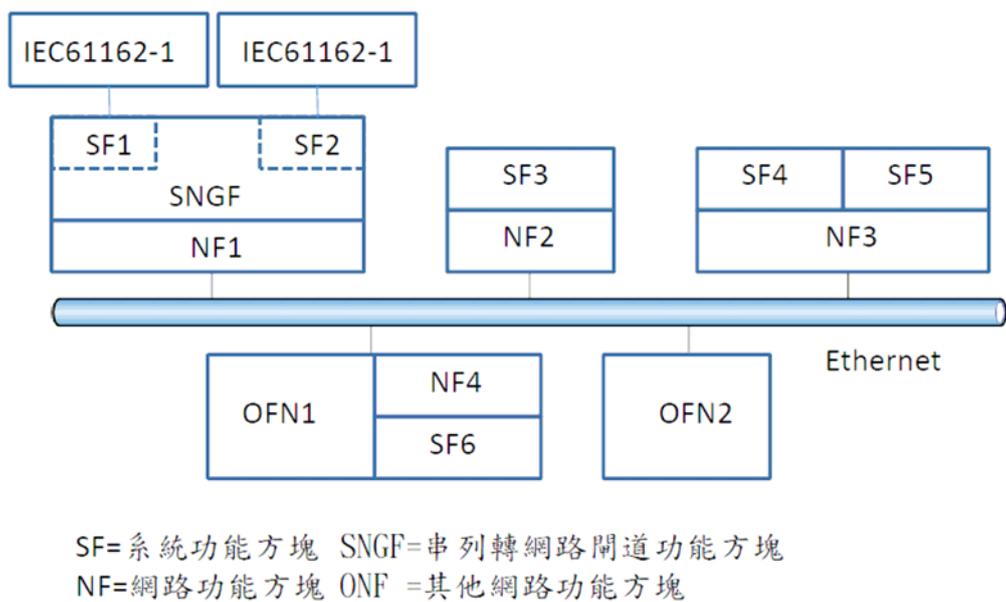


圖 5.4 IEC61162-450 的網路拓撲範例

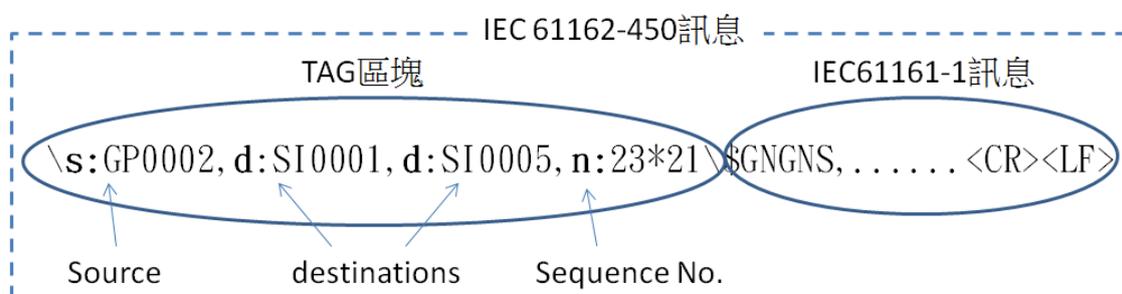
在 IEC 61162-450 網路中連接各組成元件的網路基礎設施設備既不能用 Router 也不能用 repeater hub，使用的 switch 如果具有 multicast filtering 功能，例如 IGMP(Internet Group Management Protocol) snooping 或 CGMP(Cisco Group Management Protocol)，則必須關閉此等功能，以免因為網路各節點使用的 IGMP 版本不同而造成問題。IEC 61162-450 網路採用 IPv4，至少須支援 ARP(Address Resolution Protocol)、IP(Internet Protocol)、UDP(User Datagram Protocol)、ICMP(Internet Control Message Protocol)等網路通訊協定。設備可指配的位址在 172.16.0.1 到 172.31.255.254 範圍，網路遮罩 16 位元，屬於 class B 私人網路位址。239.192.0.1 至 239.192.0.64 的 multicast 位址保留給應用層協定使用。網路傳輸層使用 UDP multicast 協定，將資料依

特性分成多個傳輸群組，每個群組指配一個 multicast IP 位址與埠號 (port no.)。

IEC 61162-1 標準訊息以兩個字元的「發話者代碼 (talker identifier)」識別該訊息是由哪種裝置送出的，再以三個字元的「句型碼 (sentence formatter)」表明資料種類以及該訊息後續各欄位的意義。「發話者代碼」具有該裝置之系統功能的意義，因此 IEC 61162-450 的系統功能識別碼 SFI，預設以 IEC 61162-1 裝置現有的「發話者代碼 (Talker ID)」作為 SFI 的前兩個字元，其後再接 4 個數字字元，使每個 SF 在同一艘船的網路中都具有唯一的 SFI。

為了輔助 IEC 61162-1 訊息在網路中的傳輸，IEC 61162-450 利用 NMEA0183 定義的「傳輸註釋與集群 (Transport Annotate and Group, TAG)」資料區塊，在 IEC 61162-1 訊息前面增加一些參數，TAG 區塊參數代碼與意義，及其應用範例如下：

- d:目的地識別碼 s:來源識別碼 t:自由文字
- g:訊息集群化 n:SF 傳送的各個訊息的序號



\$GNGNS 前面成對\與\之間即是 TAG 區塊資料，其內容表示後面 \$GNGNS 開頭的 IEC 61162-1 訊息是從 SFI=GP0002 的 GPS 接收機傳送給 SFI=SI0001 與 SFI=SI0005 這兩個設備，序號 23 的訊息。

有些船舶設備的資訊必須分成多句 IEC 61162-1 訊息傳送，而接收端則必須完整接收組合後才能正確解釋其意義，這類訊息稱為「多句訊息 (Multi-sentence Message, MSM)」，AIS 的訊息就有不少是屬於 MSM。此時就可以用 TAG 區塊的 g 參數，把分兩句傳送的 AIS 訊息

(!AIVDM)集群化，例如下面這個範例，g:1-2-98 表示!AIVDM 訊息是從 SFI=AI0002 這個 AIS 設備送出的第 98 群，共 2 筆訊息內的第 1 筆。

```

\g:1-2-98, n:248, s:AI0002*76\!AIVDM, 2, 1, 9, ..... <CR><LF>
\g:2-2-98, n:249, s:AI0002*74\!AIVDM, 2, 2, 9, ..... <CR><LF>

```

IEC 61162-450 對於航儀設備之間的多對多通訊，是將 IEC 61162-1 訊息依「發話者代碼」分為不同的傳輸群組，再利用每個傳輸群組有不同的 multicast IP 位址與埠號達成的。個別設備(SF)應設定本身屬於哪一傳輸群組，並將其所有輸出訊息送往所屬傳輸群組的 IP 與埠號。同時 SF 可設定要接收哪些傳輸群組的哪些資料內容(以句型代碼區分)的訊息，然後對應這些傳輸群組的 multicast IP 位址與埠號連線接收訊息。表 5-3 與 5-4 是傳輸群組的分類方式和一些航儀設備的歸類。

表 5-3 IEC 61162-450 的傳輸群組歸類方式

傳輸群組	輸出此傳輸群組訊息的設備種類
TGTD	AIS 與雷達目標資料
SATD	更新率高的艙向與姿態資料
NAVD	TGTD 與 SATD 以外的導航輸出
RCOM	無線通訊設備
VDRD	IEC 61996 要求 VDR 應記錄的資料
TIME	傳送時間的設備
MISC	其他
PROP	廠商自訂
USR1-USR8	使用者自訂

表 5-4 航儀設備 Talker ID 對應的 IEC 61162-450 傳輸群組

傳輸群組	發話者代碼	設備種類
TGTD	AI	AIS 船舶自動辨識系統
	RA	雷達或雷達測繪裝置
SATD	HE,HN	電羅經
	TI	轉向率指示器
NAVD	GA,GP,GN	Galileo,GPS,GNSS 全球導航衛星系統
	EC,EI	電子海圖系統,ECDIS
	WI	氣象儀
	SD	測深儀
	VD,VM,VW	測速儀
RCOM	EP	緊急指位無線電標杆(EPIRB)
	CD	數位選擇呼叫(DSC)
	CS	衛星通訊
	CT, CV	MF/HF, VHF 無線電話
VDRD	BN	船橋航行當值警報系統
TIME	ZA,ZC,ZQ,ZV	計時器，時間/日期
MISC	VR	VDR 航程資料記錄器
	SI	SNGF (IEC61162-450 新增的代碼)

5.3 資料完整性監測、整合與訊息管理

5.3.1 資料的整合與完整性監測

偵測感測器故障的標準做法至少應包括合理性與有效性的檢查。合理性是檢查感測器的原始資料或衍生的解算結果是否在預先設定的數值範圍內；有效性則是和正式標準以及邏輯準則的比較，例如是否符合船舶操縱特性、周遭環境狀況。

單一感測器的檢查可針對其最大值、最小值、變化率、甚至雜訊值進行監測。如果有冗餘的感測器或其他資料來源，則可以利用資料的互相比較監測其完整性。舉例如下：

定位資料的完整性監測可以利用：和第二個電子定位系統比較、GNSS 的 RAIM 功能、和以航向航速推算的船位比較。船艙向除了可以和另一艙向感測器比較以外，還可以和 COG 比較。對地航速可以和對水航速比較，測速儀測得的對地航速也可以和衛星定位系統的對地航速比較。本船水下餘裕資料可以和另一測深儀比較，也可以和電子海圖內的水深值比較。

除了合理性、有效性、完整性之外，在整合多個子系統的情形下，各系統資料的一致性也相當重要。例如：雷達、ECDIS、AIS 系統所用的本船位置坐標與艙向很可能是不一致的，如果沒有一個一致的共通參考系統，從這三個系統上取得的目標相對方位距離可能令人混淆錯亂。而分別在各個子系統設定的一些界限值（例如在雷達、ECDIS、AIS 設定的 CPA/TCPA 警戒值）如果不同，整合系統也應該能偵測出來，並發出警告。

5.3.2 警示狀況的管理

依據整合導航系統對警示狀況劃分的優先序與處理要求，整理出 Alarm, Warning, Caution 這三個等級的警示訊息管理程序，以狀態圖的

方式表示如圖 5.5-5.7。

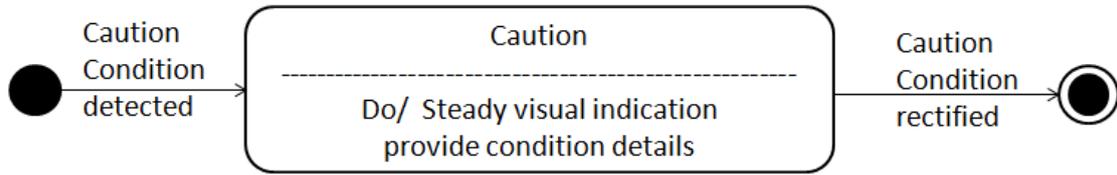


圖 5.5 Caution 等級警示訊息的管理

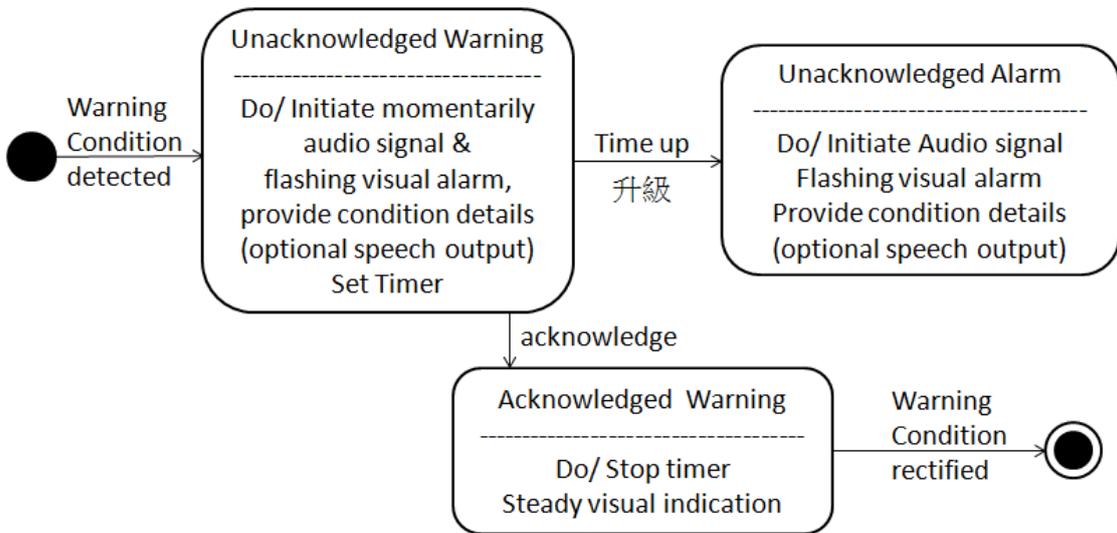


圖 5.6 Warning 等級警示訊息的管理

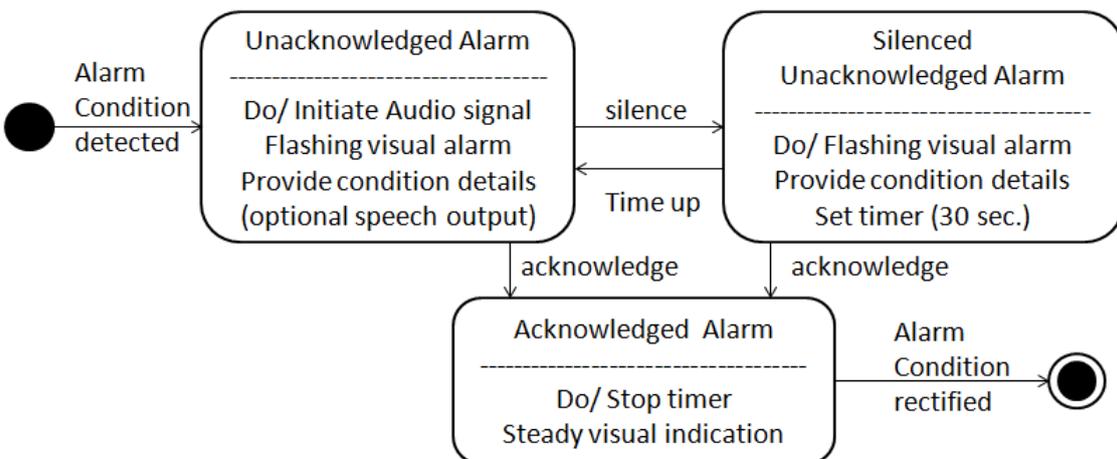


圖 5.7 Alarm 等級警示訊息的管理

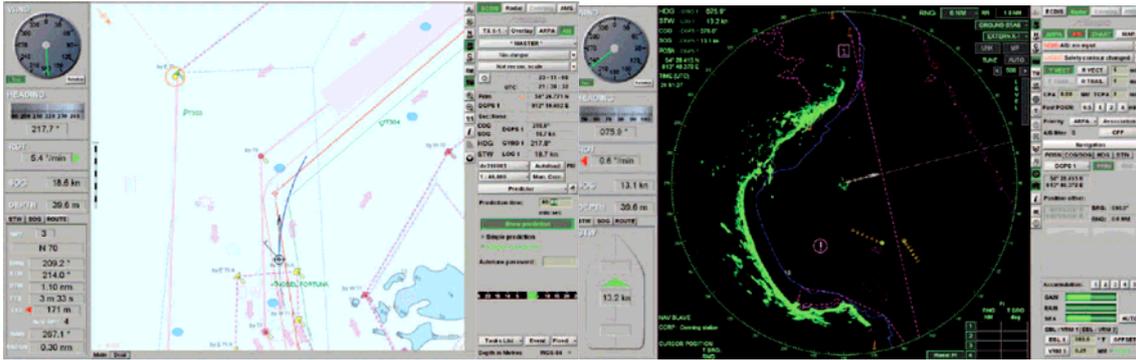
5.4 智慧船臺的資訊顯示介面設計

以往航儀設備或感測器各有其獨立的顯示器與警報機制，近幾年則開始出現了許多「多功能顯示器」或整合平臺的產品設計。究其原因，除了航儀多樣化且功能複雜化、航儀網路逐漸成形，航儀系統間朝向多功能整合以外，國際組織在訂定航儀設備的標準時改採模組化功能要求，並且訂定了跨系統一致化的顯示符號與縮寫標準^{[38][39]}，其實都是互為因果的推動力量。

廣義的「多功能顯示器」可分為「儀器顯示」與「系統顯示」兩大類，前者用於電羅經、GPS/DGPS 船位與航向航速、測速儀、測深儀、風向風速..等感測數據之數字或圖形儀表式顯示，後者則是用於組合海圖、雷達、監視攝影、聲納/漁探機、衛星氣象圖、AIS 等的顯示畫面。Furuno 公司此產品針對的是不受 SOLAS 規範的船舶。適用於 SOLAS 船舶的則有 Transas 公司的整合導航船橋系統方案，可切換 ECDIS、雷達、操船顯示臺、警報監視系統等，如圖 5.9。



圖 5.8 Furuno NavNet 3D 多功能顯示器的熱切換頁面組合



Alarm Monitoring System					
Source	Where to acknowledge	Name	Set Time	Age	Status
CHART	Any station, ECDIS	Nav.danger	10:42:36 19/06/07	00:01	Unacknowledged
WS1	Any station, any task	Scanner Control	09:28:01 19/06/07	01:16	Unacknowledged
WS1	Any station, any task	WAGO: Failure	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	NMEA Custom1 sensor no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	WAGO ADC1 sensor no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	LOG: no data	10:42:29 19/06/07	00:02	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	GYRO: no data	10:42:29 19/06/07	00:02	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	Prim. posn: no data	10:42:28 19/06/07	00:02	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	Prim. COG/SOG no data	10:42:28 19/06/07	00:02	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	Prim. Time error	10:42:28 19/06/07	00:02	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	LOG: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	GYRO: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	Time sensor : no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	AIS: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	ROT: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	Prim sensor: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Unacknowledged
SENS	Any station, any task	SOUNDER: no input	09:27:42 19/06/07	01:16	Acknowledged

Primary positioning source has no connection or device switched off

圖 5.9 Transas 整合導航船橋系統的切換頁面

5.5 平臺之設計與研究試驗

智慧船臺的設計基礎是警報、感測、計畫、監視、海圖、資料庫等的資訊互通分享，因此首要條件是將航儀設備連結成可多對多高速通訊的網路節點。目前可見的整合船臺產品大多採用自家設計的網路，即使都是採用乙太網路也難以確保相容性，且各大航儀廠商推出的整合船臺產品功能都著重在船橋導航系統，與通訊功能連結整合的設計仍待強化發展。在這方面，IEC 的船舶導航與無線通訊設備乙太網路互連介面標準(IEC 61162-450)，可做為智慧船臺與其他設備相容互通的依循標準。

前兩年(98-99)計畫已建立一個可操作控制的模擬測試平台，用以產生海上船舶在不同海域航行環境、他船相對動態交通狀況、航儀系統誤差或失效等各種狀況，做為研發智慧型資通訊平台的環境。本計畫以此模擬平臺以及海大電子海圖研究中心長期發展之電子海圖系統與雷達模擬系統為基礎，擴增網路、改善感測器模擬與操控功能，並試驗多功能顯示介面，目前研發架構如圖 5.10。

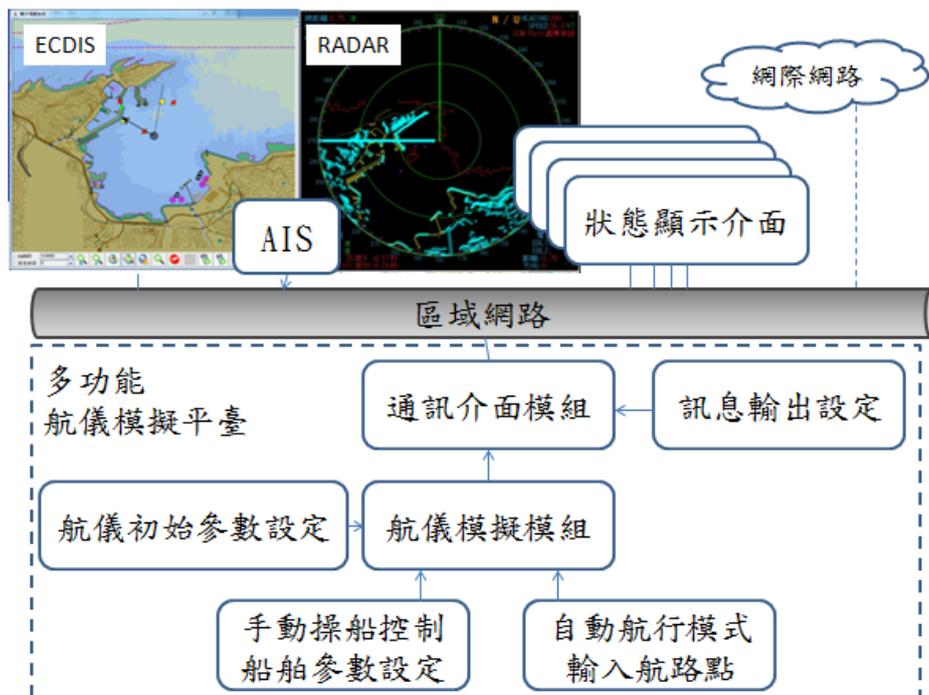


圖 5.10 智慧型船舶資通訊平台研發架構示意圖

航儀模擬平台功能介面如圖 5.11：(a)圖本船船位、船速、航向、水流流向流速、GPS 定位模式與誤差參數等航儀初始參數設定，其中航向航速分為對地與對水的兩組與水流參數之間，可輸入任兩組由程式自動依向量決定另一組參數；(b)圖是模擬由 GPS、電羅經、都卜勒測速儀等設備產生航儀輸出訊息內容；(c)圖是串列通訊、網路廣播與檔案記錄等三種訊息輸出方式的設定；(d)是手動操控船舶的介面，以及船速反應與最大轉向速率等設定；(e)則是匯入航路點後以自動航行取代手動操船的介面。

(a)

```

● GPGGG ● GPGLL ● GPRMC ● GPZDA ● HEHDT ● VDVHW ● GPVTG
$GPGGG,215754.187,2520.199999999999996,N,12130.833333333333144,E,1,3,,,M,,M,0,0,0
$GPGLL,2520.199999999999996,N,12130.833333333333144,E,215754.187,A*03
$GPRMC,215754.187,A,2520.199999999999996,N,12130.833333333333144,E,0.0,0.0,1907
$GPVTG,,T,,M,0.0,N,0.0,K*4E
$HEHDT,0.0,T*2F
$GPZDA,215754.187,19,07,2011,00,00*55
$VDVHW,0.0,T,,M,0.0,N,0.0,K22

```

(b)

ComPort Setting

串口選擇: []

每秒傳輸位元(B): 100

資料位元(D): 8

同位檢查(P): NONE

停止位元(S): 1

刷新串口

開啓串口 關閉串口

網路廣播設定

廣播IP: 192.168.0.255

連接埠: [] 進行廣播

Log

Sentence Write in Txt

Lat,Long Write in Txt

(c)

Throttle

0% Ahead

Ahead 100%

0%

100% Astern

RATE OF TURN

Port StarBoard

左右轉參數設定

Max Rate of Turn(deg/min) 0

船速表設定

Full Ahead: 11.8 Knots

Half Ahead: 10.2 Knots

Slow Ahead: 7.8 Knots

Dead Slow Ahead: 6.2 Knots

至Full Ahead所需時間: 240 secs

(d)

自動航行點

載入規劃航行點

使用自動航行(勾選後手動操作部分將失效)

(e)

圖 5.11 航儀模擬平臺功能介面畫面

圖 5.10 中的狀態顯示介面是指可以從區域網路上任何一個工作站執行的程式，使用者可以設定要顯示哪些頁面，切換以不同的介面顯

示航儀資訊與狀態。圖 5.12 是以文數字顯示航儀感測器數值的畫面，右圖是當可用 GPS 衛星數不足而無法定位時，從 GPS 取得的船位經緯度與對地航向航速都無資料，只剩測速儀輸出之對水航向航速。此為單純顯示失效，未提供推算船位。另可選擇以圖形儀表方式顯示航向航速，如圖 5.13。此介面程式顯示的內容除了船舶本身的航儀感測資訊以外，還可以包括透過通訊系統接收的資訊，圖 5.14 是以港研中心港灣環境資訊網的各國際商港的海氣象即時觀測資料為例的顯示。



圖 5.12 狀態顯示介面數值顯示模式與衛星定位失效狀況

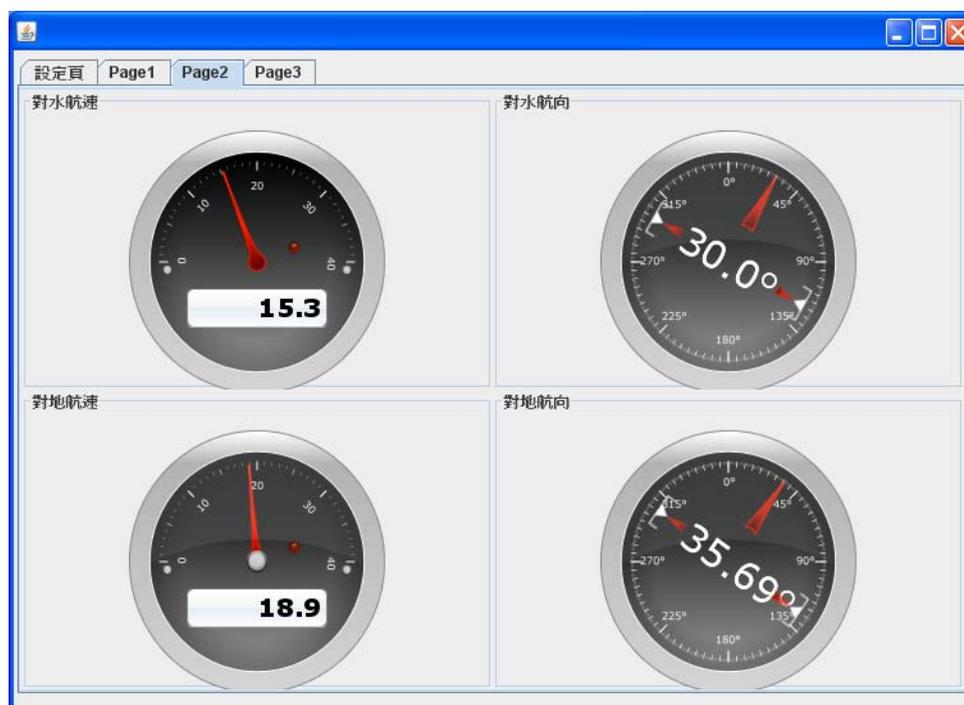


圖 5.13 狀態顯示介面以圖形儀表顯示航向航速



圖 5.14 港研中心海氣象即時觀測資料顯示

船舶區域網路內的這些航儀資訊也可以從智慧型手機行動裝置透過無線通訊接取後顯示，如圖 5.15。

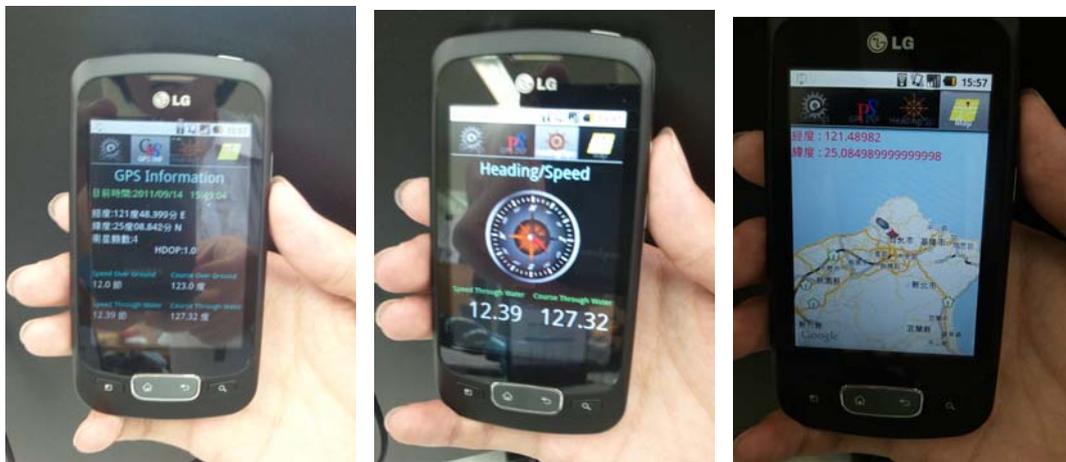


圖 5.15 智慧型手機的狀態顯示介面

在整合寬頻通訊、港區導航定位與航行資訊服務方面的試驗，由於海上網狀網路通訊設備還在國際提案研究階段，在此僅以專為智慧型運輸系統而設計的 WAVE/DSRC 車載寬頻通訊設備（工研院簡稱為 IWCU 的設備），並選擇以兼具傳送 GPS 增強訊息與海氣象資料等相關

安全訊息的 DGNSS 服務為例進行試驗，架構如圖 5.16。岸台與船台分別以 WAVE/DSRC 的「路側單元 (Road Side Unit, RSU)」與「車上單元 (On Board Unit, OBU)」代替。由連接 RSU 的電腦透過 NTRIP Client 軟體從內政部 e-GPS 網站串流取得後龍站 beacon-DGPS 或臺灣網路 DGPS 站的 RTCM 資料，以 WAVE/DSRC 的通訊協定提供服務給直接通訊範圍內的 OBU，再由該 OBU 以 WSMP 通訊協定中介廣播給另一遠端 OBU，使這兩個 OBU 的 GPS 接收機都能利用此 RTCM 資料進行 DGPS 定位，若 RTCM 資料中有海氣象訊息或安全訊息，也可同時接收應用。測試地點在海洋大學校園，兩 OBU 之間的實際距離 20m，定點取 10 分鐘平均，定位使用的 DGPS 修正訊息時間都只相差 1 秒，表示 OBU 之間的通訊延遲只有 1 秒，後龍站延遲修正的情形約為臺灣站的兩倍，大致對應於這兩站分別採用的 RTCM Type9-3 與 Type1 所需訊息數的比。

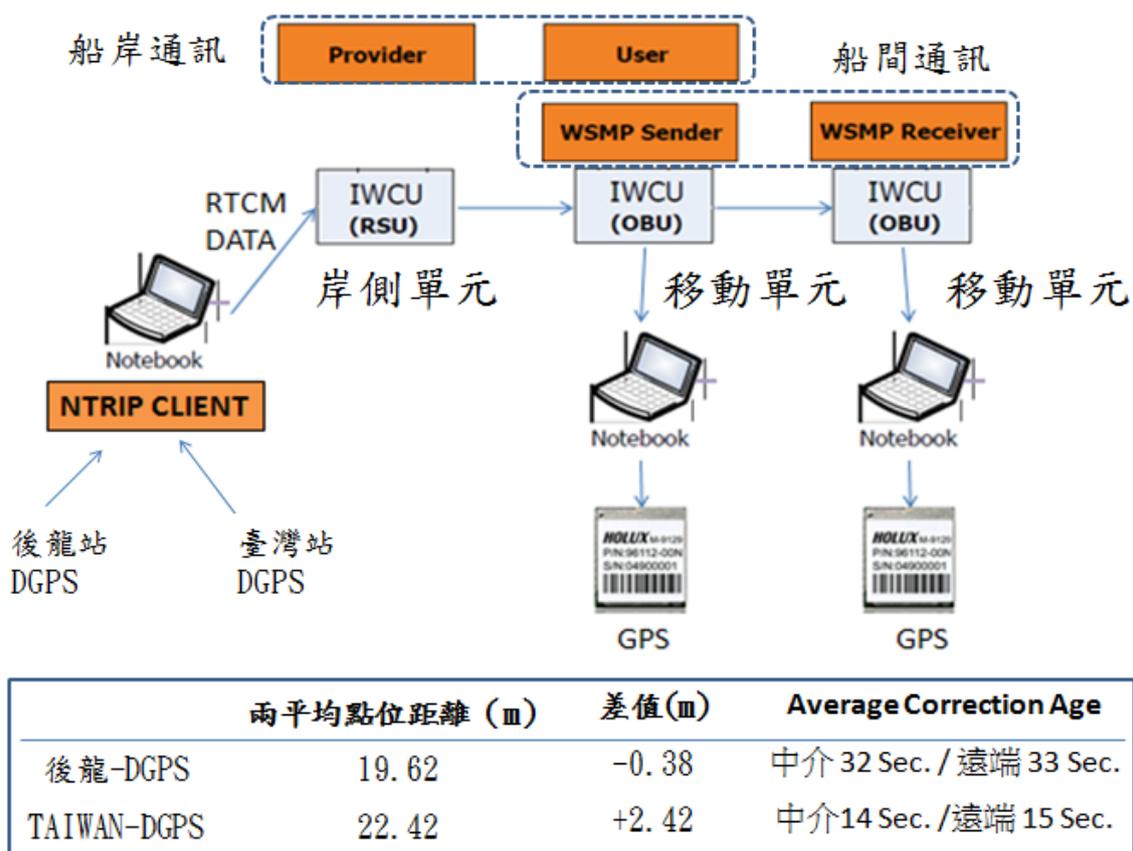


圖 5.16 整合寬頻通訊、港區導航定位與航行資訊服務的試驗

5.6 小結

本計畫在考量國際組織所提 e-化航行架構以及整合船橋系統與整合導航系統之設備性能標準後，認為智慧型船舶資通訊平台的設計，應參考整合船橋系統的國際規範，並以整合導航與通訊兩項作業為主。

在導航方面參考整合導航系統，支援航路規劃、航路監視、避碰、導航控制資料、導航狀態與資料顯示、警示管理等導航任務；在通訊方面著重 e-化航行所需通訊鏈路與功能鏈結，建立船舶內部網路與船岸通訊鏈路。

依此目標，已規劃提出智慧船臺研發架構，並探討智慧船臺的網路架構與通訊協定，導航資料完整性監測整合與警示訊息管理，以及資訊顯示介面等的設計原則與方法。

此外亦已就船舶內部航儀網路、船岸功能鏈結（透過網際網路取得海氣象即時觀測資訊服務）、資訊與狀態整合顯示介面等，完成初步實作試驗。

第六章 結論與建議

6.1 結論

本計畫主要研究成果與結論如下：

1. 港區航行階段助導航定位服務

2012 年起由電子海圖啟動的 e-化航行極度依賴 GNSS 定位。無線電助導航定位服務以能提高定位準確度又有完整監測機制的 DGNSS 服務為主，依其通訊鏈路可分為 Beacon-DGPS 與 AIS-DGPS 兩種。

東亞海域唯獨臺灣沿岸未提供 Beacon-DGPS 服務，落後已近十年，明顯不符港區航行階段助導航定位需求，e-化船舶航行於臺灣海域與港口的風險相對提高。

應優先建置 Beacon-DGPS，可再以 AIS-DGPS 提供港區的多重覆蓋，並藉由 AIS 安全訊息功能提供 GNSS /DGNSS 相關系統警示訊息。

2. 沿岸行動寬頻網狀網路

海上網狀網路的有效岸台位於船舶航路離岸近且密集處。凸顯出交通流分析是設計海事寬頻地面無線電通訊時擬定傳輸距離規格與規劃設站數量位置的重要依據。

海上網狀網路之頻段與技術仍未定，現階段仍不宜進行具體設站規劃。但本計畫研發建立之船舶交通流分析、軌跡探勘技術、天線高度與傳輸距離、網路連接性等分析規劃技術已可實際應用於海上行動寬頻航行與航運資訊服務之具體規劃與效益。

3. 船舶動態資訊融合與決策支援

本研究已建立結合 AIS 與雷達動態船舶資訊之技術，以及全範圍即時船舶碰撞危機偵測預警功能。此外更對 AIS 船舶歷史航跡進行軌

跡探勘，建立船舶代表路徑資料庫，經由即時船位與代表路徑資料庫比對，已可有效依船舶可能航行航程估算航行時間，達到航路預測與預警，並進一步輔助港埠運作及航行安全相關。

進一步的落實應用有賴 AIS 船舶動態系統更完整的覆蓋率與穩定性，可輔以雷達追蹤軌跡，並以遠距船舶識別與追蹤系統、漁船監控系統等延伸涵蓋距離與船舶種類。

4. 智慧型船舶資通訊平臺之設計

在考量國際組織所提 e-化航行架構以及整合船橋系統與整合導航系統之設備性能標準後，本研究認為智慧型船舶資通訊平台之設計應參考整合船橋系統的國際規範，並以整合導航與通訊兩項作業為主。

依此目標，已規劃提出智慧船臺研發架構，並探討智慧船臺的網路架構與通訊協定，導航資料完整性監測整合與警示訊息管理，以及資訊顯示介面等的設計原則與方法。

此外亦已就船舶內部航儀網路、船岸功能鏈結（透過網際網路取得海氣象即時觀測資訊服務）、資訊與狀態整合顯示介面等，完成初步實作試驗。

6.2 建議

本計畫依據各項結論與研究成果，提出下列具體建議：

- (1)e-化航行所需行動寬頻通訊技術的後續發展還有許多變數，本研究之設站規劃工具、網路連接性分析、船舶交通流分析等成果可輔助相關技術之評估、決策與研發。
- (2)利用 e-GPS 資源，以 Beacon-DGPS 為主，AIS 為輔，建立港區航行階段與高風險區的無線電助導航定位服務。
- (3)利用本研究所建立的交通流分析與軌跡探勘技術，與各港務局合作，以更完整的 AIS 記錄、海氣象與港埠環境資訊進行航道的規劃與評估調整，實現智慧化海運系統相關應用。
- (4)申請加入國際協調網，提供臺灣沿岸海事安全資訊。
- (5)持續建置維護臺灣沿岸 AIS 網路，並增加傳送訊息的發射功能。
- (6)本研究開發之智慧型船舶資通訊平台與各模擬模組，可擴充設計成各種模擬機，支援 e-化航行所強調之船岸兩端人員教育訓練。

6.3 後續研究建議

後續研究應更聚焦於船岸兩端所需的整合技術，建議項目如下：

1. 新世代 e 化航行資料標準之關鍵技術研究

新世代 e 化航行資料標準的發展趨勢是以國際海測組織於 2010 年通過的通用海測數據模型(IHO S100)為基礎，建構國際助導航協會(IALA)研擬中的通用海事數據模型(UMDM)。此項工作係研究將我國空間資料標準、電子航行圖資料庫、航港資訊、港埠地理資訊系統與海氣象監測預報資料等調適應用於 e 化航行世代之智慧化海運系統所需的關鍵技術。

2. 船舶與船岸資料交換之應用研究

在 e 化航行架構之船舶間與船岸間資料交換方面，國際海事組織(IMO)已於 2010 年 5 月通過建議國際通用之多項「特定應用訊息(Application-Specific Message)」，為智慧化海運開啟多種創新應用服務的機會，國際上已見區域合作或以國內跨部會方式積極投入研究試驗如何應用此架構建置服務。此項工作將評估我國如何應用此等「特定應用訊息」、合成/虛擬航標、航路資訊、區域通告、助導航訊息等，建立支援其運作之資通訊關鍵技術，提出可行的應用項目、架構與運作方案。

3. 智慧化海運系統之 e 化航行概念驗證與示範系統建置

於岸端服務平台與船端整合船橋系統平台設計人機介面與使用案例，整合此四年期「智慧化海運系統建立之研究」之各分項研究成果，建置完成一概念驗證與示範系統。

參考文獻

1. IMO Maritime Safety Committee's Sub-committee of Navigation Safety (NAV), Development of an e-Navigation Strategy Implementation Plan, NAV 56th session report, 2010.
2. Christos Pipitsoulis, EU e-Maritime initiative and Maritime ITS, 16th ITS World Conference Special Interest Session: A common approach to Maritime ITS, 2009.
3. IMO Maritime Safety Committee (MSC), Strategy for the development and implementation of e-Navigation, MSC 85th session report, Dec. 2008.
4. IMO Maritime Safety Committee's Sub-committee of Navigation Safety (NAV), Development of an e-Navigation Strategy Implementation Plan, NAV 57th session report, April 2011.
5. Shankar Pathmasuntharam, J.; Peng-Yong Kong; Ming-Tuo Zhou; Yu Ge; Haiguang Wang; Chee-Wei Ang; Wen Su; Harada, H.; , TRITON: High speed maritime mesh networks, IEEE 19th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2008), vol., no., pp.1-5, Sept. 2008.
6. 張淑淨，船舶自動識別與報告系統整合規劃之研究，交通部科技顧問室委託研究報告，計畫編號：MOTC-SATO-91-020，2003。
7. 邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲，智慧化海運系統建立之研究(2/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860271645，Apr. 2011。
8. 張淑淨、郭長齡等，台灣海域管理助導航定位系統規劃及研發(二)，交通部科技顧問室委託研究報告，Dec. 1999。
9. 邱永芳、張淑淨等，在 e-化航行的國際架構下實現智慧型海運系統(1/4)，交通部運輸研究所出版，ISBN: 9789860236101，May 2011。

10. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA world wide radio navigation plan, ed.1, , 2009.
11. 張淑淨，海上船舶定位管理系統研究發展，行政院海岸巡防署委託研究報告，計畫編號：CGA-DCEI-090-001，Dec.2001.
12. International Telecommunication Union, Report ITU-R M.2202: Maritime broadband wireless mesh networks, Geneva, Nov. 2010.
13. Triton 網站 <http://sites.google.com/site/mingtuozhou/research/triton>.
14. Simon Saunders and Alejandro Aragón-Zavala, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems, 2nd ed. ,Wiley, ISBN: 978-0-470-84879-1, May 2007.
15. Howard H. Xia, Henry L. Bertoni, Leandro R. Maciel, Andrew Lindsay-Stewart, and Robert Rowe, Radio Propagation Characteristics for Line-of -Sight Microcellular and Personal Communications, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 41, No. 10, Oct. 1993, pp.1439-1447.
16. M Ester., H-P Kriegel., J Sander. and X Xu., A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise, Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, Portland, pp.226-231, 1996.
17. International Maritime Organization, World-Wide Radio Navigation System (WWRNS), Resolution A.953(23), 23nd Session of IMO Assembly, 2002.
18. International Maritime Organization, Resolution A.915(22) :Revised maritime policy and requirements for a future Global Navigation Satellite System (GNSS), 22nd Session of IMO Assembly, 2001.
19. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, Recommendation R-121 on the performance and monitoring of DGNS services in the frequency band 283.5-325kHz, Ed.1.1, IALA, Dec.2004.

20. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA world wide radio navigation plan, ed.1, 2009.
21. RTCM Recommended standards for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) service, version 2.3, RTCM, Aug.2001.
22. RTCM Standard 10401.2 for differential NAVSTAR GPS reference stations and integrity monitors (RSIM), RTCM, Dec.2006.
23. ITU, Recommendation ITU-R M.823-3: "Technical characteristics of differential transmissions for global navigation satellite systems from maritime radio beacons in the frequency band 283.5-315 kHz in Region 1 and 285-325 kHz in Regions 2 and 3", 2006.
24. ITU, Recommendation ITU-R M.1371-4: Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band, April 2010.
25. IEC, IEC 61993-2: Class A shipborne equipment of the universal automatic identification system (AIS) –Operational and performance requirements, methods of test and required test results, 2001.
26. RTCM, Networked transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) - Version 2.0, June 2009.
27. IEC, IEC-62388: Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Shipborne radar - Performance requirements, methods of testing and required test results, Dec.2007.
28. SML Technologies Ltd., Association of AIS and Radar Data, UK Maritime & Coastguard Agency Research Project Report 456, 2002.
29. T. Stupak and R. Wawruch, Fusion of Data Received FM-CW Radar and AIS-Analysis of Functionality, 2010 11th International Radar Symposium (IRS), pp.1-3, 2010.
30. J.Garcia, J.L.Guerrero, A.Luis, and J. Molina, Robust Sensor Fusion in Real Maritime Surveillance Scenarios, 13th International Conference on Information Fusion, pp.1-8, 2010.

- 31.S.J.Chang, Satellite-Based Vessel Tracking and Monitoring as the long range mode of AIS, Proceedings of MTS/IEEE Oceans 2005 Conference, Washington D.C., USA, 2005.
- 32.Z. Li, J.G. Lee, X. Li, and J. Han, Incremental Clustering for Trajectories, Proc. 2010 Int. Conf. on Database Systems for Advanced Applications (DASFAA'10) , 2010.
- 33.IALA, Recommendation e-NAV-140 on the e-Navigation architecture- the initial shore-based perspective, Ed.1, Dec.2009.
- 34.International Maritime Organization, Resolution MSC.252(83) : Adoption of the revised performance standards for Integrated Navigation Systems (INS) , 2007.
- 35.International Maritime Organization, Resolution A.953(23) : World-Wide Radio Navigation System (WWRNS), 23nd Session of IMO Assembly, 2002.
- 36.Internation Hydrographic Organization S-53: Joint IHO/IMO/WMO manual on maritime safety informatopn (MSI), Jul. 2009.
- 37.IEC 61162-450: Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems-digital interfaces- Part 450: multiple talkers and multiple listeners- Ethernet interconnection, Ed.1, IEC, Jun.2011.
- 38.International Maritime Organization, Resolution MSC.191(79) : Performance standards for the presentation of navigation-related information on shipborne navigational displays, 2004.
- 39.International Maritime Organization, Resolution SN/Circ.243 Guidelines for the presentation of navigation-related symbols, terms and abbreviations , 2004.

附錄一 期中報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-100-H2DB006a

智慧化海運系統建立之研究(3/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

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
<p>國立成功大學 黃明志教授：</p> <p>一、報告中強調必須在國際架構下才能實現「智慧化海運系統」，建議第一章章節重新安排順序為 1.3, 1.5, 1.6, 1.4, 1.2, 1.7, 1.8, ...，避免 p3 與 p7 某段落重述一次。</p> <p>二、內文敘述中之中文全名、英文全名、英文簡稱交錯使用不一致，建議統一格式，並提供對照表附錄，舉例而言如 p1 國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO)，如 p39, p44 GNSS...。</p> <p>三、建議提供電磁波，無線電頻率波段表附錄。</p> <p>四、p. 27, p60 船舶俯仰滾動，橫滾請用造船專有名詞。</p> <p>五、p. 30, 2.3.3 Two-Ray Model 公式依據參考文獻，請提供。</p>	<p>原 p41 機率計算區間經確認無誤，但因全段內容改寫已篩除，其餘各點皆已遵照辦理。</p>	<p>已依照委員意見辦理。</p>

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
<p>六、p35, 2.4 試算工具依據公式或流程，請提供。</p> <p>七、p37-38 圖 2-11, 2-12 在文內未敘述。</p> <p>八、p41 機率計算區間是否為 $[(\mu - \alpha)\varepsilon, (\mu + \alpha)\varepsilon]$</p> <p>九、在圖 4-5. .圖 4-12 設法標示本船轉向、加減速時段。</p> <p>十、參考文獻格式應統一。</p>		
<p>國立臺灣大學 蔡進發教授：</p> <p>一、期中報告進度符合預期。</p> <p>二、請加英文名詞縮寫說明表。</p> <p>三、結論請依項目具體詳述目前結果及後續的研究工作。</p>	遵照辦理	已依照委員意見辦理。
<p>國立高雄應用科技大學 李良輝教授：</p> <p>一、以臺灣目前 GPS 基礎設施是否足夠，若有所不足，有無具體建議？</p> <p>二、智慧型平台設計及顯示功能中，不同的資料如何進行交換。</p> <p>三、修正少數文字繕打錯誤。</p>	<p>一、除了高雄、台中等 e-GPS 原已設站的位置以外，港區 DGPS 仍建議再增設本地的參考站。</p> <p>二、如第五章</p> <p>三、遵照辦理</p>	已依照委員意見辦理。

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
<p>運輸研究所港研中心 邱永芳主任：</p> <p>一、本計畫建立之 AIS 船舶動態資訊系統已運作年餘，請計畫主持人針對現有 AIS 資料庫分析臺灣海域船舶航行的交通流，提供本所參考應用。</p> <p>二、期望本計畫主持人能將本計畫之研究成果，檢討是否可以應用在本所操船模擬系統船臺上，增進本研究之效益。</p>	<p>一、交通流分析結果如第四章</p> <p>二、建議可用於駕駛台的航儀介面與訊息整合。或如第六章建議，設計以熟悉運用 e-化航行船舶技術環境各整合系統為訓練目的的模擬機應用模式。</p>	<p>符合規範要求。</p> <p>符合規範要求。</p>

附錄二 期末報告審查意見處理表

計畫名稱：MOTC-IOT-100-H2DB006a

智慧化海運系統建立之研究(3/4)

執行單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

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
<p>運研所港研中心(已退休) 張金機主任：</p> <p>一、針對台灣沿岸航行資訊、通訊、定位及助導航設備與航跡分析，均已作深入探討，符合預期目標。</p> <p>二、建議彙整台灣沿岸航行資訊、定位、助導航設備，調查航行台灣港口船舶定位、助導航設施，評估那些設備適合應用於台灣，提出符合 IMO e 化航行策略之可行方案(分近、中、長期)。</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照建議，後續進行。</p>	<p>符合規範要求。</p> <p>符合規範要求。</p>
<p>國立成功大學 黃明志教授：</p> <p>一、期末報告論述完整，針對本年度擬定之工作內容均已完成。期中報告審查意見亦已修正及辦理。</p> <p>二、附圖品質應可加以改善，以供清晰呈現本文論述。第二章及第五章是否增加「小結」一節。是否提供國內 AIS 接收站目前建置之分佈圖。</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、國內 AIS 接收站目前建置之分佈圖如附錄五。</p>	<p>符合規範要求。</p>
<p>國立臺灣大學 蔡進發教授：</p> <p>一、相關參考資料蒐集完備。</p> <p>二、研究成果豐碩。</p> <p>三、研究成果符合預期目標。</p> <p>四、研究成果對台灣 e 化航行有明確顯著的</p>	<p>一、各項肯定之處，在此感謝。</p> <p>二、建議改善處，遵照辦</p>	<p>符合規範要求。</p>

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
<p>貢獻。</p> <p>五、第二章、第四章及第五章應加小結。</p> <p>六、6-1 應為結論頁非建議。</p> <p>七、英文字形不統一，應調整為統一。</p> <p>八、部份圖表應重打，或重製以和文字合併增加清晰度。</p> <p>九、英文簡寫第一次出現應付英文全文，文中有中英文夾雜請修正。</p>	<p>理。</p> <p>三、部分彩色圖以黑白列印後，品質劣化，影響閱讀之處，將注意改善。</p>	
<p>國立高雄應用科技大學 李良輝 教授</p> <p>一、報告撰寫詳實，論述完善。</p> <p>二、整合現有資源，歸納出適合台灣地區 e 化海運之適用性，對目前之不足，可提出具體改善意見。</p> <p>三、報告中圖的品質可精進可讀性更佳。</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p>	<p>符合規範要求。</p>
<p>運研所港研中心 邱永芳主任：</p> <p>一、實用可即時應用。</p> <p>二、驗證清楚。</p> <p>三、建議如何在中心執行應用、說明提出作法。</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p> <p>三、共同討論以利落實應用。</p>	<p>符合規範要求。</p>
<p>運研所港研中心 洪憲忠 研究員：</p> <p>一、蒐集不少國內外資料，與國際接軌之研究方向很重要。</p> <p>二、建議於結論摘要論述 Beacon DGPS 之重要性。</p>	<p>一、感謝肯定。</p> <p>二、遵照辦理。</p>	<p>符合規範要求。</p>

附錄三 期中簡報資料

智慧化海運系統建立之研究 (3/4)

期中簡報

張淑淨

國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系

電子海圖研究中心

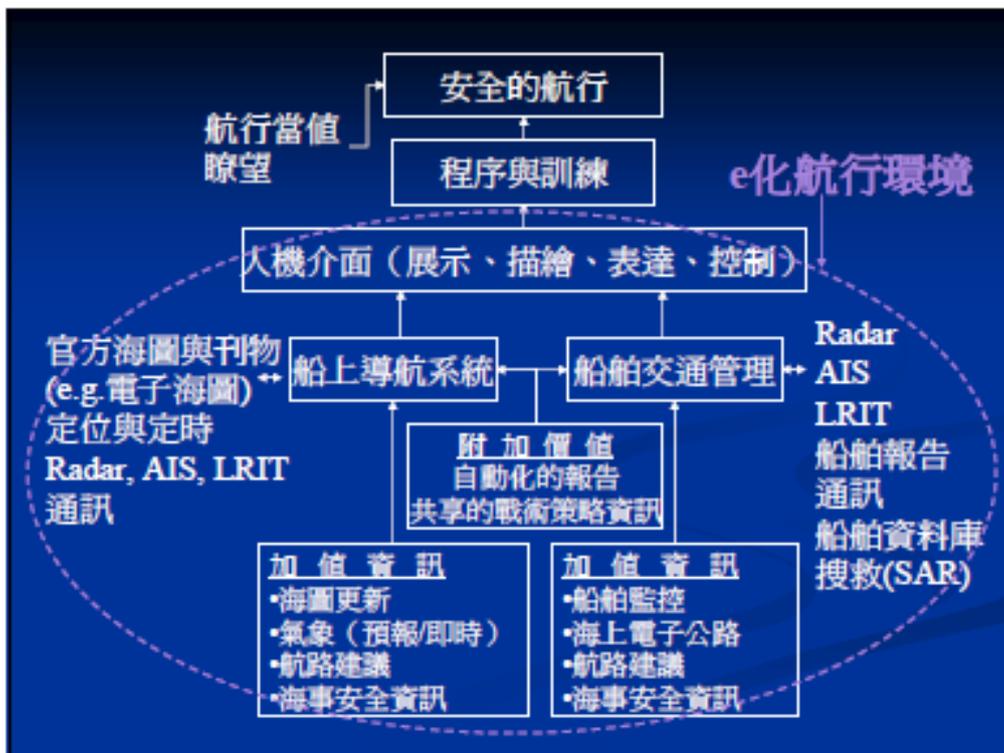
2011/07/12

研究主題與重點

- 整體目標
 - 在e-化航行的國際架構下，促進我國「智慧化海運系統(M-ITS)」的實現
- 本年度研究主題與重點
 - 適合船岸與船舶間行動寬頻通訊技術之航行與航運資訊服務
 - 符合國際海事組織標準之港區航行階段無線電助導航定位服務建置規劃
 - 船舶動態資訊融合與決策支援功能
 - 智慧型船舶資訊通訊平台設計。

國際海事組織的「e-化航行策略」

- 「e-化航行」的定義：
 - 以電子的方法調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務提昇海上安全、保安與海洋環境的保護。
- 「e-化航行策略」
 - 充分涵蓋的電子航行海圖
 - 完整可靠的定位導航系統
 - 船岸兩端以標準化人機界面提供分析管理與決策支援整合系統
 - 強健高效率且負擔得起的通訊架構



整體計畫歷程與累積成果

- 本計畫為四年期計畫的第三年
- 在此4年期計畫的第1-2年已完成：
 - 遠距識別與追蹤系統(LRIT)之因應研究
 - 基於自動辨識系統(AIS)之船舶交通流分析技術
 - 智慧化海運系統之導航定位服務先期研究
 - 智慧化海運系統之寬頻通訊技術先期研究
 - 海陸電子地圖資料庫需求分析試作與應用試驗
 - 整合船橋系統(IBS)智慧型資通訊平台研發用模擬測試平台之建置

5

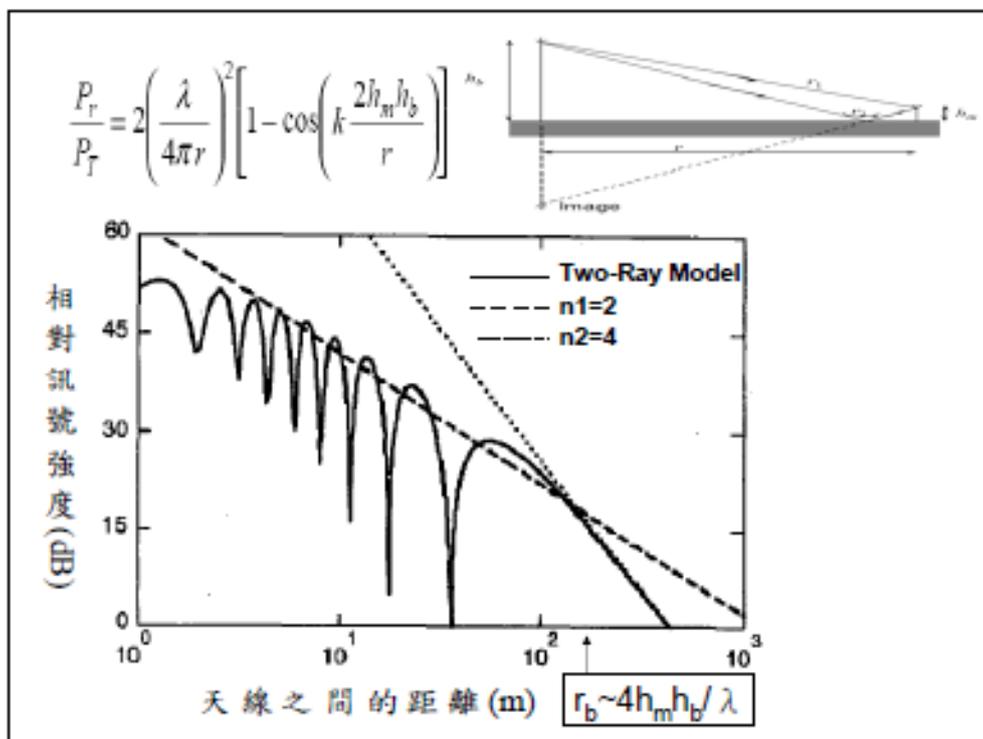
沿岸無線寬頻網路的概念

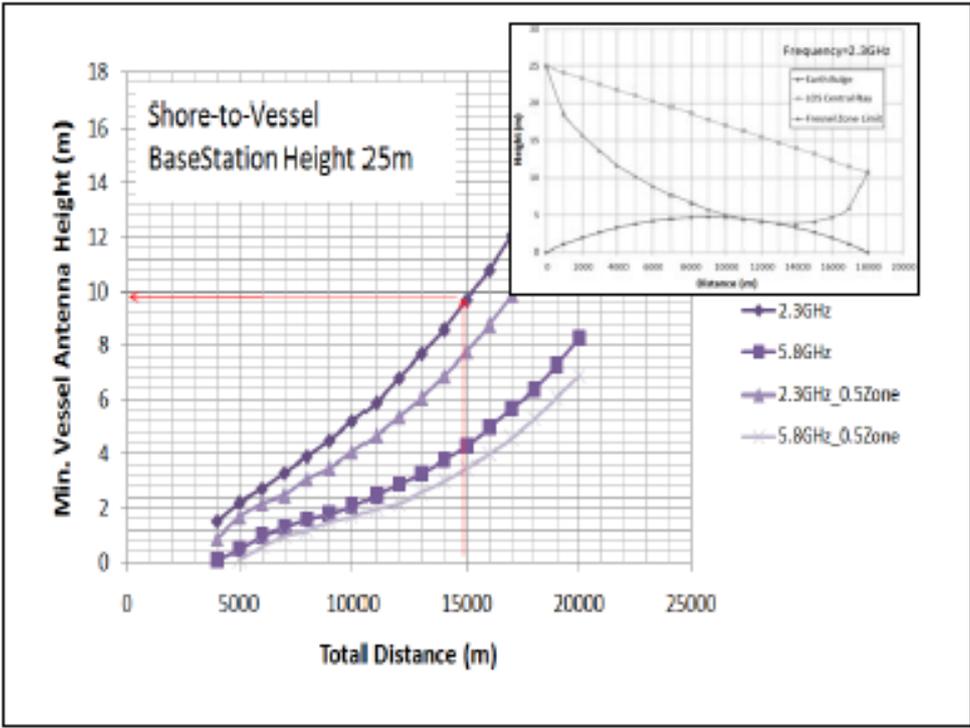
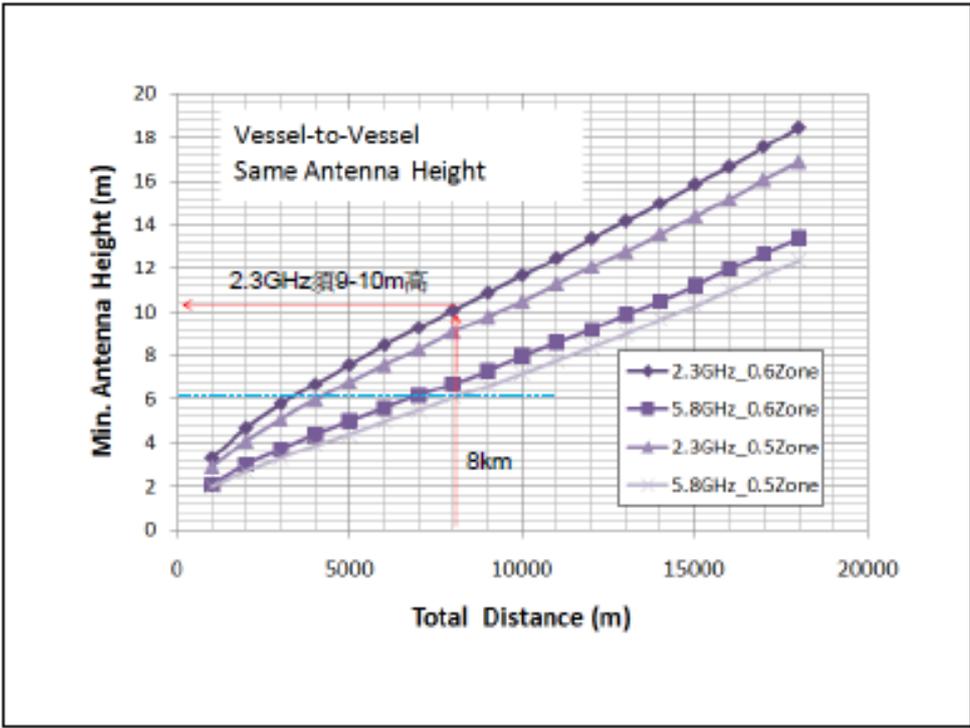
技術支援、緊急應變管理
遠距醫療、船員福利
海圖更新、海氣象資訊與預報



新加坡 TRITON 計畫之借鏡比較

- 新加坡東海岸 90% 網路連接性所需通訊距離：船岸至少 15km, 船舶間至少 8km
 - 高雄港與台中港亦可達 90% 但幾乎只要 1 hop
- 船舶運動影響天線角度，須以 12 單元組成天線，在 breakpoint 前因 two-ray ground 而使強度隨距離有震盪起伏的情形。Breakpoint 距離後因地球凸起遮避而快速衰減，限制通訊距離。接近岸台處則因天線高度差異大天線無法對準而通訊差。





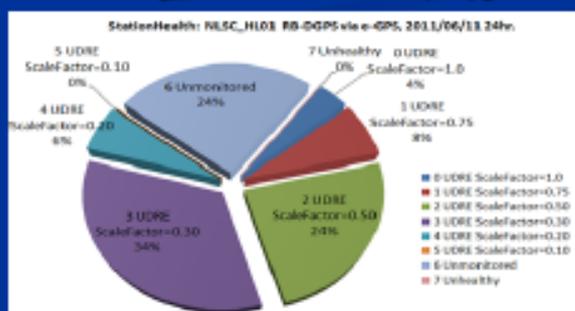
港區航行階段助導航定位服務

- 國際標準與趨勢
 - 全球無線電導航系統(WWRNS)：定位誤差 <10m (95%)，更新率 > 0.5Hz，訊號可得率 > 99.8%，15分鐘內連續性 > 99.97%
 - IMO的GNSS發展目標：港區航行、航標管理、拖船、港埠作業(港口VTS、貨櫃/貨物管理)都需要將定位準確度提高到1m內，警戒值是2.5m，10秒內發出警報。

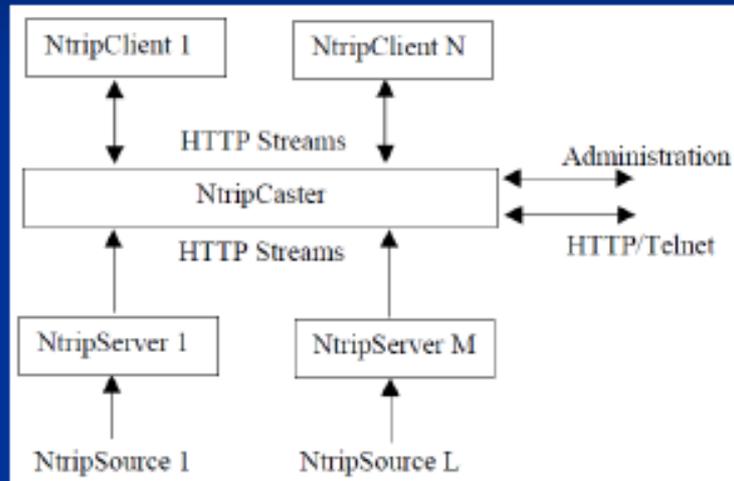
11

現有資源評估-後龍Beacon DGPS

- 參考站ID屬於指配給Russia, New Zealand, USA的範圍
- 廣播頻率與中國大陸鎮海角站同頻率，與鎮海角相距約300km，重疊區訊號互相干擾
- 24%未監測



現有資源評估 e-GPS GNSS輔助資訊的網際網路傳輸



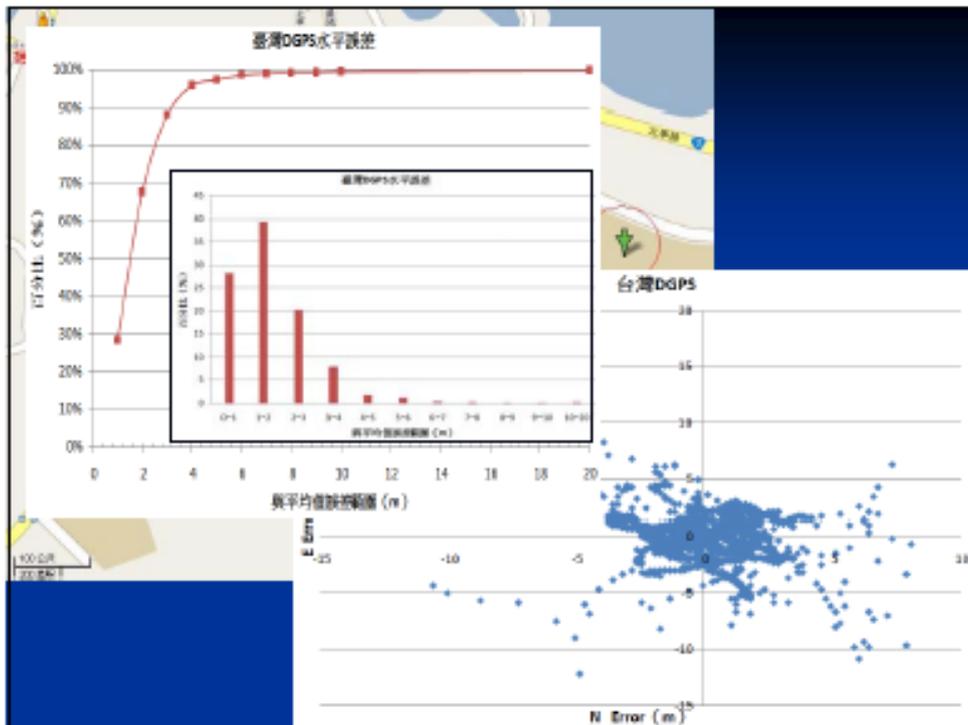
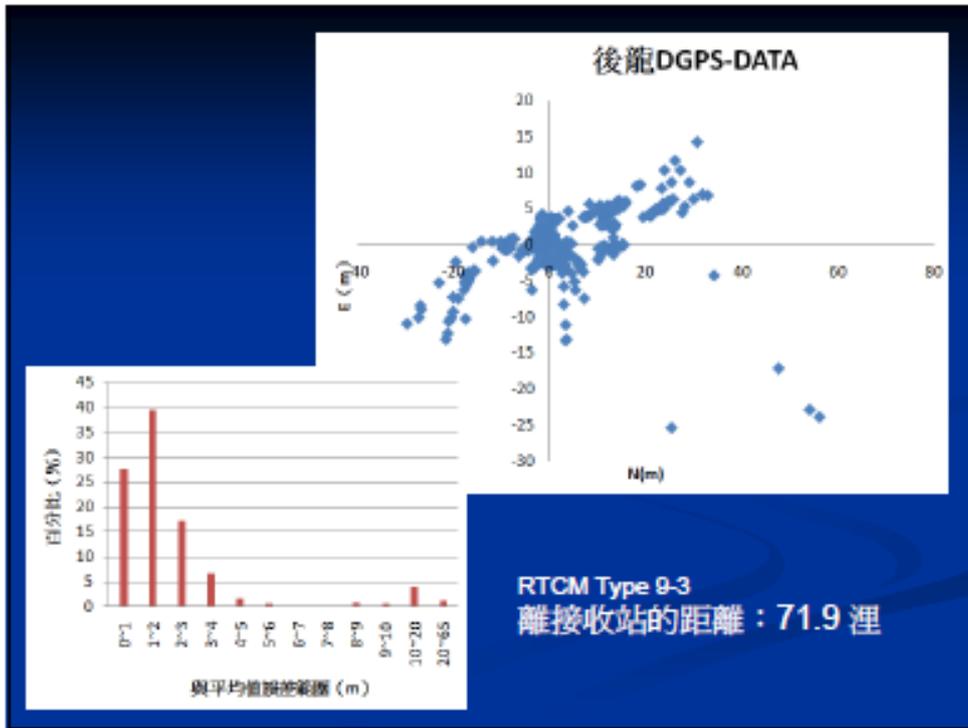
內政部國土測繪中心
e-GPS即時動態定位系統入口網站

衛星基準站 衛星軌跡 日期選擇 用戶管理

衛星基準站一覽表

站號	站名	經度	緯度	高度	狀態
1001	基隆	121.27	25.13	100	正常
1002	台北	121.47	25.03	100	正常
1003	台中	120.67	24.15	100	正常
1004	台南	120.18	22.99	100	正常
1005	高雄	120.30	22.62	100	正常
1006	屏東	120.63	22.67	100	正常
1007	花蓮	121.30	23.31	100	正常
1008	台東	120.93	22.79	100	正常
1009	澎湖	120.68	23.31	100	正常
1010	金門	118.32	24.43	100	正常
1011	馬祖	119.93	26.14	100	正常
1012	基隆	121.27	25.13	100	正常
1013	台北	121.47	25.03	100	正常
1014	台中	120.67	24.15	100	正常
1015	台南	120.18	22.99	100	正常
1016	高雄	120.30	22.62	100	正常
1017	屏東	120.63	22.67	100	正常
1018	花蓮	121.30	23.31	100	正常
1019	台東	120.93	22.79	100	正常
1020	澎湖	120.68	23.31	100	正常
1021	金門	118.32	24.43	100	正常
1022	馬祖	119.93	26.14	100	正常

● 衛星基準站狀態正常 ● 衛星基準站狀態中斷

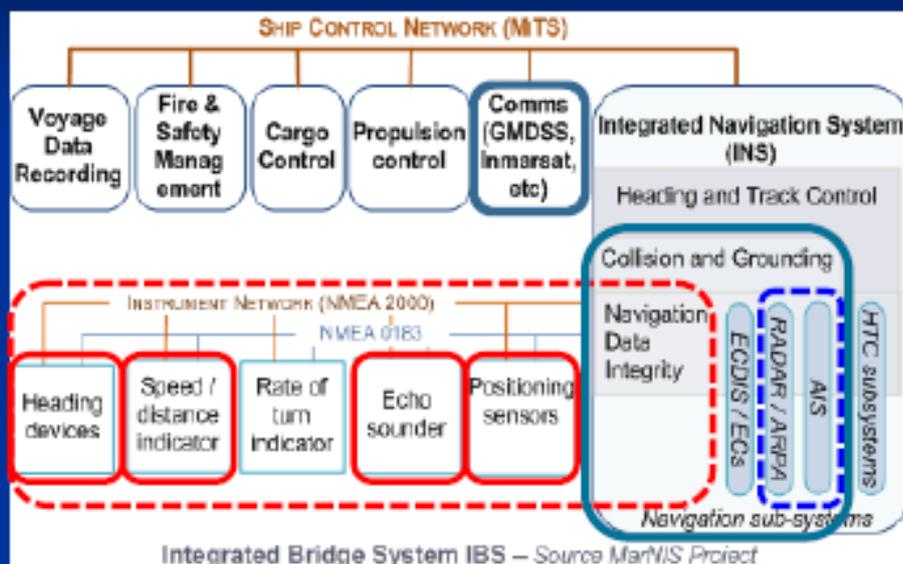


智慧型船舶資通訊平台研究

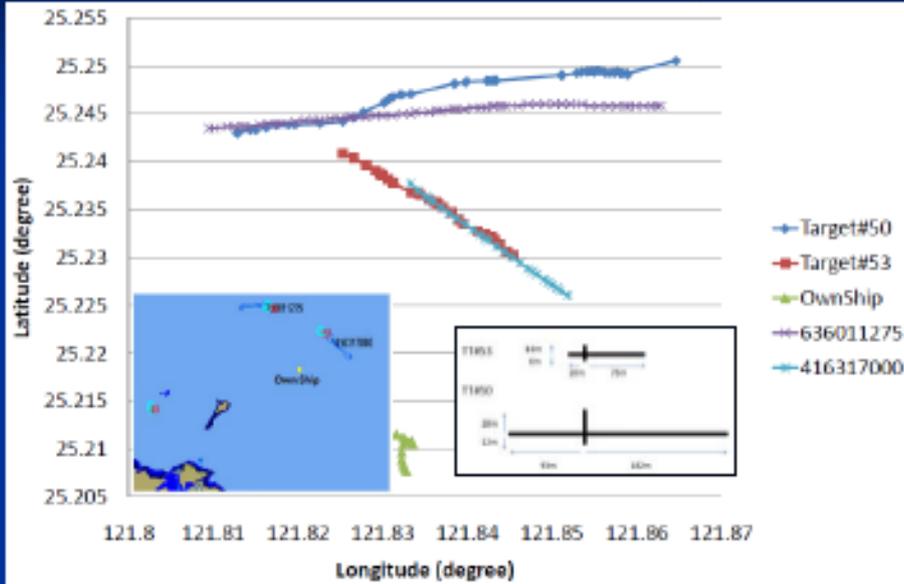
- 多感測來源目標資訊整合顯示
 - ◆ 航儀感測器整合 → 導航資料完整性
 - ◆ AIS/雷達目標資訊整合
 - 可得的資料項目, 資料的來源或取得方式
 - 在方位距離速度轉向等狀況下的誤差特性
 - 結合依據的優先序與關連結合的gating值
 - AIS與Radar的坐標系統本質的不同
 - 資料時間間隔的差異與時間延遲的落差
- 危機偵測與警告訊息管理
- 與岸端服務的資訊交換與整合

17

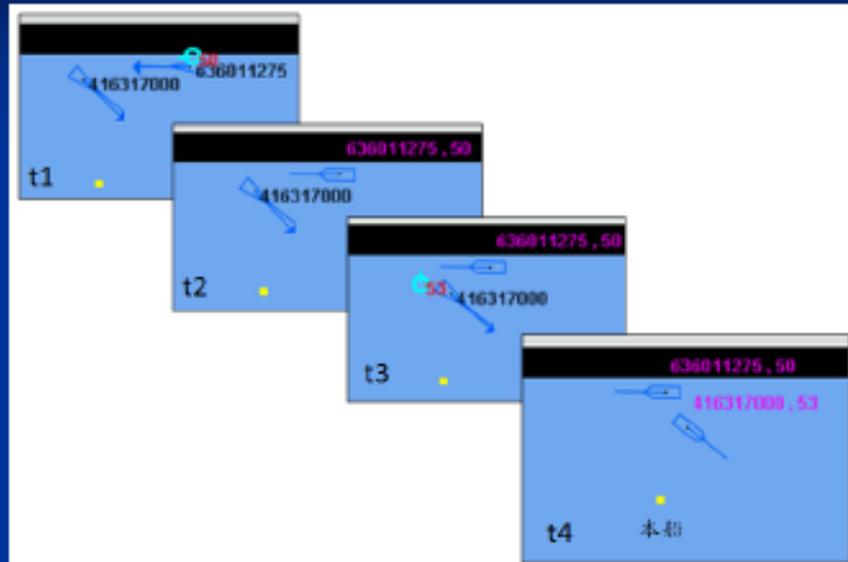
整合船橋系統(IBS)

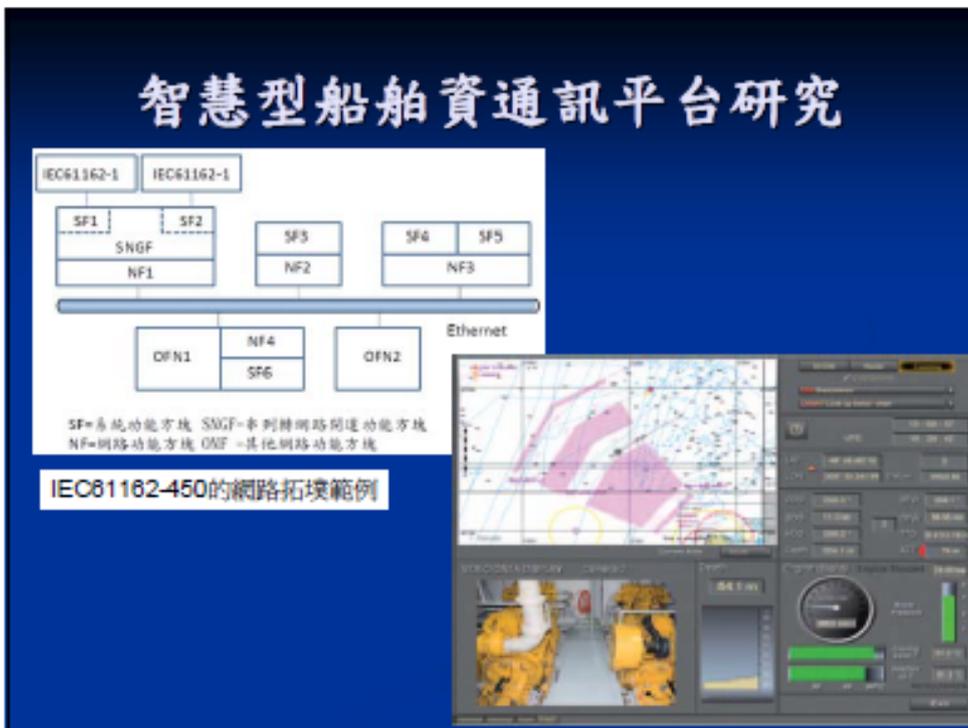
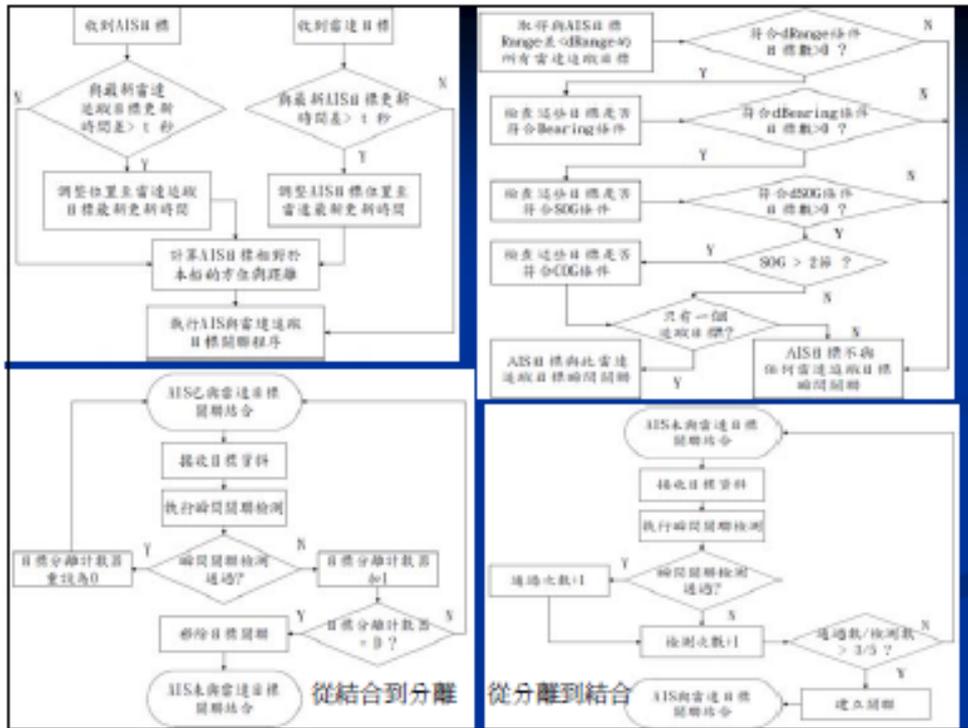


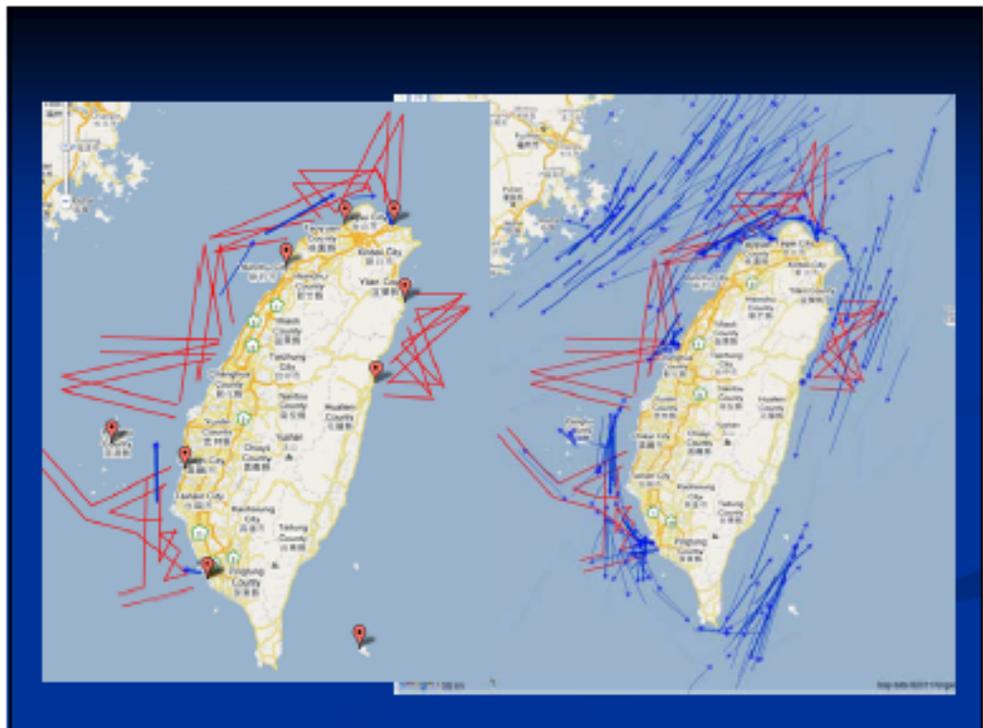
船舶動態資訊融合與決策支援



AIS與雷達目標結合









實際航行時間為12:19:30，距離為219.883浬

代表路徑距離為218.571浬，由船位點A所記錄的SOG=18推算航行時間為12:08:34

工作時程

工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月
1.1 分析試驗服務概用之通訊組合與性能指標參數					10%				
1.2 開發試驗航行與航運資訊服務									10%
2.1 船舶動態資訊融合					10%				
2.2 岸端預警偵測與決策支援									10%
3.1 港區導航現有系統資源整合試驗					10%				
3.2 港區導航定位服務建置規劃									10%
4.1 智慧船臺多感測來源目標資訊整合顯示					10%				
4.2 智慧船臺危機偵測與訊息管理								10%	
4.3 智慧船臺之船岸資訊交換整合									10%
工作進度估計百分比(累積數)	10%	20%	30%	40%	55%	70%	85%	95%	100%

簡報完畢

敬請指教

附錄四 期末簡報資料

智慧化海運系統建立之研究 (3/4)

期末簡報

張淑淨
國立臺灣海洋大學通訊與導航工程學系
電子海圖研究中心
2011/11/15

整體計畫目標

- 在e-化航行的國際架構下，促進我國「智慧化海運系統(M-ITS)」的實現
- 「e-化航行」的定義：
以電子的方法調和船上、岸上與船岸之間海事資訊的蒐集、整合、交換、呈現與分析，強化航行與相關服務提昇海上安全、保安與海洋環境的保護。

整體計畫歷程與累積成果

- 本計畫為四年期計畫的第三年
- 在此4年期計畫的第1-2年已完成：
 - 遠距識別與追蹤系統(LRIT)之因應研究
 - 基於自動辨識系統(AIS)之船舶交通流分析技術
 - 海陸電子地圖資料庫需求分析試作與應用試驗
 - 船載資通訊系統模擬測試平台之建置
 - 智慧化海運系統之導航定位服務先期研究
 - 智慧化海運系統之寬頻通訊技術先期研究

3

本年度研究主題與重點

- 港區航行階段無線電助導航定位服務
- 船岸與船舶間行動寬頻通訊服務
- 船舶動態資訊融合與決策支援功能
- 智慧型船舶資通訊平台設計。

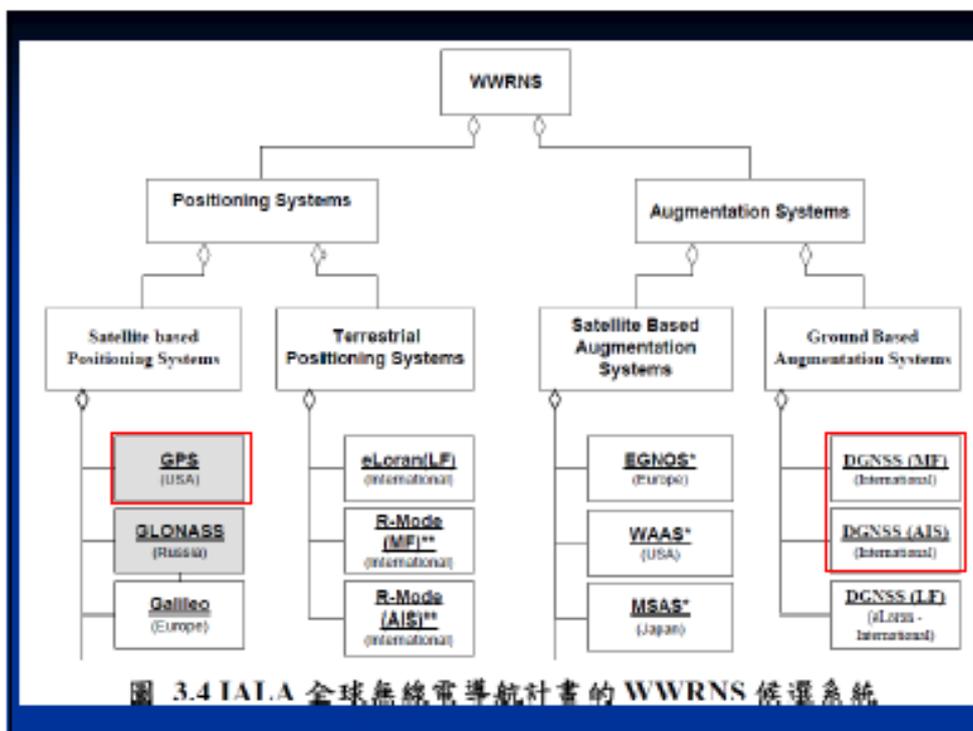
港區航行階段助導航定位服務

表 3-1 IMO 全球無線電導航系統的運作要求

航行階段	準確度	涵蓋	更新率	可得率	連續性	警告
大洋航行	100m(95%)	全程	10s/2s	30 天 99.8%	-	盡快
低交通量 較低風險	10m (95%)	全程	10s/2s	2 年 99.5%	15min. 99.97% (3hr. 99.85%)	10s 內
高交通量 高風險	10m (95%)	全程	10s/2s	2 年 99.8%	15min. 99.97% (3hr. 99.97%)	10s 內

IMO的GNSS發展目標：港區航行、航標管理、拖船、港埠作業(港口VTS、貨櫃/貨物管理)都需要將定位準確度提高到1m內，警戒值是2.5m，10秒內發出警報。

5



RB-DGPS 服務的系統架構(RSIM)

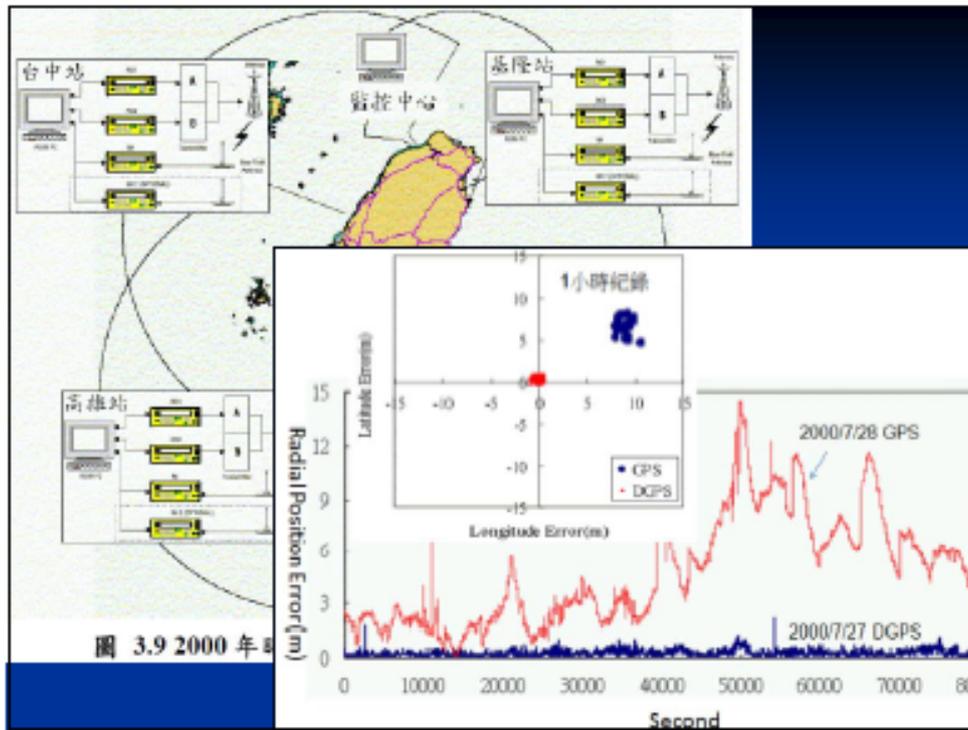
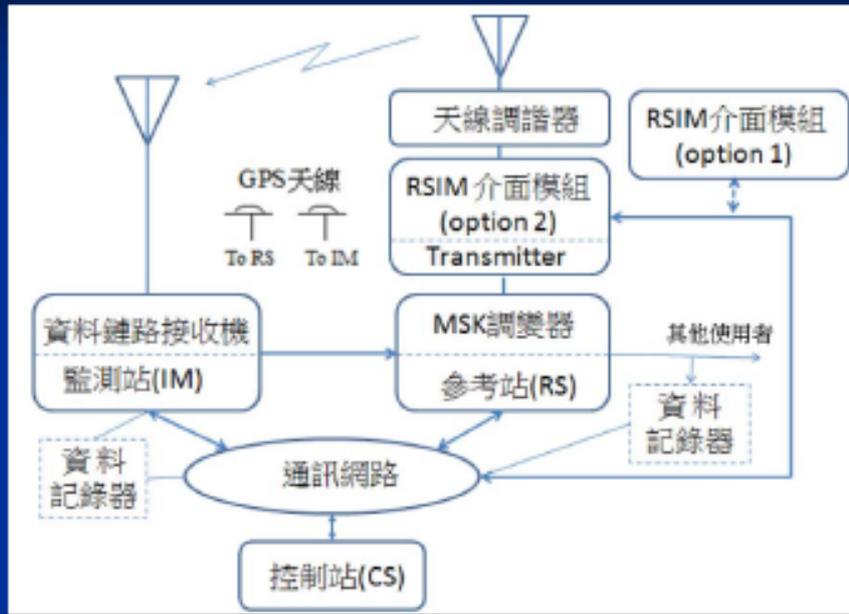
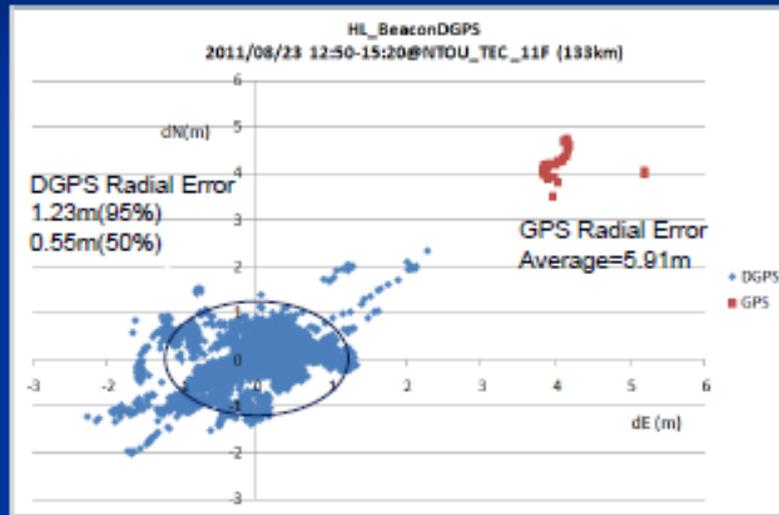
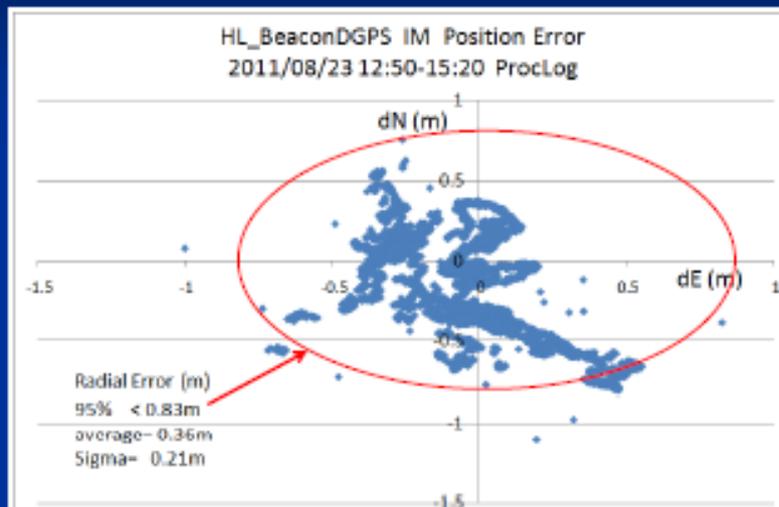


圖 3.9 2000 年

Radio Beacon DGPS測試定位結果



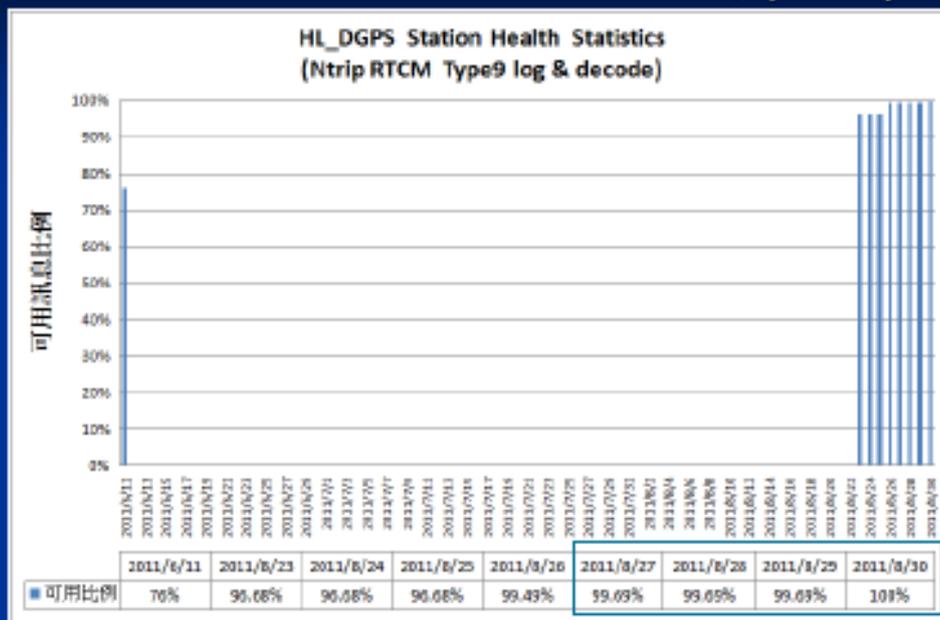
同時段後龍IM監測站記錄



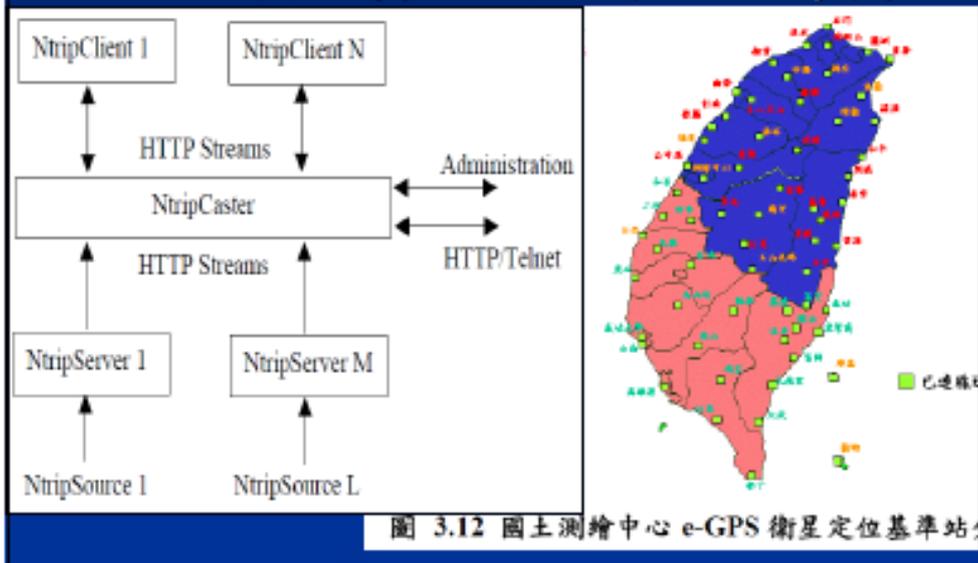
測試期間的Unmonitored狀況 及其Time to Alarm過程(後龍IM監測站記錄)

- [11/08/23 13:06:42.525] 監測站無法求解驗證
 - IM Unmonitored: No Recent Post-Broadcast IM Solution Data
- 3.3秒
- [11/08/23 13:06:45.879] 監測站驗證OK
 - IM Sol.: 9 SVs dN= -0.693m dE=0.501m dH= 1.110m
- 3.2秒
- [11/08/23 13:06:46.332] 參考站標示”無監測”
 - RTCM Header Station Health=6 (unmonitored)
 - 使用者的接收機應忽略此修正訊息
- [11/08/23 13:06:49.015] 參考站標示”正常運作”
 - RTCM Header Station Health=0
 - 使用者的接收機將使用此修正訊息

後龍DGPS可用訊息比例統計(網路)



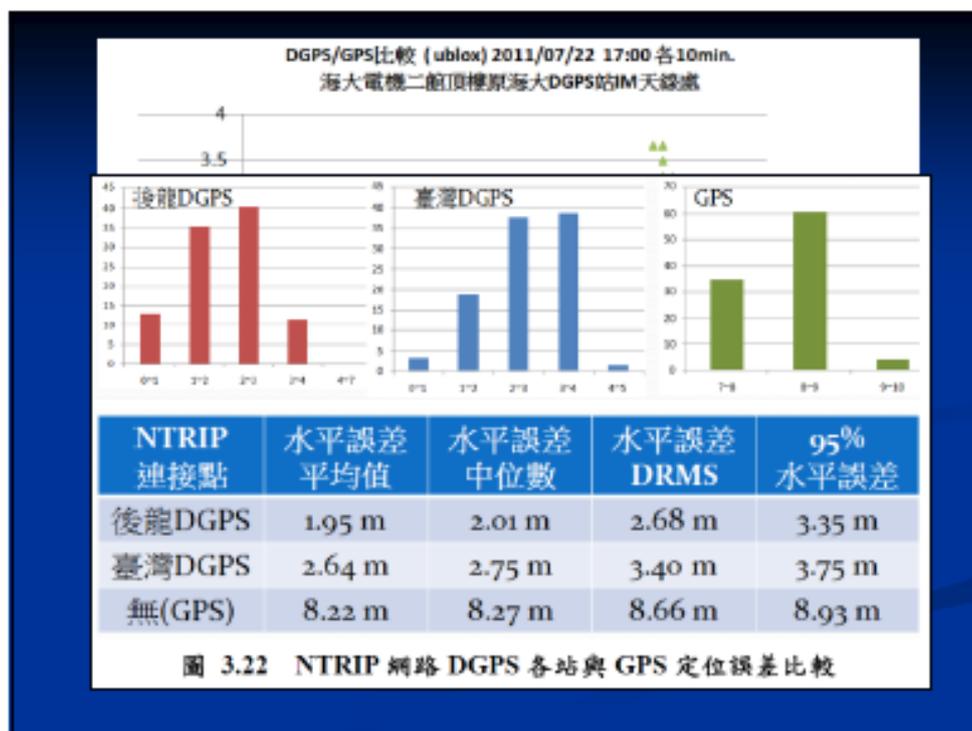
現有資源評估：e-GPS GNSS輔助資訊的網際網路傳輸



NTRIP網路DGPS測試比較

- 透過網路分別連接後龍站、臺灣站進行 DGPS定位，與GPS定位狀況比較，以ublox接收機各測10分鐘
- 地點: 海洋大學電機二館頂樓水塔已知點(原海大站IM)



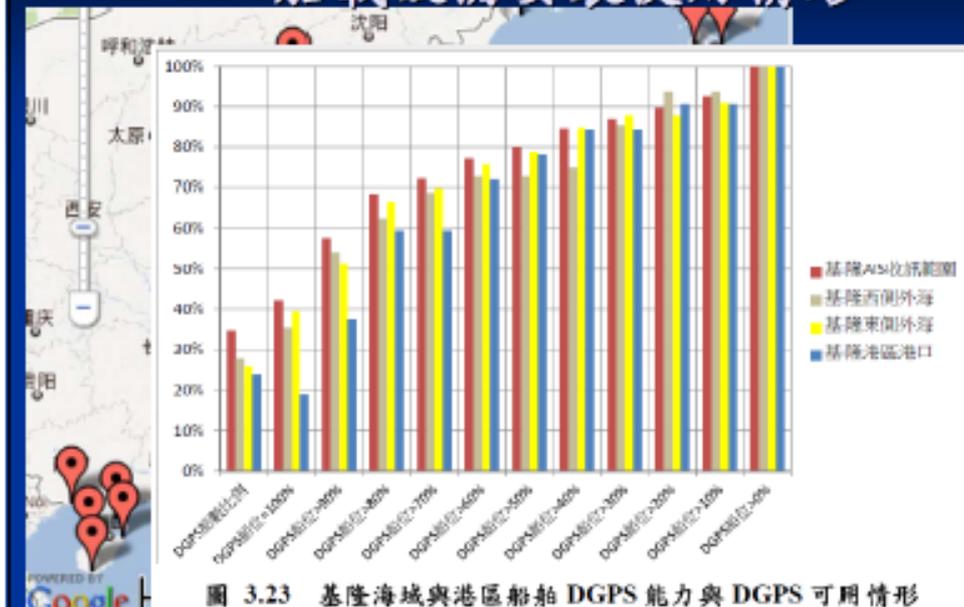


以AIS傳送DGPS

- 依傳送間隔透過AIS的頻道管理指定AIS Type 17 DGPS訊息的傳送時槽
- 格式最好是RTCM Type 1而不是 Type9-3
- 以2秒間隔傳送Type1可得99.9% DGPS定位
- 兩天的測試結果
 - AIS未傳送DGPS：船台定位誤差16-23m(95%)
 - AIS傳送DGPS：船台定位誤差3-4m (95%)

不一定所有AIS 船載台都有DGNSS功能；
大部分船舶在安裝AIS設備時並沒有把從AIS接收到的DGNSS再分送給本船的其他導航定位設備，以致可能無法同時提高航行準確度

DGPS船載設備安裝使用情形



港區航行階段助導航定位服務 小結

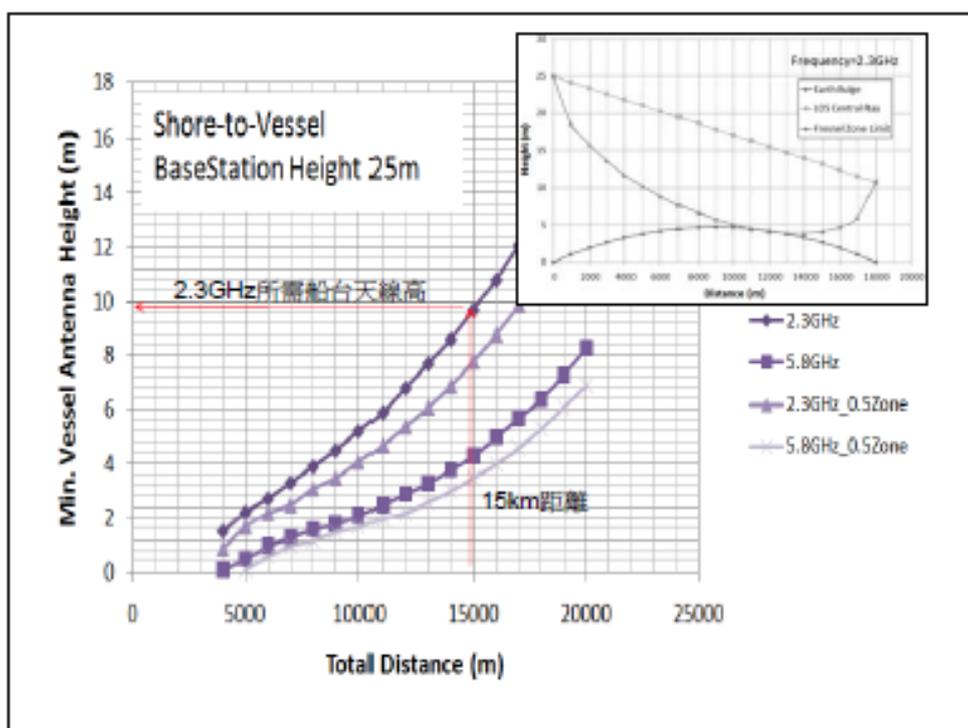
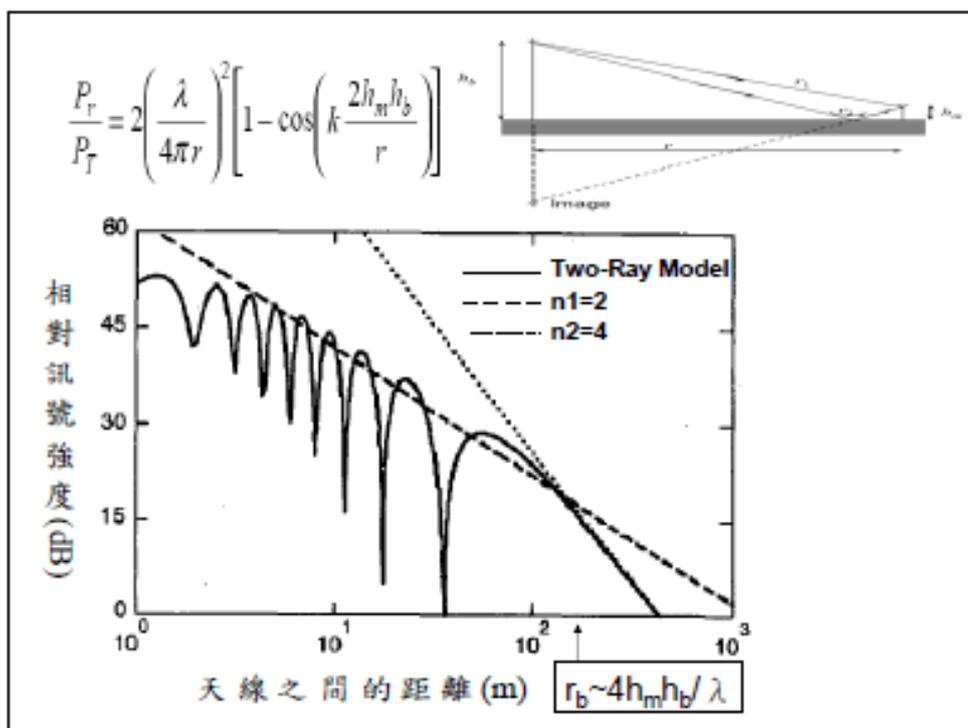
- e-化航行極度依賴GNSS定位，無線電助導航定位服務以能同時提高定位準確度又能有完整性監測機制的DGNSS服務為主，依其通訊鏈路可分為Beacon-DGPS與AIS-DGPS兩種。
- 後龍Beacon-DGPS站應可正式公告提供服務。
- e-GPS系統資源可用於資料來源與完整性監測。
- 應優先建置Beacon-DGPS，可再以AIS-DGPS提供港區的多重覆蓋，並藉由AIS安全訊息功能提供GNSS /DGNSS相關系統警示訊息。

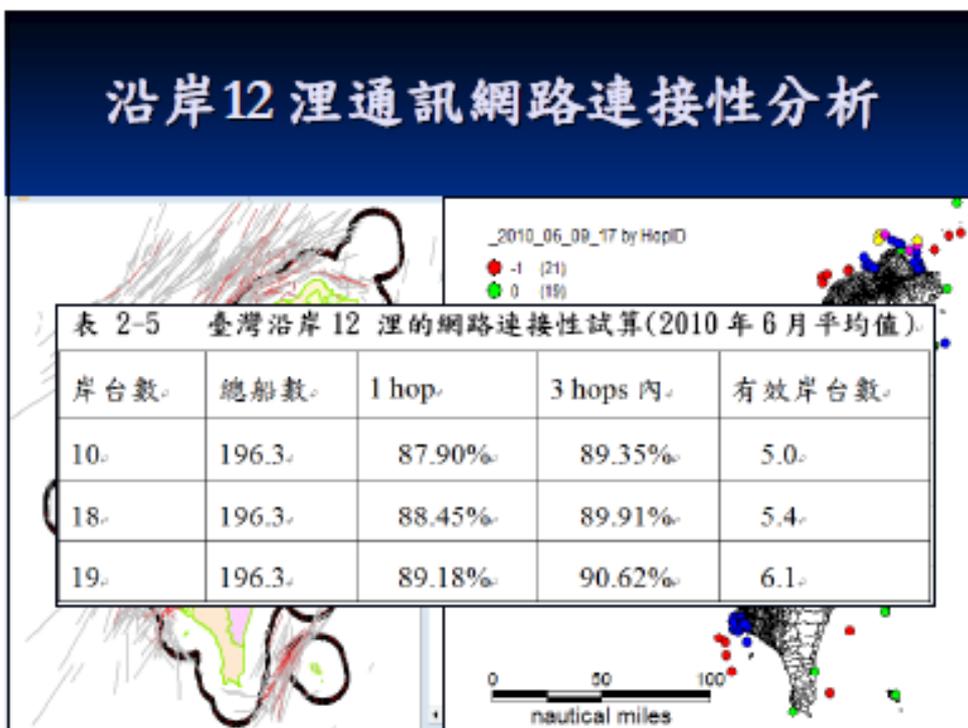
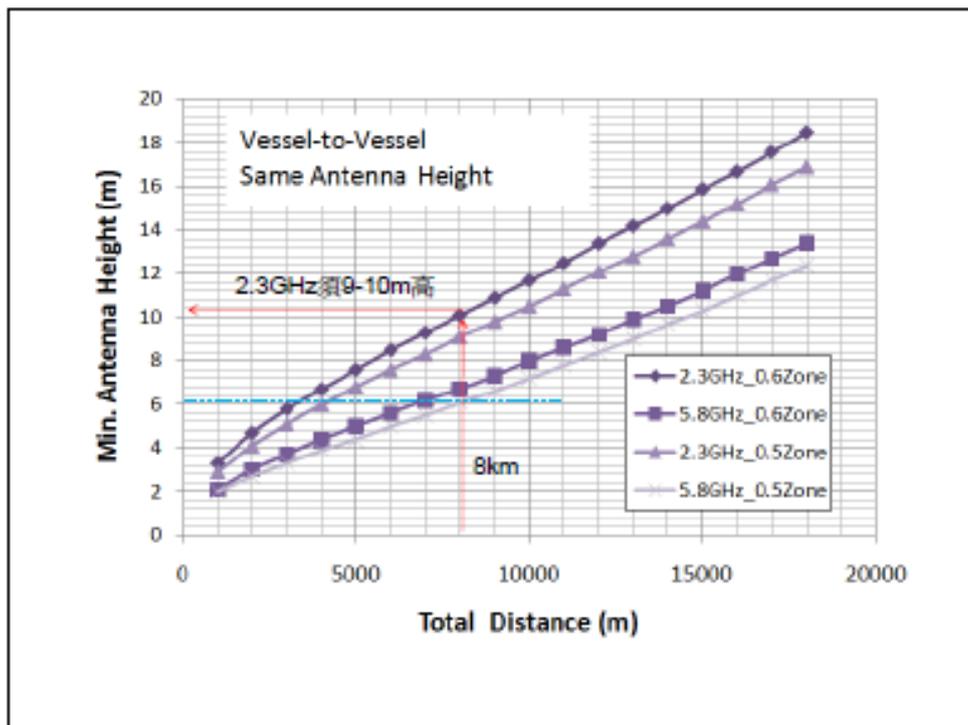
沿岸無線寬頻網路的概念



新加坡TRITON計畫之借鏡比較

- 新加坡東海岸90%網路連接性所需通訊距離：船岸至少 15km, 船舶間至少8km
 - 高雄港與台中港亦可達 90%但幾乎只要1 hop
- 船舶運動影響天線角度(以12單元組成天線)
- 在 breakpoint 前因two-ray ground而使強度隨距離有震盪起伏的情形
- Breakpoint 距離後因地球凸起遮避而快速衰減，限制通訊距離
- 接近岸台處則因天線高度差異大天線無法對準而通訊差。

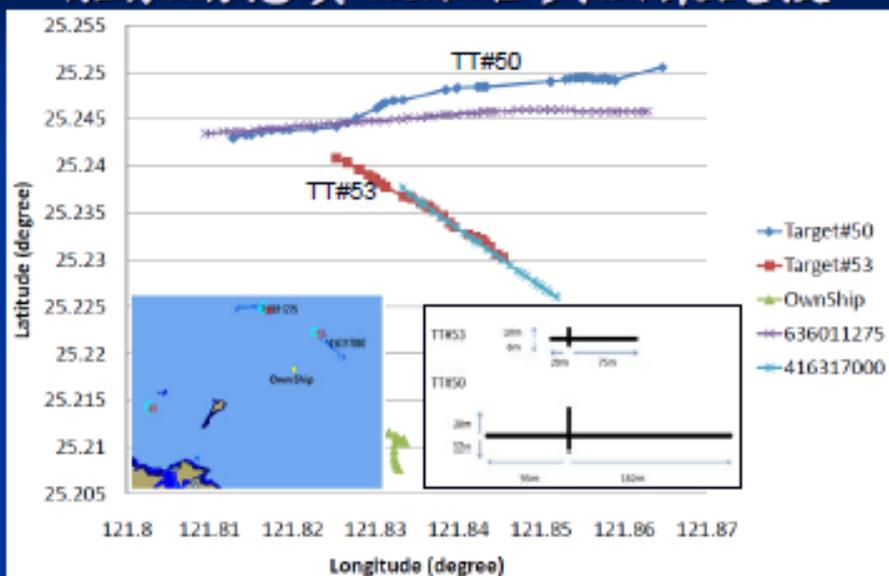




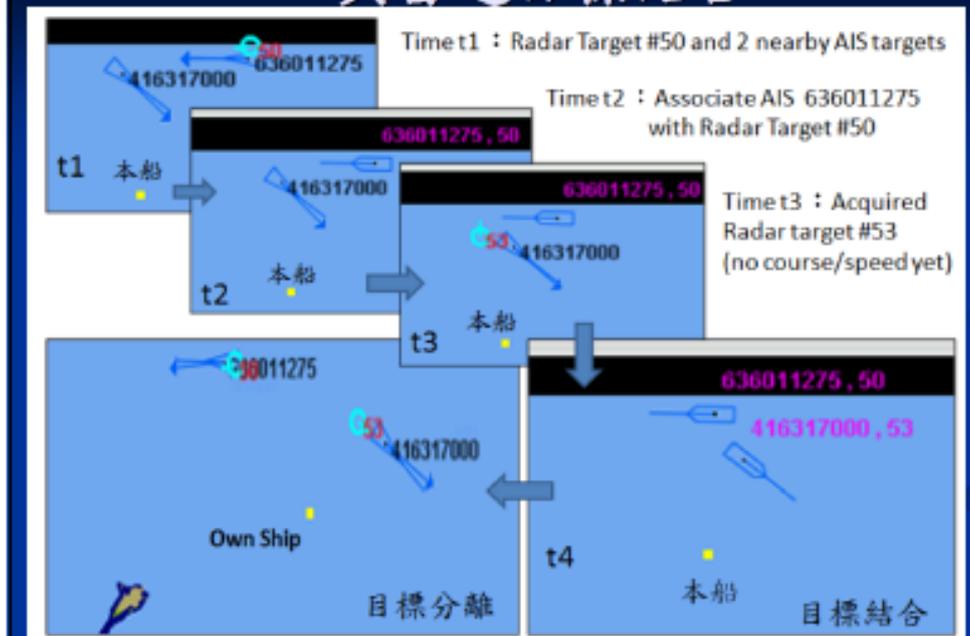
沿岸行動寬頻網狀網路 小結

- 有效岸台位於船舶航路離岸近且密集處。凸顯出交通流分析是設計海事寬頻地面無線電通訊時擬定傳輸距離規格與規劃設站數量位置的重要依據。
- 海上網狀網路之頻段與技術仍未定。現階段仍不宜進行具體設站規劃
- 本計畫研發建立之分析規劃技術已可實際應用於海上行動寬頻航行與航運資訊服務之具體規劃與效益評估

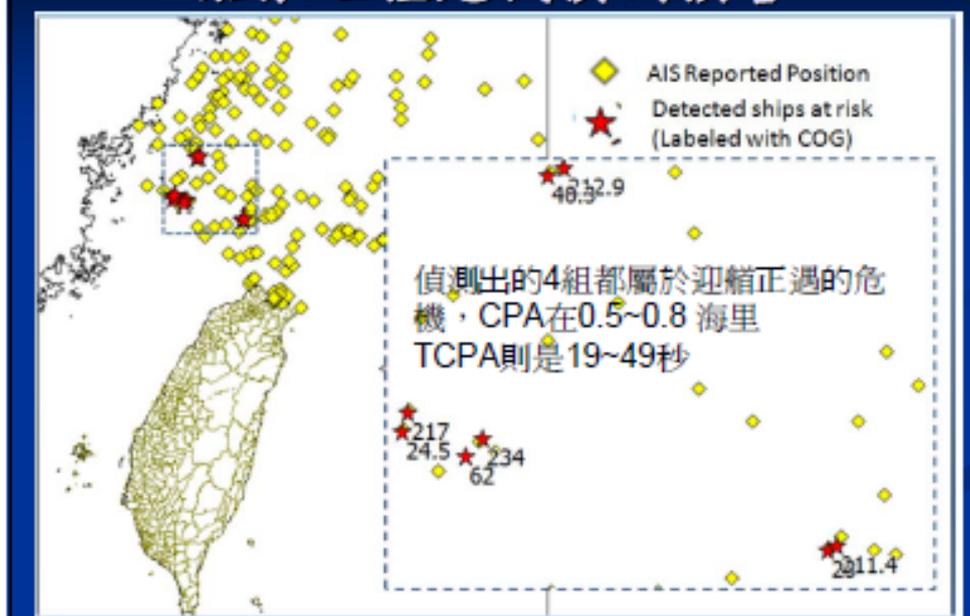
船舶動態資訊融合與決策支援



AIS與雷達目標結合



船舶碰撞危機偵測預警



遠距船舶識別追蹤 (LRIT) 的整合應用

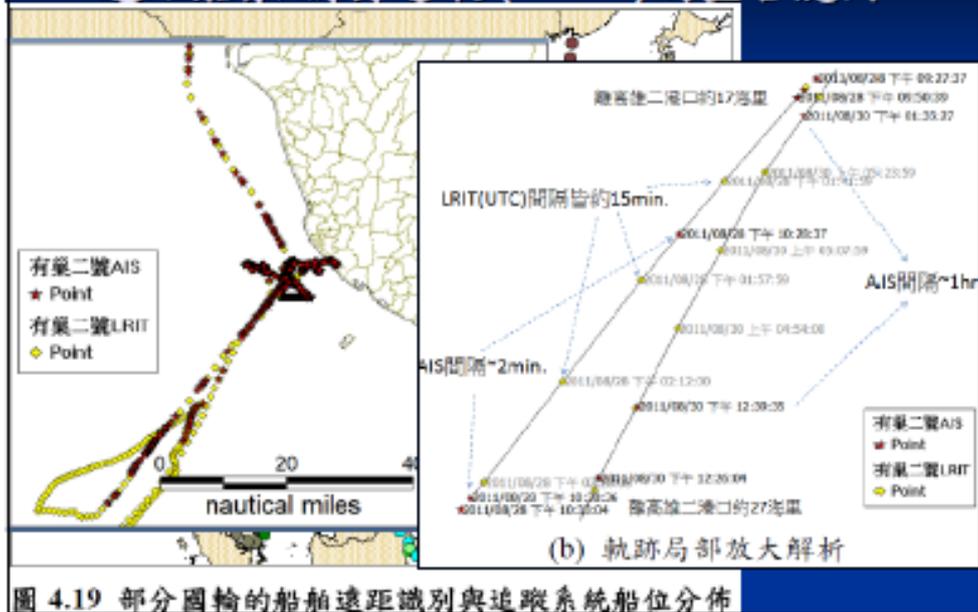


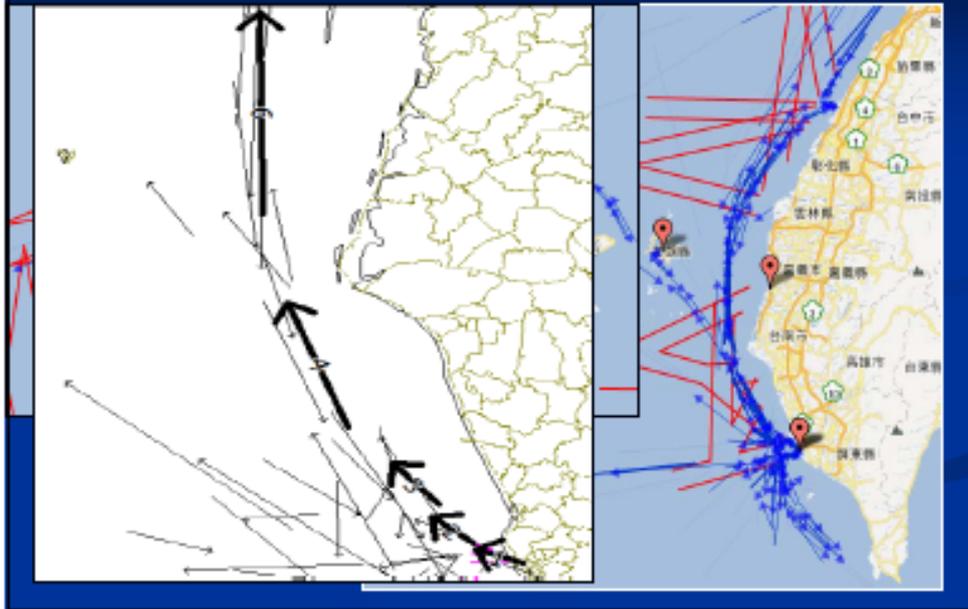
圖 4.19 部分國輪的船舶遠距識別與追蹤系統船位分佈

船舶軌跡探勘與決策支援

目的在於：

- 對AIS船舶動態系統接收的船舶航跡資料進行軌跡探勘，建立船舶代表路徑資料庫。
- 經由即時船位與代表路徑資料庫比對，預測船舶可能航行的航程與航行時間
- 達到航路預測與預警，並進一步輔助港埠運作及航行安全相關決策

代表路徑及其串接



航程時間估測



表 4-5 利用串接代表路徑與船舶即時動態估算航程抵達時間之試驗

即時船位/ 航速(節)	所需時間 實際值	實際距離 (海里)	估算距離 (海里)	所需時間 估算值	時間差 (mm:ss)
高雄/18	12:19:30	219.883	218.571	12:08:34	10:56
臺南/20.9	09:32:59	188.407	188.944	08:56:40	36:19
桃園/19.5	02:47:54	51.233	49.324	02:31:45	16:09

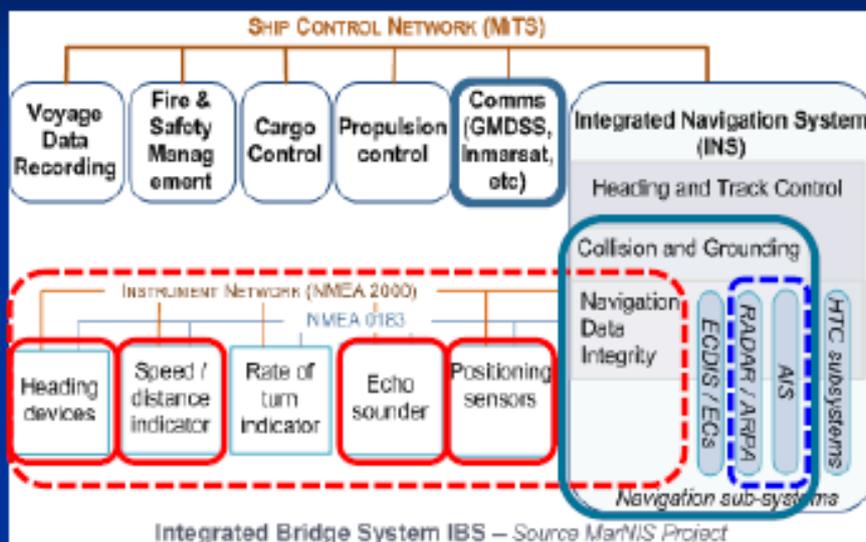


智慧型船舶資通訊平台研究

■ IALA從岸端觀點提出的e-化航行初始架構

- 岸端：「岸基技術服務環境」
- 船端：「船舶技術環境」
 - 相當於「整合船橋系統(IBS)」
 - 以「通訊收發站」代表船載通訊系統的集合，連接船舶的感測儀器與應用系統，並透過無線電等實體鏈路與其他船舶以及「岸基技術服務環境」交換資訊。
- 全球無線電導航系統被視為e-化航行架構的外部系統，提供定位與時間資訊給船岸兩端
- 以「共通的海事領域資料模型 (UMDM)」為依據，發展相關的資料庫與介面

整合船橋系統(IBS)



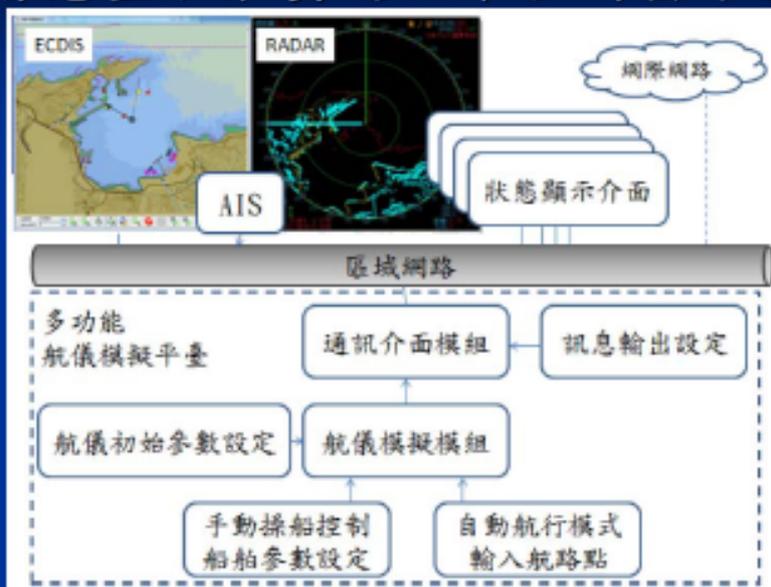
智慧型船舶資通訊平台

- 參考IBS規範，整合導航與通訊兩項作業
 - 導航：參考「整合導航系統(INS)」規範
 - 航路規劃、航路監視、避碰、導航控制資料、導航狀態與資料顯示、以及警示管理等導航任務
 - 通訊：整合e-化航行所需通訊鏈路與功能鏈結
 - 需船舶內部網路與船岸通訊鏈路
- 核心功能設計
 - 標準化整合式的資訊顯示、通訊、資料過濾、警示、資訊優先序、即時資訊
 - 使用者需求：海事安全資訊與導航系統之整合

智慧船臺的網路架構與通訊協定

傳輸群組		輸出	傳輸群組	發話者代碼	設備種類
			TGTD	AI	AIS 船舶自動辨識系統
				RA	雷達或雷達測繪裝置
SA	NAVD		GA, GP, GN	Galileo, GPS, GNSS 全球導航衛星系統	
NA				EC, EI	電子海圖系統, ECDIS
RC				WI	氣象儀
VD				SD	測深儀
TI				VD, VM, VW	測速儀
MISC				其他	

智慧型船舶資訊通訊平台研發架構



狀態顯示介面(內部網路) 顯示模式與衛星定位失效狀況



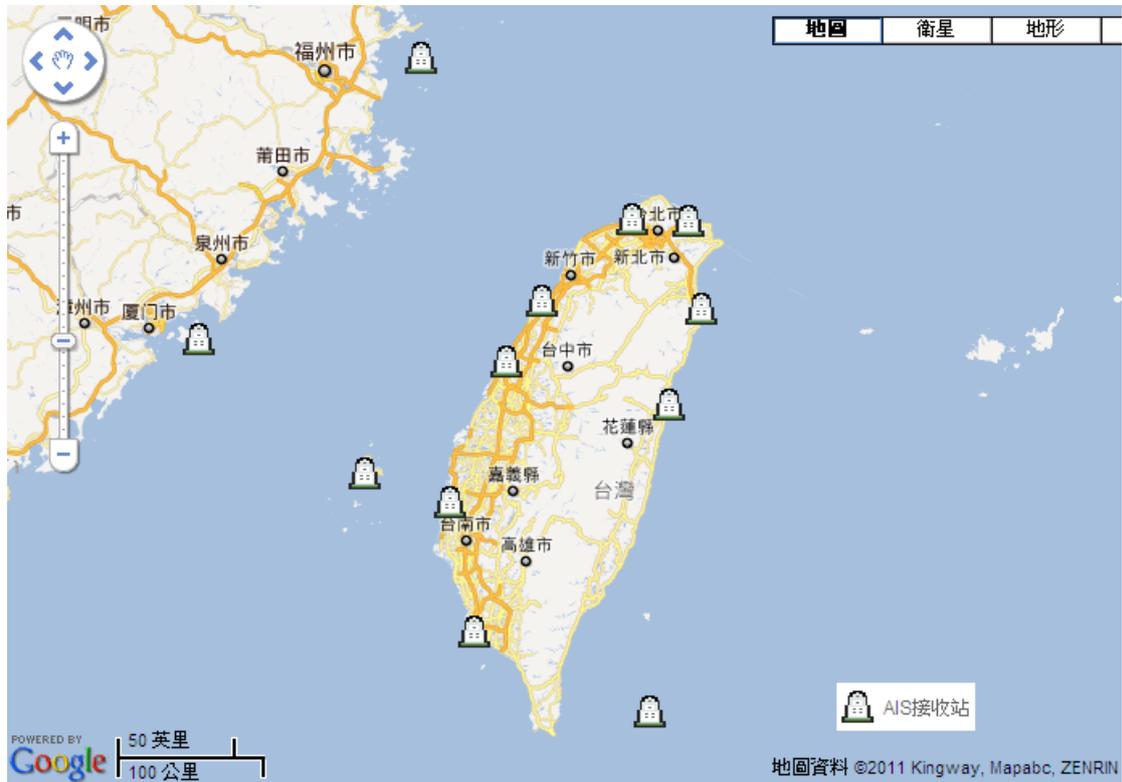
港研中心海氣象即時觀測資料顯示 (網際網路)



結論與建議

- 利用交通流分析與軌跡探勘技術，以AIS記錄、海氣象與港埠環境資訊進行航道規劃評估調整，實現智慧化海運相關應用
- 利用 e-GPS 資源，以 RB-DGPS 為主，AIS 為輔，建立無線電助導航定位服務
- 臺灣沿岸 AIS 網路增加傳送訊息功能
- 加入國際協調網，提供海事安全資訊
- 智慧船臺設計模擬機，支援人員教育訓練

附錄五 港研中心 AIS 接收站位置



註：金門、馬祖、外埔、布袋為 2011 設置

附錄六 專有名詞對照表

AIS	Automatic Identification System
AL	Alarm Limit
AOR-W	Inmarsat Atlantic Ocean Region -West Satellite
ARP	Address Resolution Protocol
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
BGAN	Broadband Global Area Network
CAN	Controller Area Network
CEP	Circular Error Probable
CGMP	Cisco Group Management Protocol
CIR	Committed Information Rate
CM	Control Monitor
COG	Course Over Ground
CPA	Closest Point of Approach distance
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Control Station
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CTI	Continuity Time Interval
CTW	Course Through Water
DBSCAN	Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise, an algorithm
DDP	Data Distribution Plan
DGLONASS	Differential GLONASS
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DGPS	Differential Global Positioning System
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DNS	Domain Name System
DOP	Dilution of Precision
DRMS	Distance Root Mean Square
DSC	Digital Selective Calling
DSC	Digital Selective Calling

DSRC	Dedicated Short Range Communications
DVB-RCS	Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite, a standard specification for interactive satellite communication
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECEF	Earth Centered Earth Fixed, a coordinate system
ECS	Electronic Chart System
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
e-GPS	a system which provides VBS-RTK and network DGPS services via internet
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
eLORAN	enhanced LOnG RAnge Navigation system, , a radio navigation system using LF
EMSA	European Maritime Safety Agency
e-Navigation	IMO's strategy and implementation plan for electronic and enhanced navigation
ENC	Electronic Navigational Chart
EPFS	Electronic Position-Fixing System
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon
ETA	Estimated Time of Arrival
FATDMA	Fixed Allocation Time-Division Multiple Access
GAN	Global Area Network
GBAS	Ground Based Augmentation System
GDOP	Geometric Dilution of Precision
GIVE	Grid Ionospheric Vertical Error
GMDSS	Global Maritime Distress ans Safety System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
Gyro	Gyrocompass
HCS	Heading Control System
HDOP	Horizontal Dilution of Precision

HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IBS	Integrated Bridge System
IBS	Integrated Bridge System
ICMP	Internet Control Message Protocol
IDE	International Data Exchange
IEC	International Electrotechnical Commission
IGMP	Internet Group Management Protocol
IHO	International Hydrographic Organization
IM	Integrity Monitoring
IMO	International Maritime Organization
IMS	IP Multimedia Subsystem
INMARSAT	International Maritime/Mobile Satellite (Organization)
INS	Integrated Navigation System
IOD	Issue of Data
IP	Internet Protocol
Iridium	Iridium satellite constellation for voice and data communication
Iridium NEXT	Iridium's next-generation satellite constellation
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite System
ITDMA	Incremental Time-Division Multiple Access
ITS	Intelligent Transportation System
ITU	International Telecommunication Union
L2C	a civilian-use signal broadcast on GPS L2 frequency
L5	Civilian, safety of life signal planned to be available with first GPS IIF launch
LADGNSS	Local Area Differential Global Navigation Satellite System
LEO	Low Earth orbiting satellites
LOS	Line of Sight
LRIT	Long-Range Identification and Tracking
LTE	Long-Term Evolution

MAC	Media Access Control
MarNIS	EU Project named Maritime Navigation Information Service
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution From Ships
MCS	Monitoring, Control and Surveillance
MF	Medium Frequency
M-ITS	Maritime ITS
MOS	Maritime Operational Services
MPDS	Inmarsat Mobile Packet Data Service
MSAS	MTSAT Satellite-Based Augmentation System
MSC	IMO Maritime Safety Committee
MSI	Maritime Safety Information
MSK	Minimum Shift Keying modulation
MSM	Multi-sentence Message
MTBF	Mean-Time Between Failure
MTNet	Maritime Transport Network
MTNet	Maritime Transport Network of Taiwan
MTSAT	Multi-functional Transport Satellite
NAT	Network Address Translation
NAV	IMO Subcommittee on Safety of Navigation
NAVTEX	Navigational Telex to broadcast Maritime Safety Information in 518kHz
NAVTEX	Navigational Telex to broadcast Maritime Safety Information
NDC	National Data Center
NMEA	National Marine Electronics Association
NMEA	National Marine Electronics Association
Ntrip	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OBU	On Board Unit
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
POR	Inmarsat Pacific Ocean Region Satellite
PRC	Pseudorange Correction

PRN	Pseudo Random Number
QoS	Quality of Service
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RACON	Radar Transponder Beacon
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RATDMA	Random Access TDMA
RB-DGNSS	Radio-Beacon Differential GNSS
RDC	Regional Data Center
RS	Reference Station
RSIM	Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors
RSU	Road Side Unit
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
S-100	IHO Universal Hydrographic Data Model
S-57	IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data
SA	Selective Availability
SAR	Search and Rescue
SBAS	Satellite Based Augmentation Systems
SBD	Iridium Short Burst Data
SDME	Speed and Distance Measuring Equipment
SMTP	Simple Network Management Protocol
SOG	Speed Over Ground
SOLAS	Safety of Life at Sea Convention
SOTDMA	Self- Organized Time Division Multiple Access
SPS	Standard Positioning Service
SSAS	Ship Security Alert System
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
STW	Speed Through Water

TCP	Transmission Control Protocol
TCPA	Time to the Closest Point of Approach
TCS	Track Control System
TDMA	Time Division Multiple Access
TRITON	TRI-media Telematic Oceanographic Network project
TTA	Time To Alarm
UDP	User Datagram Protocol
UDRE	User Differential Error
UERE	User Equivalent Range Error
UMDM	Universal Maritime Data Model
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTC	Coordinated Universal Time
VBS-RTK	Virtual Base Station for Real Time Kinematic positioning
VDL	VHF Data Link
VDR	Voyage Data Recorder
VHF	Very High Frequency
VMS	Vessel Monitoring Systems
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VTS	Vessel Traffic Service
WAAS	Wide Area Augmentation System
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
WGS84	World Geodetic System 1984
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WMO	World Meteorological Organization
WWNWS	World-wide Navigational Warning Service
WWRNS	World-Wide RadioNavigation System