

107-026-7A71

MOTC-IOT-106-H2DB002b

行動中繼傳輸技術 應用於 AIS 系統之研發



交通部運輸研究所

中華民國 107 年 3 月

行動中繼傳輸技術應用於AIS系統之研發

交通部運輸研究所

GPN: 1010700176

定價 150 元

107-026-7A71

MOTC-IOT-106-H2DB002b

行動中繼傳輸技術 應用於 AIS 系統之研發

著 者：邱永芳、黃茂信、楊奇達、翁健二

交通部運輸研究所

中華民國 107 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發 / 邱永芳等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 107. 03
面 ; 公分
ISBN 978-986-05-5312-3(平裝)

1. 航運管理 2. 管理資訊系統

557

107001863

行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發

著 者：邱永芳、黃茂信、楊奇達、翁健二
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：臺北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電 話：(04)26587132
出版年月：中華民國 107 年 3 月
印 刷 者：采峰實業有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 50 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定 價：150 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：1010700176 ISBN：978-986-05-5312-3 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-05-5312-3	政府出版品統一編號 1010700176	運輸研究所出版品編號 107-026-7A71	計畫編號 106-H2DB002b
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：黃茂信 聯絡電話：04-26587120 傳真號碼：04-26571329	合作研究單位：國立高雄海洋科技大學 計畫主持人：楊奇達 協同計畫主持人：翁健二 研究人員：蘇宏仁、孫煥芸、吳盈瑩、王碇昌 地址：高雄市楠梓區海專路 142 號 聯絡電話：07-3617141 #3329		研究期間 自 106 年 02 月 至 106 年 11 月
關鍵詞：船舶自動識別系統、AIS 行動中繼傳輸技術、AIS 接收端天線設計			
摘要： 我國位處西太平洋第一島鏈的中心位置亦為東北亞海上航運交通之樞紐，優越的地緣位置促使周遭海域上之海洋事務活動頻繁，航行船舶密度及海上交通流量被列為中高類別。有鑒於此，為有效掌握我國所轄海域內之船舶航行動態資訊，本研究針對船舶自動化識別系統(Automatic Identification System, AIS)之傳輸、接收方式進行兩階段的研究，第一階段為 AIS 接收端天線之效能改善設計，包括接收天線之設計、接收角度與架設場地之規劃等方式予以提升 AIS 接收端天線接收效能。第二階段則是以行動中繼傳輸技術的方式延伸 AIS 資訊覆蓋範圍，透過在海上航行之船舶佈署 AIS 行動中繼站，並開發 AIS 行動中繼站之 AIS 訊號接收擷取及訊號解碼方式，再以中繼通訊方式將接收到的 AIS 資訊轉傳至岸台，使中繼站具備接收與轉發 AIS 訊號功能，從而向外延伸 AIS 的監測距離藉以建立更廣泛的 AIS 資訊覆蓋區域。透過本研究之研究期望能達到有效監測船舶航行動態資訊，並能更加清楚且全面地掌握我國周遭海域上的船舶航行環境狀況，進而提升航行安全。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
107 年 3 月	200	150	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: The development of the mobile relay transmit technology apply in AIS system			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-5312-3	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010700176	IOT SERIAL NUMBER 107-026-7A71	PROJECT NUMBER 106-H2DB002b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yung-Fang PROJECT STAFF: Huang Mao-Hsing PHONE: (04)26587115 FAX: (04)26564418			PROJECT PERIOD FROM 02/2017 TO 11/2017
RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung Marine University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yang , Chi-Ta CO-INVESTIGATOR: Weng, Chien-Erh PROJECT STAFF: Su, Hong-Ren, Sun,Huan-Yun, Wu,Ying-Ying, Wang,Ding-Chang ADDRESS:No.142, Haijhuan Rd, Nanzih Dist, Kaohsiung City 81157, Taiwan (R.O.C.) PHONE: (07) 361-7141 # 3329			
KEY WORDS:			
Automatic Identification System, Relay transmission for AIS, AIS receiving antenna design			
ABSTRACT:			
Taiwan is located in the central of Western Pacific first island chain as well as the marine transport hub in Northeast Asia. Because the superior geographical location promotes the marine activities on the surrounding waters frequently. Therefore, sailing ship density and maritime traffic are classified as high class. Above all, in order to grasp the dynamic information of the sailing ships under the jurisdiction of Taiwan effectively, this project carries out two-stage research on transmission and receiving of the Automatic Identification System (AIS). The first stage improves the performance of the AIS receiving antenna, including the design of the antenna, plans of the receiving angle and base station site to promote AIS antenna effective distance. The second stage is to extend the communication coverage of AIS in the form of mobile relay transmission technology through deploying the AIS relay station on navigational ships and developing the receiving and decoding method of the AIS mobile relay transmission technology. The AIS information is transmitted back to the coast station by RF so as to have receiving and forwarding function, thus extending the monitoring distance of AIS to build a wider communication coverage. Through this project, we hope to achieve effective monitoring of ship navigation information, and more clearly and comprehensively grasp the situation of the navigation environment in the sea area around Taiwan, thus enhancing navigation safety.			
DATE OF PUBLICATION March 2018	NUMBER OF PAGES 200	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

摘 要.....	I
目 錄.....	III
表目錄.....	VI
圖目錄.....	VII
第一章 緒論	1-1
1.1 研究動機.....	1-1
1.2 研究目的.....	1-4
1.3 研究內容及工作項目	1-6
1.3.1 船舶自動識別系統之探討.....	1-6
1.3.2 AIS 接收端天線設計改善設計	1-8
1.3.3 AIS 行動中繼傳輸技術研發	1-9
1.4 預期成果.....	1-12
第二章 船舶自動識別系統發展與應用現況	2-1
2.1 船舶自動識別系統技術規範	2-1
2.2 國內船舶自動識別系統研究與發展	2-8
2.3 船舶自動識別系統相關資訊應用	2-12
第三章 AIS 接收端天線之效能改善設計.....	3-1

3.1 天線設計理論.....	3-1
3.1.1 天線特性參數.....	3-1
3.1.2 天線型式.....	3-11
3.2 AIS 接收端天線設計流程	3-17
第四章 AIS 行動中繼傳輸技術研發.....	4-1
4.1 無線電通訊	4-1
4.1.1 無線電應用於數據通訊.....	4-1
4.1.2 無線電波傳遞方式與傳輸距離	4-6
4.2 AIS 行動中繼傳輸系統.....	4-10
4.2.1 AIS 行動中繼傳輸系統架構	4-10
4.2.2 AIS 封包資料格式	4-12
4.2.3 AIS 行動中繼傳輸設備	4-20
第五章 實驗結果與分析	5-1
5.1 AIS 接收端天線之效能改善設計.....	5-1
5.1.1 AIS 接收端天線實作成果	5-1
5.1.2 AIS 接收端天線輻射場型與結構關係	5-6
5.1.3 AIS 訊號接收效能實測	5-10
5.1.4 AIS 接收端天線涵蓋角度與架設規劃	5-23
5.2 AIS 行動中繼傳輸技術研發.....	5-25

5.2.1 AIS 資料演算處理結果	5-25
5.2.2 AIS 行動中繼傳輸系統實體	5-27
5.2.3 AIS 行動中繼傳輸系統效能測試	5-29
5.2.4 AIS 行動中繼傳輸系統於臺馬之星上之效能實測	5-40
第六章 結論	6-1
6.1 結論	6-1
6.2 工作建議與未來展望.....	6-2
6.3 成果效益及應用情形.....	6-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 期中審查意見及辦理情形說明表	附 1-1
附錄二 期末審查意見及辦理情形說明表	附 2-1
附錄三 期中審查會議報告-簡報資料.....	附 3-1
附錄四 期末審查會議報告-簡報資料.....	附 4-1

表目錄

表 1.1 臺灣地區國際商港進出港船舶艘次	1-1
表 2.1 IMO 所規範之 AIS 回傳周期	2-2
表 2.2 AIS 物理層特性要求	2-2
表 2.3 IS 接收機分時多工最小特性要求	2-3
表 2.4 AIS 封包格式	2-4
表 2.5 AIS 資料類型	2-4
表 2.6 AIS 類別比較表	2-6
表 3.1 Return Loss 關係表	3-5
表 3.2 PML 尺寸設置參數	3-22
表 4.1 鮑多碼與 AMTOR 碼	4-3
表 4.2 NXDN™通訊協定的基本規格	4-6
表 4.3 AIS 訊息資料類型與封包長度	4-14
表 4.4 CLASS A AIS 訊息內容 (訊息 1, 2, 及 3)	4-16
表 4.5 VHF 海上通訊系統傳輸頻道	4-21
表 5.1 AIS 基站天線結構之相關參數	5-2
表 5.2 AIS 基站天線之反射損失實測與模擬結果比較	5-5
表 5.3 AIS 接收端天線之反射損失比較	5-10

圖目錄

圖 1.1 中國 21 世紀海上絲綢之路	1-2
圖 1.2 計畫工作項目流程圖	1-11
圖 2.1 臺灣沿岸 AIS 岸台基站的涵蓋分析	2-9
圖 2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統	2-10
圖 2.3 AIS 岸台基站設置地點	2-11
圖 2.4 SAT-AIS 架構圖	2-12
圖 2.5 MarineTraffic 資訊系統	2-13
圖 2.6 臺灣海域船舶動態資訊系統	2-14
圖 2.7 Vessel Finder 資訊系統	2-15
圖 3.1 史密斯圖	3-3
圖 3.2 反射係數	3-4
圖 3.3 電壓駐波	3-4
圖 3.4 頻寬示意圖	3-6
圖 3.5 2D 場型圖	3-8
圖 3.6 3D 場型圖	3-8
圖 3.7 輻射波束圖	3-10
圖 3.8 半功率波束寬	3-10

圖 3.9 天線型式	3-12
圖 3.10 半波雙極天線電流分佈	3-13
圖 3.11 四分之一波長單極天線電流分佈	3-13
圖 3.12 八木宇田天線	3-14
圖 3.13 激勵器與反射器等長所形成之輻射場型	3-15
圖 3.14 反射器與激勵器所形成之輻射場型	3-15
圖 3.15 導波器與激勵器所形成之輻射場型	3-15
圖 3.16 三元件之八木宇田天線所形成之輻射場型	3-16
圖 3.17 八木宇田天線增益與元件數之關係	3-16
圖 3.18 天線傳輸示意圖	3-17
圖 3.19 本中心現階段所使用之雙極天線	3-19
圖 3.20 HFSS 模擬軟體安裝	3-20
圖 3.21 雙極與環形天線電耦極特性	3-21
圖 3.22 AIS 基站天線雛形結構	3-22
圖 3.23 PML 設置	3-23
圖 3.24 饋入點設置	3-23
圖 3.25 激勵器 L 長度之 S 參數探討	3-24
圖 4.1 NXDN™通訊協定	4-5
圖 4.2 地面波傳播	4-7

圖 4.3 天波傳播	4-8
圖 4.4 視波傳播	4-9
圖 4.5 中繼傳輸技術概念	4-11
圖 4.6 中繼傳輸技術系統架構	4-12
圖 4.7 Arduino 微控制器	4-13
圖 4.8 Arduino IDE.....	4-13
圖 4.9 NX-700 Series.....	4-20
圖 4.10 KPG-111DM 程式	4-20
圖 4.11 KPG-111DM 設定飽率	4-24
圖 5.1 AIS 基站天線實作結果	5-2
圖 5.2 向量網路分析儀	5-3
圖 5.3 S 參數簡易裝置	5-4
圖 5.4 AIS 接收端天線阻抗	5-5
圖 5.5 AIS 接收端天線 VSWR.....	5-6
圖 5.6 AIS 接收端天線表面電流分布@162MHz	5-7
圖 5.7 AIS 接收端天線場型	5-8
圖 5.8 L_R 與 AIS 接收端天線場型關係	5-8
圖 5.9 $L_1=L_2=L_3$ 與 AIS 接收端天線場型關係	5-9
圖 5.10 D_2 與 AIS 基站天線場型關係	5-9

圖 5.11 手持式頻譜分析儀.....	5-11
圖 5.12 本中心機房內訊號量測	5-12
圖 5.13 本中心機房內訊號量測結果	5-12
圖 5.14 本中心頂樓訊號量測	5-13
圖 5.15 本中心頂樓訊號量測結果	5-13
圖 5.16 國立高雄海洋科技大學量測結果	5-14
圖 5.17 訊號量測結果(國立高雄海洋科技大學).....	5-15
圖 5.18 本中心現階段採用之天線量測	5-16
圖 5.19 本研究所提出之 AIS 接收端天線量測.....	5-17
圖 5.20 本中心頂樓量測	5-17
圖 5.21 訊號量測結果(本中心頂樓).....	5-18
圖 5.22 固定 AIS 信號源之訊號量測結果.....	5-19
圖 5.23 AIS 接收系統測試架構.....	5-20
圖 5.24 利用海圖系統進行接收效能比對(量測位置：高海科大).5-21	
圖 5.25 利用海圖系統進行接收效能比對(量測位置：海洋大學).5-22	
圖 5.26 AIS 接收端天線 2D 場型圖	5-23
圖 5.27 天線方向角度之規劃	5-24
圖 5.28 由 AIS 接收機所擷取的 AIS 資訊	5-25
圖 5.29 經由 Arduino 微控制器進行資料處理後的 AIS 資料	5-26

圖 5.30 中繼基站所擷取的 AIS 資料.....	5-27
圖 5.31 AIS 行動中繼傳輸系統實體圖	5-28
圖 5.32 AIS 行動中繼傳輸系統傳送端	5-28
圖 5.33 AIS 行動中繼傳輸系統接收端匯入至電子海圖	5-29
圖 5.34 AIS 行動中繼傳輸系統測試地點	5-30
圖 5.35 BC100 全向性天線.....	5-30
圖 5.36 AIS 行動中繼傳輸系統架設情況	5-31
圖 5.37 AIS 行動中繼傳輸系統天線架設情況.....	5-31
圖 5.38 AIS 行動中繼傳輸系統傳送端實體圖(琉球國小).....	5-32
圖 5.39 AIS 中繼資料接收情形(枋寮國小)	5-32
圖 5.40 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(枋寮國小).....	5-33
圖 5.41 AIS 中繼資料接收情形(枋山會館)	5-34
圖 5.42 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(枋山會館).....	5-35
圖 5.43 AIS 中繼資料接收情形(楓港漁港)	5-36
圖 5.44 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(楓港漁港).....	5-37
圖 5.45 AIS 中繼資料接收情形(關山觀景台)	5-38
圖 5.46 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(關山觀景台).....	5-39
圖 5.47 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端設備架設情形.....	5-40
圖 5.48 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端設備實體.....	5-41

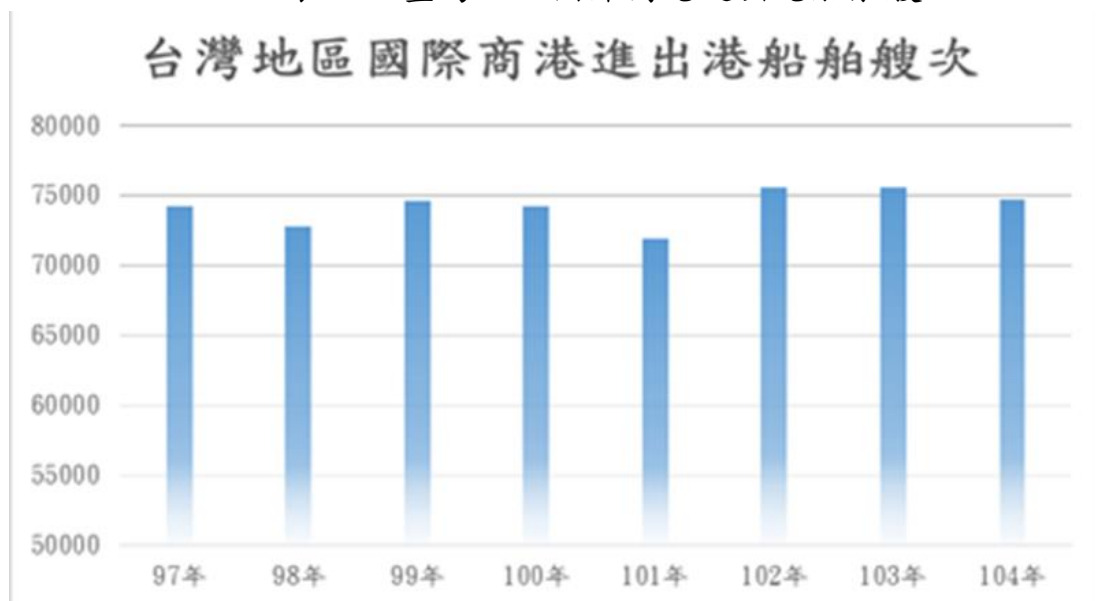
圖 5.49 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端天線架設情形.....	5-41
圖 5.50 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端天線實體.....	5-42
圖 5.51 交通部基隆港航管中心	5-43
圖 5.52 航管中心 AIS 中繼接收端設備實體.....	5-43
圖 5.53 航管中心 AIS 中繼接收端天線實體.....	5-44
圖 5.54 於航管中心監測 AIS 中繼接收端的訊號接收情形.....	5-45
圖 5.55 AIS 行動中繼傳輸測試結果	5-45
圖 5.56 AIS 行動中繼傳輸測試結果	5-46
圖 5.57 AIS 行動中繼傳輸系統所能達到的 AIS 資訊接收距離	5-47

第一章 緒論

1.1 研究動機

海洋帶給全球政經發展之重要性已毋庸置疑，對於海洋權力之主張直接影響國家的安全與發展等權益，本研究之緣起為依據中華民國海洋政策白皮書(民國 95 年 3 月)所揭示，政府對於海洋政策之目標乃在建立完整的「海洋國家」，強調海洋特色喚起國民海洋意識予以創造優質的海洋環境、安全的海洋活動以及興盛的海洋產業。自民國 92 年「自由貿易港區設置管理條例」的實施，臺灣自由貿易港區擴大發展為六個港口，進出國際商港船舶數量大幅增加，近年來保持七萬艘次以上如表 1.1 所示，而後小三通放寬限制、貿易政策自由化以及海洋產業興起等因素促使海事活動日趨熱絡，航經我國海域之船舶數量多不勝數。因此海洋事務管理體系之建立以維持船舶航行秩序進而提升航運安全與航行效率，一直以來都被列為智慧型海洋科技發展之指標方向。

表 1.1 臺灣地區國際商港進出港船舶艘次



(資料來源：臺灣港務股份有限公司)

由經濟體來檢視智慧化海洋運輸發展的重要性，世界經濟合作暨發展組織估計全球貿易量的總價值為 16.5 萬億美金，以貿易量統計 85% 的貨物是採用海上運輸，全球海運貿易價值約佔貿易總價值的 50%，可見海洋國際物流的主要方式為海洋運輸。此外，近年來中國經濟影響力擴大，中國港口貨物吞吐量和集裝箱吞吐量已攀升為世界第一位，促使西太平洋海岸掀起一股經濟熱潮進而帶動海運交通量成長，中國亦於 2013 年倡議一帶一路的跨國經濟合作概念，其中「21 世紀海上絲綢之路」如圖 1.1 所示，由中國江蘇、浙江、福建、廣州、海南及山東六個沿海省份發展中國和東南亞、南亞、中東、北非及歐洲各國的經濟合作，屆時將會大幅度提升海洋運輸規模，而臺灣位於西太平洋第一島鏈的中心位置並緊鄰中國沿海省份，如此地緣關係可以預想我國所轄海域範圍內將會有大量船舶往返形成高水域交通密度，因此臺灣如何發展智慧型海洋運輸系統 (Marine Intelligent Transportation System, M-ITS) 提升海洋事務管理效力以因應將來海洋運輸需求顯得格外重要。



圖 1.1 中國 21 世紀海上絲綢之路

(資料來源：The Daily Star)

然而形成智慧型海洋運輸系統最基本要素是將電子通訊與資訊技術、系統與網路應用於船舶、港埠、以及船岸之間支援系統使用者進行資訊的蒐集、儲存、檢索、分析與發佈，而船舶自動識別系統被視為實現智慧型海洋運輸系統重要的環節，因此本中心持續積極發展船舶自動識別系統建置計畫，開發臺灣海域船舶動態資訊系統提供臺灣海域船舶航行公開資訊，並持續進行維護與檢討系統涵蓋範圍。

由上述研究背景中可以得知航經我國海域之船舶數量繁多，海洋事務活動相當頻繁，而在未來水域交通密度將再持續增高，然大量船舶活動的背後將衍生高風險程度的海上交通，因此發展健全的海洋科技以及建置完善的智慧型海洋運輸系統已刻不容緩，而船舶自動識別系統為海上航行安全監控帶來革命性的進步，有鑑於此，本研究以提升臺灣海域船舶自動識別系統通訊效能為目的進行研究。

1.2 研究目的

民國 93 年行政院海洋事務推動委員會以邁向優質海洋國家為目的訂定「國家海洋政策綱領」做為國家海洋事務施政之根基，以成為生態、安全及繁榮的海洋國家為願景，其中該綱領所提及「健全海域交通秩序」、「提升海事安全服務」兩項策略與本研究研究目的相契合。此外，本中心亦積極發展船舶自動識別系統建置計畫，開發臺灣海域船舶動態資訊系統提供臺灣海域船舶航行公開資訊，並持續進行維護與檢討系統涵蓋範圍。本研究屬於技術開發之研究，運用天線特性之設計改善與行動中繼傳輸技術來達成 AIS 資訊覆蓋範圍的擴展，能夠達到優化臺灣海域船舶動態資訊系統之目的。

本研究達成之目的主要分為 AIS 接收端天線之效能改善設計及 AIS 行動中繼傳輸技術研發兩項，如下說明：

AIS 岸台收發有效距離僅約 20 至 25 海浬，若再加上岸台天線高度、船舶的 AIS 天線特性及天候狀況等眾多因素，AIS 岸台收發有效距離可能無法達到實際評估距離。礙於 AIS 天線收發距離之限制，導致本中心無法有效的於我國所轄之海域內進行船舶位置資訊的監測，為有效提升 AIS 監測船舶位置資訊的距離，本中心以岸台 AIS 接收端天線之效能設計改善做為研究重點，包括 AIS 接收端天線設計、接收角度與架設場地之規劃等方式，改善天線增益、效率及輻射場型等特性使其能在有效距離內發揮天線最佳效益來提升 AIS 系統資訊接收效能。

1. AIS 行動中繼傳輸技術研發

海上通訊系統依照使用情境而採用不同的通訊方式，離岸距離較長之遠洋區域大部分採用衛星通訊方式，而船舶自動識別系統、全球海上遇險及安全系統(Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS)利用於沿岸或近海區域時則倚重射頻傳輸技術，然而射頻傳輸存在著有效傳輸距離的限制。本研究以行動中繼傳輸技術的方式延伸 AIS 系統資訊覆蓋的區域，初步構想是針對海洋巡防署海上巡邏艇或其它航行海上之船舶佈署 AIS 系統行動中繼站，並開發 AIS 行動中繼站之 AIS 訊號擷取及解碼方式，再以中繼通訊方式將 AIS 中繼訊號轉傳至中繼岸台基站，使 AIS 中繼站具備接收與轉發 AIS 資訊功能，從而有效向外延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離，予以建立更廣泛的 AIS 系統資訊覆蓋區域。

藉由本研究不僅能優化監測及管理海上航行環境狀況予以提升航安資訊管理水準，更能有效強化我國海域內船舶航行之安全與救援目的，讓臺灣進一步邁向優質的海洋國家。

1.3 研究內容及工作項目

隨著海洋事務活動頻繁興盛航海船舶數量持續增加，且船舶技術不斷朝向大型化、高速化方向的發展，海上交通事故的發生將對航行安全與海洋環境造成極大的威脅，人們已越來越重視海上交通安全之議題，近年來國際上為了航行安全與效率皆規範船舶、港埠皆須安裝或建置相關資通訊系統。雖然雷達圖、自動雷達標繪儀(Automatic Radar Plotting Aid, ARPA) 等航海儀器設備具備識別海上船舶的功能，但仍是提供船舶相關航行輔助資訊為主要目的，並無法有效改善航海船舶間避免相互碰撞的狀況發生，而船舶自動化識別系統技術的發展為海上航行監控帶來革命性的進步，AIS 可以解讀系統資訊覆蓋範圍內所監測到之船舶位置資訊，提供船舶其周遭的海上航行環境狀況，最大程度避免航海船舶間相互碰撞的狀況，而被視為智慧型海洋運輸系統（Maritime ITS, M-ITS）的重要環節之一。有鑑於此，本研究針對擴展船舶自動化識別系統資訊覆蓋範圍之方法進行三大層面的研究，具體工作項目分別敘述如下：

1.3.1 船舶自動識別系統之探討

AIS 分為三種運作模式，第一種是以自動而連續的方式發送船舶本身的資訊，並且應達每分鐘 2,000 個時槽，第二種分配模式用於主管機關在管轄區域中進行業務監控的操作，第三種則為船舶或主管機關要求而傳輸響應數據之輪詢模式。AIS 能夠提供船舶之海上行動業務識別碼(Maritime Mobile Service Identity, MMSI)，並且包含靜態及動態資訊如：呼號、船舶大小、船隻種類、UTC 標準時間、航行方向、航速及方位等，其應用範圍包含船舶

動態資訊監測，配合航行過程或區域內的船舶動態變化情況實施自動記錄，AIS 不僅減少海難事故發生亦為海洋事務的管理帶來助益，同時也為船舶交通服務（Vessel Traffic Service, VTS）系統提供積極和有效的輔助作用。本階段工作項目藉由對 AIS 運作方式與應用範圍之探討，重新檢視 AIS 對於海上交通之重要性及對航行水域的影響並了解該系統之機制與功能，於後續技術開發上能夠發揮助益效果。

海上交通航行安全是不可輕易忽略的一環，國際海上人命安全公約第一版條約於 1914 年反映鐵達尼號海難事件而生，並於 2000 年 12 月通過修訂，將船舶自動識別系統納入成為強制性的設備要求。本階段工作項目必須了解國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)對於 AIS 之相關規範，例如:了解動態資料的更新率以評估資料流量及資訊接收效益，又或是針對國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)對於 AIS 頻率分配之規範來進行後續 AIS 接收端天線設計頻段之依據，在 AIS 資料類別以及資料格式的定義亦關係到中繼傳輸技術中資料擷取及編解碼之步驟流程，故此階段工作項目對於本研究欲達成之目的關聯性甚大。

AIS 為 e 化航行或智慧型海洋運輸系統中極為重要的一環，其運用範圍廣泛，舉例來說:我國海巡署將 AIS 結合海巡雷達偵測系統(CGARIS)數據與船舶交通服務系統、電子海圖和地理情報資訊，達到掌握海面即時狀況和海上船舶活動情形以供指揮調度勤務進行。本中心自 2009 年積極建置臺灣海域 AIS 岸台基站，先後完成了接收站之建置來獲取我國所轄海域內之船舶動態資訊，並

利用 AIS 資料庫和網頁伺服器建置臺灣海域船舶動態資訊系統提供船舶航行公開資訊。而此階段工作項目針對目前國內已建置完成之相關成果進行分析，利用檢索相關文件報告或是與其他現有 AIS 資訊管理系統進行交叉比對的方式，分析國內 AIS 資訊覆蓋範圍和資訊傳輸效益，並針對分析出的弱項運用本研究研究開發成果進行強化改善。

1.3.2 AIS 接收端天線設計改善設計

本中心積極針對 AIS 岸台基站位置與數量規劃進行研究，亦陸續完成船舶自動識別系統接收站之建置，而採用之 AIS 接收端天線效能與特性抑或架設場地型式為可研究探討之對象。依市面常見之 AIS 天線其有效傳輸距離約為 25 海浬內，輻射場型呈現全向性，因此若以全向性天線做為岸台基站之接收端天線，則會導致利用率低或訊號接收效能不佳等天線適用性問題產生。故此階段工作項目將以天線設計概念為討論重點。進行 AIS 接收端天線初步設計時將以天線特性為主要考量，所以需先了解天線的動作原理和造成天線特性之參數。影響天線性能所考量的臨界參數有很多，需要在設計過程中做調整，如諧振頻率、阻抗及增益等等，均需進一步檢視設計基準，讓後續設計流程順利執行並且產出符合欲改善、加強項目之成果。

此階段將以高頻結構模擬(High Frequency Structure Simulator, HFSS) 軟體進行 AIS 接收端天線設計，藉由實際案例分析，朝天線構造型式、傳輸特性的方向著手進行天線設計，利用模擬軟體

生成元件模型來評估訊號品質、傳輸路徑損耗、阻抗匹配以及遠場輻射等數據，建立各種參數與效能間的相互作用關係，並考量天線利用率使得 AIS 資訊在有效傳輸範圍內達到最良好的接收效益，最後產出適用於岸台基站之 AIS 接收端天線天線。

以上工作項目決定 AIS 接收端天線之型式、結構大小及特性，故本研究在此階段中將探討 AIS 接收端天線設置場地，並依照天線指向性特點規劃天線接收角度進行天線架設，進而減少陸地涵蓋範圍並延伸至海面上藉以擴展 AIS 資訊覆蓋範圍，同時達到有效傳輸範圍內達到最良好的接收效益，最後，亦將利用分析儀器針對 AIS 接收端天線進行量測分析及效能評估，達到驗證天線設計成效。

1.3.3 AIS 行動中繼傳輸技術研發

船舶自動識別系統為一種數據訊號系統，它採用自我組織式分時多重接取技術(Self-Organized Time Division Multiple Access, SOTDMA)和高斯濾波最小頻移鍵控(GMSK)/高斯頻移鍵控(GFSK)調變，船舶經由 AIS 天線接收 AIS 資訊並透過 AIS 收發設備進行解調恢復 AIS 資訊供輸出顯示。欲達到中繼傳輸，首先須將 AIS 資料從 AIS 收發設備中擷取出來，進行資料格式轉換並經序列傳輸至中繼傳輸設備，使其以中繼傳輸技術對中繼岸台基站進行資料傳輸。

AIS 資料在中繼傳輸設備的輸出、輸入過程中，基於傳輸協定及資料格式定義之差異而需要進行資料格式之轉換，AIS 中已

定義數據資料分為 27 種類別(Type)格式，故此工作項目中需要判定由 AIS 收發設備中擷取出來的各類別資料格式所相對應的資訊欄位及數據，並設計一項資料格式轉換演算法使 AIS 資料能夠以相符的格式在中繼傳輸設備中傳輸，予以達成 AIS 資料與中繼傳輸系統的相容性。

根據前述各階段之研究內容及工作項目，在此簡單地利用圖 1.2 表示本研究工作項目之執行流程。



圖 1.2 計畫工作項目流程圖

1.4 預期成果

海洋事務管理體系之建立以維持船舶航行秩序進而提升航運安全與航行效率，一直以來都被列為智慧海洋科技發展之指標方向，本研究以擴大船舶自動化識別系統資訊覆蓋範圍為研究目的，探討船舶自動識別系統發展與應用現況，並針對擴展 AIS 資訊覆蓋範圍提出 AIS 接收端天線改善設計及 AIS 行動中繼傳輸技術開發兩種方法，期望能有效達到 AIS 系統資訊覆蓋範圍之延伸，然而本研究預期成果包括：

1. 完成 AIS 系統接收端雙極天線量測分析及效能評估。
2. 完成 AIS 系統接收端天線建置。
3. 完成 AIS 系統中繼端訊號擷取與解碼。
4. 完成岸邊 AIS 系統中繼站訊號接收系統建置。
5. 完成 AIS 系統中繼站訊號與 AIS 系統整合。

透過上述之成果，預期達到地效益為運用行動中繼之無線傳輸技術進行 AIS 系統資訊覆蓋範圍的提升，予以改善 AIS 系統資訊收發距離受限因而導致 AIS 系統資訊不完全的狀況，進而優化綠色航路監測應用系統資訊覆蓋範圍，提高 AIS 監測距離，藉由掌握我國所轄海域內船舶資訊動態達到有效監測、管理海上航行狀況，落實海上交通安全保障之目的，深化海洋科技能量以回應國家在海洋發展上之需求，進而落實海洋相關政策之執行。

第二章 船舶自動識別系統發展與應用現況

海上交通運輸伴隨電子資通訊技術發展而衍生出一套更能增進航行效率之數位化系統，透過資訊、系統與導航感測儀器之整合實行 e 化航行發展策略，達到有效水路調度管理、強化運輸能力及提升航行安全等正向發展。根據海上人命安全公約(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)第五章航行安全部分所述，中、大型船舶的船載航行系統與設備的配置中需強制納入船舶自動化識別系統，因此初步藉由探討 AIS 整體架構以掌握研究基點，透過了解 AIS 運用現況、運作方式、系統頻率、設備規格、資料格式及電信法規等資訊，再與本研究之技術開發項目相互連結應用，而後亦將驗證本研究技術開發成果之應用層面實質效益。

2.1 船舶自動識別系統技術規範

AIS 主要可分為 Class A、Class B 兩類，其中 Class A 為滿足國際海事組織(IMO)所規範的性能標準和運輸規範之船載設備，應達到能夠接收和傳送包含重要導航警示或重要氣象警告的簡短安全訊息，於國際海上人命安全公約中規範 300 總噸以上國際航線船舶、500 總噸以上國內航線船舶、所有客輪皆須安裝 Class A 之船載設備。而 Class B 為普通船載設備，又可分為採用自組織時分多重擷取技術(Self-Organized Time Division Multiple Access, SOTDMA)及載波監聽分時多重擷取(Carrier Sense Time Division Multiple Access, CSTDMA)技術兩種型式，可以達到與其它 AIS 設備溝通但並不完全符合 IMO 性能標準。ITU 所訂定 AIS 回傳周期如下表所示：

表 2.1 IMO 所規範之 AIS 回傳周期

Class A 船舶動態狀態	回傳週期
下錨或靠岸且航速小於 3 節	3 分
下錨或靠岸且航速大於 3 節	10 秒
航速 0~14 節	10 秒
航速 0~14 節且正改變航向	3.33 秒
航速 14~23 節	6 秒
航速 14~23 節且正改變航向	2 秒
航速大於 23 節	2 秒
航速大於 23 節且正改變航向	2 秒
Class B 船舶動態狀態	回傳周期
航速小於 2 節(SO)	3 分
航速 2~14 節(SO)	30 秒
航速 14~23 節(SO)	15 秒
航速大於 23 節(SO)	5 秒
航速小於 2 節(CS)	3 分
航速大於 2 節(CS)	30 秒
平台	回傳周期
搜索與救援飛機	10 秒
導航輔助	3 分
AIS 站台	10 秒

(資料來源：ITU-R M.1371-5)

AIS 物理層特性要求，包含操作頻道、通道間距、輸出功率等如表 2.2 所示，其中較為重要的參數為 AIS 兩個通信頻道的頻率點。

表 2.2 AIS 物理層特性要求

Symbol	Parameter name	Units	Low setting	High setting
PH.RFR	Regional frequencies (range of frequencies within RR Appendix 18) ⁽¹⁾	MHz	156.025	162.025
PH.CHS	Channel spacing (encoded according to RR)	kHz	25	25

	Appendix 18 with footnotes)(			
PH.AIS1	AIS 1 (default channel 1)	MHz	161.975	161.975
PH.AIS2	AIS 2 (default channel 2)	MHz	162.025	162.025
PH.BR	Bit rate	bit/s	9,600	9,600
PH.TS	Training sequence	Bits	24	24
PH.TXP	Transmit output power	W	1	12.5 / 5 ⁽²⁾

(1) ITU-R M.1084, Annex 4.

(2) For Class B “SO”.

(資料來源：ITU-R M.1371-5)

而本研究以 Class B 普通船載設備為主，其 AIS 接收機分時多工最小特性要求如表 2.3 所示，其中較為重要的參數為 AIS 接收機之靈敏度要求為能夠解析訊號強度-107dBm 以上之 AIS 訊號。

表 2.3 IS 接收機分時多工最小特性要求

Receiver parameters	Values		
	Packet Error Rate	Wanted signal	Unwanted signal
Sensitivity	20%	-107 dBm -104 dBm @ ±500 HZ	
Error at high input levels	2%	-77 dBm	
	10%	-7 dBm	
Co-channel rejection	20%	-101 dBm	-111 dBm @±1k HZ
Adjacent channel selectivity	20%	-101 dBm	-31 dBm
Spurious response rejection	20%	-101 dBm	-31 dBm
Intermodulation response rejection	20%	-101 dBm	-36 dBm
Blocking and desensitization	20%	-101 dBm	23 dBm(<5 MHz) 15 dBm (>5 MHz)
Spurious emissions		-57 dBm @9 kHz ...1 GHz -47 dBm @1 GHz ...4 GHz	

(資料來源：ITU-R M.1371-5)

目前已定義的 AIS 訊息資料類型(Message Type)有 27 種如表 2.5 所示，分別適用於 Class A 和 Class B 中數據傳輸使用，而每種資料類型所定義的欄位格式和存放資訊內容又有所差異，以 Message 1 至 Message 3 來舉例，該資料類型為 Class A 進行船舶位置訊息回報所適用，而 Message 18 則用來回報 Class B 位置資訊。其採用的封包格式由 256bits 組成，如表 2.4 所示：

表 2.4 AIS 封包格式

Ramp up	Training sequence	Start flag	Data	FCS	End flag	Buffer
8 bits	24 bits	8 bits	168 bits	16 bits	8 bits	24 bits

(資料來源：ITU-R M.1371-5)

表 2.5 AIS 資料類型

Message ID	Name	Description	Priority	Access scheme	Communication state
1	Position report	Scheduled position report; Class A shipborne mobile equipment	1	SOTDMA, RATDMA, ITDMA	SOTDMA
2	Position report	Assigned scheduled position report; Class A shipborne mobile equipment	1	SOTDMA	SOTDMA
3	Position report	Special position report, response to interrogation; Class A shipborne mobile equipment	1	RATDMA	ITDMA
4	Base station report	Position, UTC, date and current slot number of base station	1	FATDMA, RATDMA	SOTDMA
5	Static and voyage related data	Scheduled static and voyage related vessel data report; Class A shipborne equipment	4	RATDMA, ITDMA	N/A
6	Binary addressed message	Binary data for addressed communication	4	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
7	Binary	Acknowledgement of	1	RATDMA,	N/A

	acknowledgement	received addressed binary data		FATDMA, ITDMA	
8	Binary broadcast message	Binary data for broadcast communication	4	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
9	Standard SAR aircraft position report	Position report for airborne stations involved in SAR operations only	1	SOTDMA, RATDMA, ITDMA	SOTDMA ITDMA
10	Standard SAR aircraft position report	Request UTC and date	3	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
11	UTC/date response	Current UTC and date if available	3	RATDMA, ITDMA	SOTDMA
12	Addressed safety related message	Safety related data for addressed communication	2	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
13	Safety related acknowledgement	Acknowledgement of received addressed safety related message	1	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
14	Safety related broadcast message	Safety related data for broadcast communication	2	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
15	Interrogation	Request for a specific message type can result in multiple responses from one or several stations	3	RATDMA, FATDMA, ITDMA	N/A
16	Assignment mode command	Assignment of a specific report behaviour by competent authority using a Base station	1	RATDMA, FATDMA	N/A
17	DGNSS broadcast binary message	DGNSS corrections provided by a base station	2	FATDMA, RATDMA	N/A
18	Standard Class B equipment position report	Standard position report for Class B shipborne mobile equipment to be used instead of Messages 1, 2, 3	1	SOTDMA, ITDMA, CSTDMA	SOTDMA, ITDMA
19	Extended Class B equipment position report	No longer required. Extended position report for Class B shipborne mobile equipment; contains additional static information	1	ITDMA	N/A
20	Data link	Reserve slots for Base	1	FATDMA,	N/A

	management message	station(s)		RATDMA	
21	Aids-to-navigation report	Position and status report for aids-to-navigation	1	FATDMA, RATDMA	N/A
22	Channel management	Management of channels and transceiver modes by a Base station	1	FATDMA, RATDMA	N/A
23	Group assignment command	Assignment of a specific report behavior by competent authority using a Base station to a specific group of mobile	1	FATDMA, RATDMA	N/A
24	Static data report	Additional data assigned to an MMSI Part A: Name Part B: Static Data	4	RATDMA, ITDMA, CSTDMA, FATDMA	N/A
25	Single slot binary message	Short unscheduled binary data transmission Broadcast or addressed	4	RATDMA, ITDMA, CSTDMA, FATDMA	N/A
26	Multiple slot binary message with Communications State	Scheduled binary data transmission Broadcast or addressed	4	SOTDMA, RATDMA, ITDMA, FATDMA	SOTDMA, ITDMA
27	Position report for long range applications	Class A and Class B "SO" shipborne mobile equipment outside base station coverage	1	MSSA	N/A
28-63	Undefined; Reserved for future use	N/A	N/A	N/A	N/A

(資料來源：ITU-R M.1371-5)

在此利用表 2.6 歸納國際海事組織、國際航標協會和國際電信聯盟所定義的 AIS 類型規範及實際使用狀況之差別。

表 2.6 AIS 類別比較表

	Class A	Class B-SO	Class B-CS
主要採用技術	SOTDMA		CSTDMA

頻段	156.025 ~ 162.025 MHz (頻寬 25kHz)		161.500 ~ 162.025 MHz (頻寬 25kHz)
Digital Selective Calling	專用接收機	TDMA 接收機	
傳輸功率	12.5 W	5 W	2 W
位置資訊來源	船舶專用電子定位系統 為主; Internal GNSS 為 後備	Internal GNSS	
位置資訊 回報	Message 1: : MMSI, Time-stamp, Position, Position Accuracy flag, RAIM flag, COG, SOG, HDG, ROT, Navigation Status, Communication State; Message 18: 省略了 ROT、 Navigation Status 並添加: Type (SO/CS), Operating Mode, and, availability of a Display, DSC Receiver, Full/Limited Bandwidth, and Channel Management		
靜態和航程 資訊回報	每 6 分鐘回傳訊息 (Message 5)	每 6 分鐘回傳訊息 (Message 24A&B)	
	Message 5 : MMSI, IMO#, Call-sign, Name, Ship Type, Dimensions, Static Draft, Destination, ETA, EPFS type, Data Terminal availability, AIS version;		
	Message 25A&B ; 添加了 Vendor ID 並省略了 IMO#, Static Draft, Destination, ETA, Data Terminal availability, AIS version		
應用和安 全資訊	接收和傳輸	選擇接收，不能傳輸	
顯示和介面	Minimal Keyboard Display (MKD) ; 多重介面	選擇性裝設 ; 1 個輸出/入端口	選擇性裝設
測試標準	IEC 61993-2	IEC 62287-2	IEC 62287-1
USCG Approval N _R .	USCG 165.155/x/x	USCG 165.157/x/x	USCG 165.156/x/x
預估成本	\$2,600-4,000	\$2,000	\$700-1,600

(資料來源：U.S. COAST GUARD NAVIGATION CENTER)

2.2 國內船舶自動識別系統研究與發展

自 1992 年起國際海事組織、國際航標協會(International Association of Lighthouse Authorities, IALA)和國際電信聯盟經過多次的研究規劃，定義了船舶自動識別系統的架構與技術內容，而後隨著資通訊技術的發展和海上交通運輸量的攀升，AIS 漸漸在海洋事務管理應用上發揮效益。我國針對海洋事務的管理方法，逐漸拓展為船舶交通服務系統(VTS)與船舶自動識別系統的結合應用，利用 AIS 特點擴大 VTS 的工作範圍並提高 VTS 精度，因此 AIS 於我國的發展備受重視，AIS 系統的發展期程如下所述：

2003 年，海洋大學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。研究單位結合地理資訊系統(Geographical Information System, GIS)和電子海圖岸線資料，並利用 MAPINFO 地理資訊系統的 Vertical Mapper 工具模組進行空間視域分析，另以 Line-of-sight 可見範圍做為較嚴格的無線電涵蓋範圍的規劃，得出了臺灣本島沿岸 AIS 基站的涵蓋分析如圖 2.1 所示，從該研究可得知 AIS 岸台基站傳輸有效距離僅約 20 海浬，作用範圍屬於沿岸區域，因此存在著無法完全涵蓋我國所轄海域範圍，而未能有效達到船舶資訊動態的監測及航行安全管理。

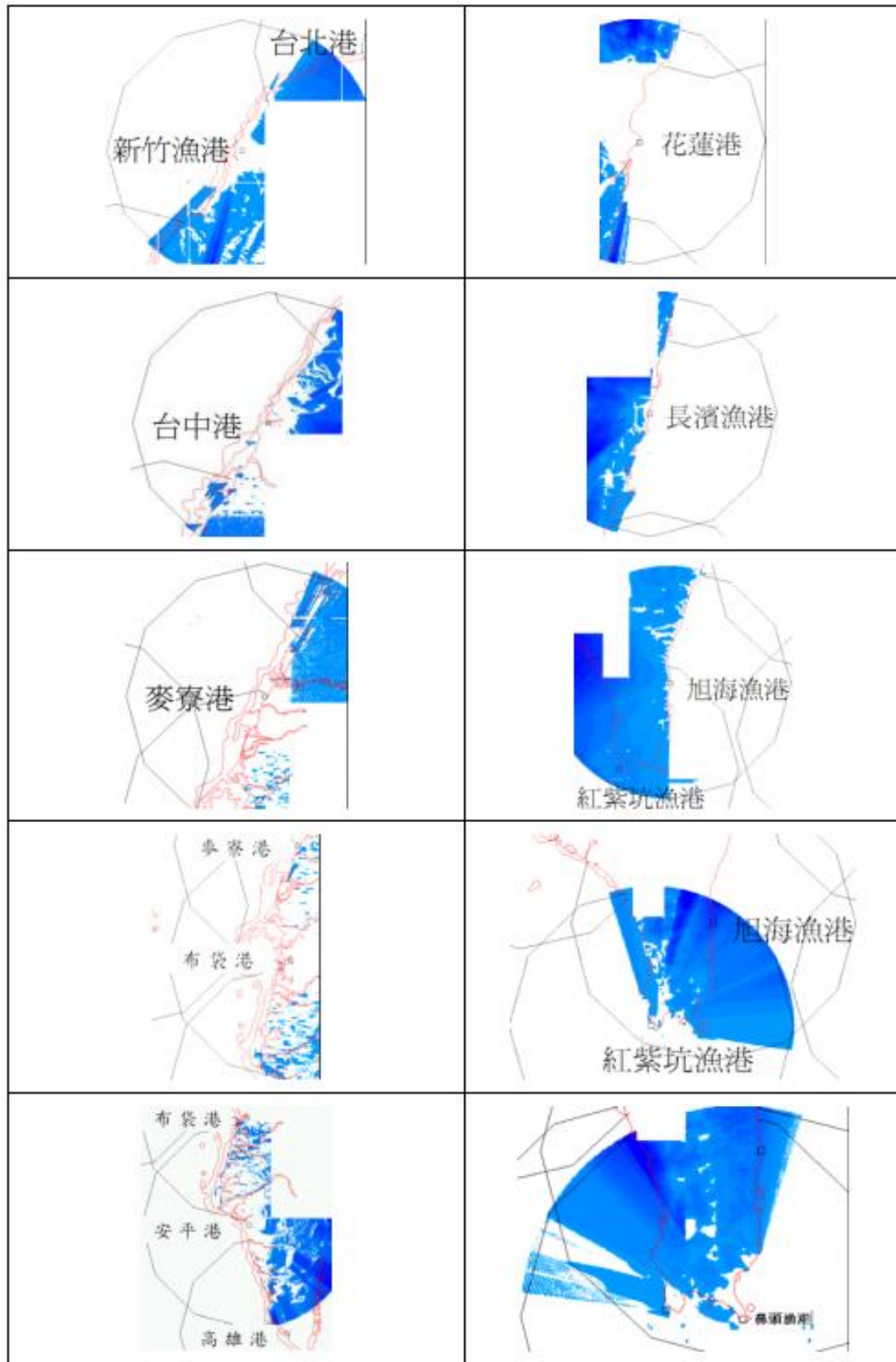


圖 2.1 臺灣沿岸 AIS 岸台基站的涵蓋分析

(資料來源:智慧型航行與監測系統之研究)

2007 年，行政院海洋事務推動小組決議「加強推動臺灣各商港及本中心建置船舶自動識別系統，並提供海巡署進行初步鏈結同時強化商港船舶交通服務中心設備與功能」，為將 AIS 結合海巡雷達偵測系統（CGARIS）數據與船舶交通服務系統、電子海圖和地理情報資訊，達到掌握海面即時狀況和海上船舶活動情形以供指揮調度勤務進行，因此本中心乃積極建置臺灣海域 AIS 接收站。

2009 年至 2011 年，本中心已經完成基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港、嘉義布袋漁港、苗栗外埔漁港等 8 個主要港口與澎湖馬公港、蘭嶼開元港、金門水頭港、馬祖碧山等 4 個離島的船舶自動辨識系統接收站設置，並且整合船舶動態資料利用 AIS 資料庫和網頁伺服器建置臺灣海域船舶動態資訊系統如圖 2.2 所示，提供船舶航行公開資訊，並開發「船舶動態地理資訊模組」、「船舶統計分析模組」、「港口資訊與接收站統計分析模組」、「港口與船舶相簿管理模組」、「網頁討論區模組」及「權限控管模組」等六大模組供操作使用。

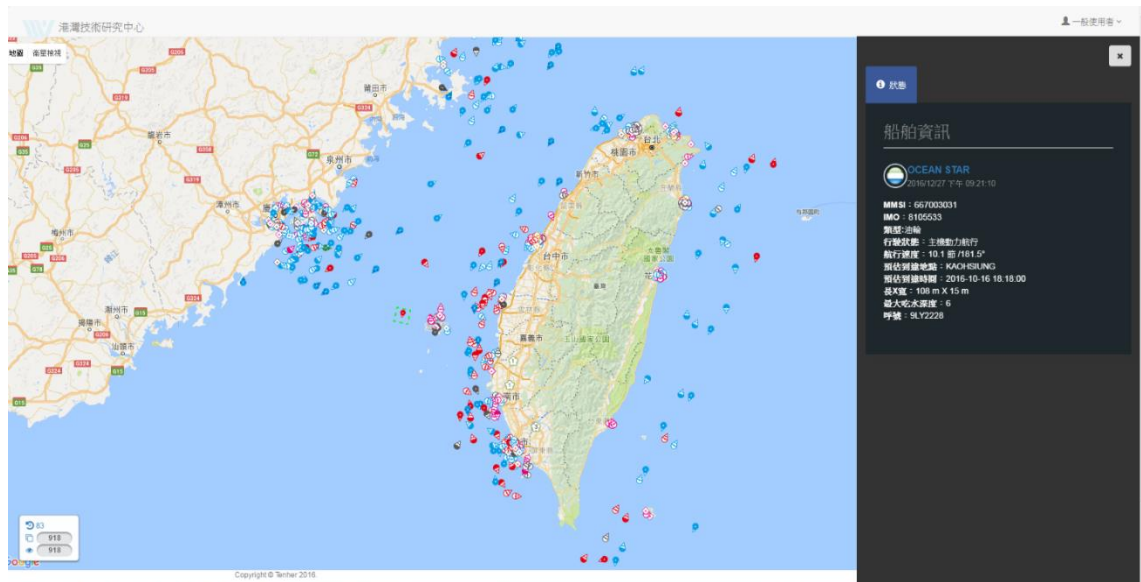
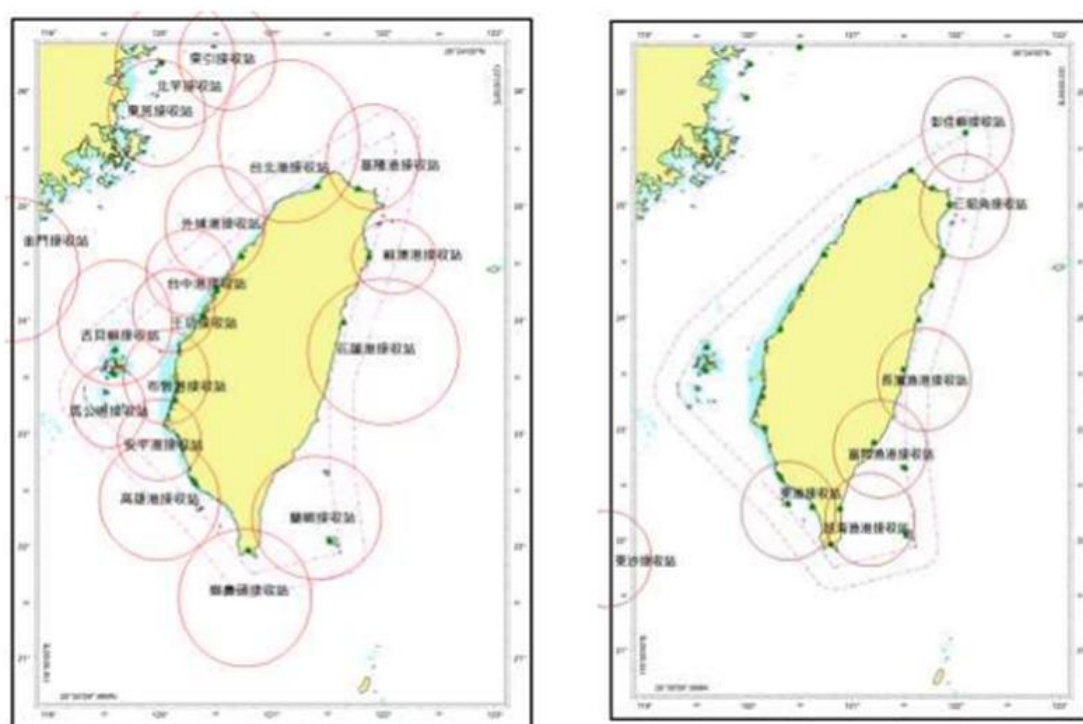


圖 2.2 臺灣海域船舶動態資訊系統

「臺灣海域船舶自動識別系統(AIS)之研究」文獻中，探討如何運用目前本中心所架設的 AIS 岸台基站如圖 2.3 所示，蒐集船舶即時資訊及船舶歷史軌跡，來分析與統計行經臺灣海域的船舶特性及航路分布情況，籍以提供最佳化的航線，或是提供船難發生歷程給防救災單位來進行必要的救援工作及釐清船難的責任歸屬。然而本中心已於今年完成總共 25 處的 AIS 岸台基站建置。

圖 2.3 AIS 岸台基站設置地點



(資料來源：臺灣海域船舶自動識別系統(AIS)之研究)

2.3 船舶自動識別系統相關資訊應用

在全球積極進行海洋資源的開發與利用的現況下，如何達成健全的智慧型海洋運輸系統和海洋事務管理模式以提升海洋競爭優勢已然成為一項重要課題，而 AIS 發展的正有助於加強海上生命安全、提高航行和管控效率以及有利於海洋環境保護，有鑑於此，人們積極針對船舶自動識別系統進行探討，除了發展出許多的應用方式與相關研究之外，亦利用電子資通訊技術來優化系統本身的效能。

雖然 AIS 岸台基站已經佈署於沿岸各地，但該系統的傳輸距離受到了一個限制，主要是因為地球的曲率將水平範圍限制在離岸約 70 公里，此外一般的 AIS 設備的有效通訊距離在 20 至 25 海浬，這意味著 AIS 資訊覆蓋範圍僅在沿海地區或為鄰近船舶間的資訊交換，因此 AIS 發展出一種以衛星為傳輸通道的架構來克服傳輸距離的限制，SAT-AIS 架構如圖 2.4 所示。衛星通訊系統覆蓋海洋和南極，能夠大範圍追蹤世界各處船舶位置，包含遠洋和地面 AIS 岸台基站所不能覆蓋的地方，透過 SAT-AIS 這項新技術已經改變了海域監測和海洋事務管理的格局目前歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)已將 SAT-AIS 納入電信系統高級研究計劃的一部分，並與歐洲海事安全局合作推廣 SAT-AIS 系統、技術和服務。



圖 2.4 SAT-AIS 架構圖

(資料來源：ESA 官方網站)

此外，AIS 資訊的應用上常見的形式為資訊網頁的建置，結合 AIS 資料庫以網頁的形式呈現船舶位置以及相關資訊包括 MMSI、IMO 編號、呼號與船名、船隻大小、船舶類型、座標位置、航速與航向、行駛狀態等，以下列舉三個 AIS 資訊網頁。

1. MarineTraffic

MarineTraffic 為目前發展較為完整的 AIS 資訊系統，支援多個操作平台包括：電腦及智慧型行動裝置，結合航海地圖並提供帳戶、社群管理支援商業用戶，該系統最大特點為納入 SAT-AIS 改善 AIS 資訊系統覆蓋率，如圖 2.5 所示。

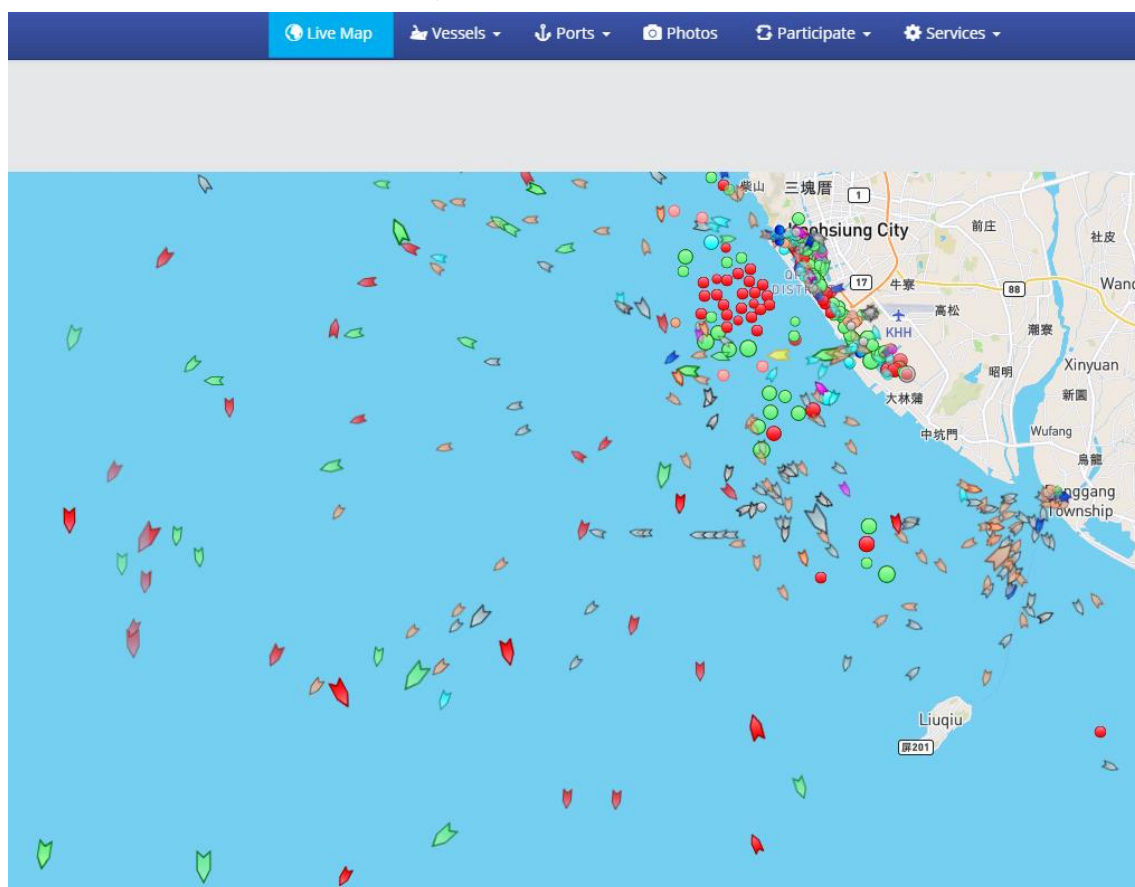


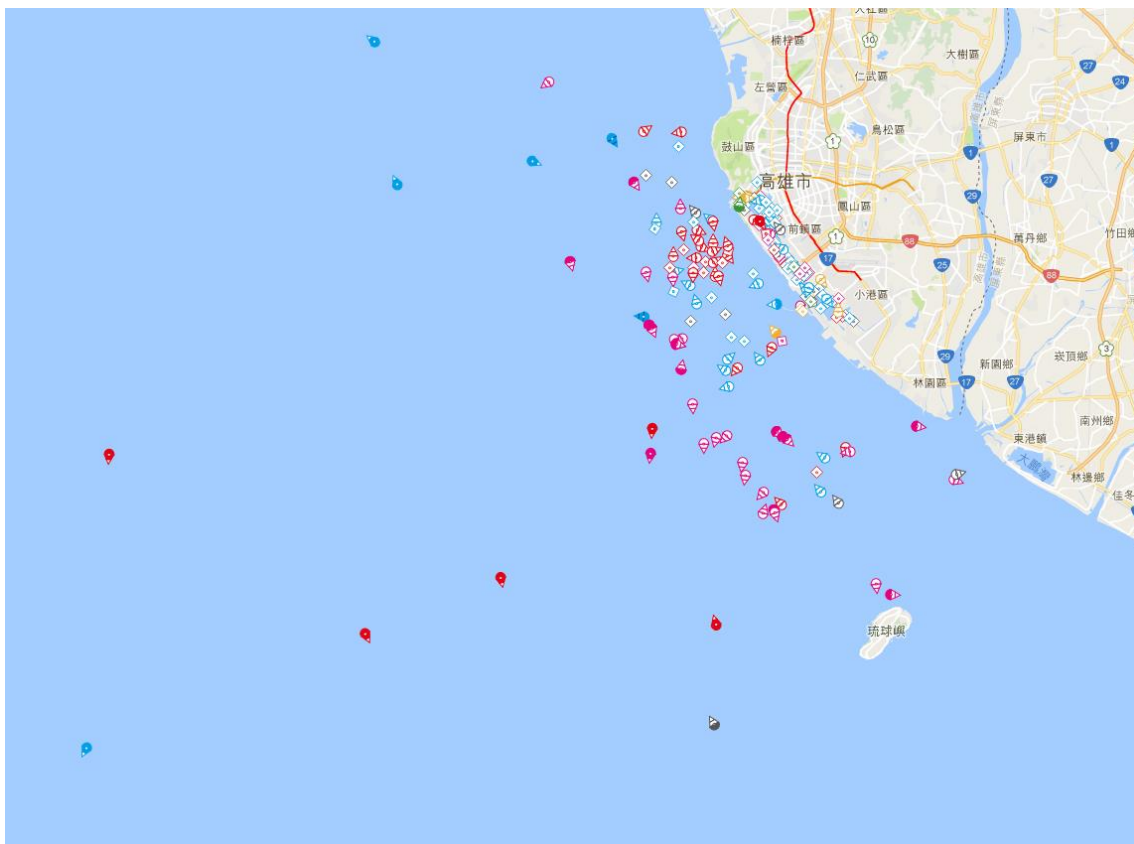
圖 2.5 MarineTraffic 資訊系統

(資料來源：MarineTraffic Web)

2. 臺灣海域船舶動態資訊系統

臺灣海域船舶動態資訊系統為我國本中心所建置，整合 24 處 AIS 接收站所蒐集的船舶動態資料，並提供「船舶動態地理資訊模組」、「船舶統計分析模組」、「港口資訊與接收站統計分析模組」、「港口與船舶相簿管理模組」、「網頁討論區模組」及「權限控管模組」等六大模組供操作使用，如圖 2.6 所示。

圖 2.6 臺灣海域船舶動態資訊系統



3. Vessel Finder

Vessel Finder Ltd.在 2011 年成立，提供船舶追蹤服務和 AIS 相關服務，利用世界各地 AIS 基站台的大型網絡擴大服務的範圍，目前也支援多個操作平台，如圖 2.7 所示。

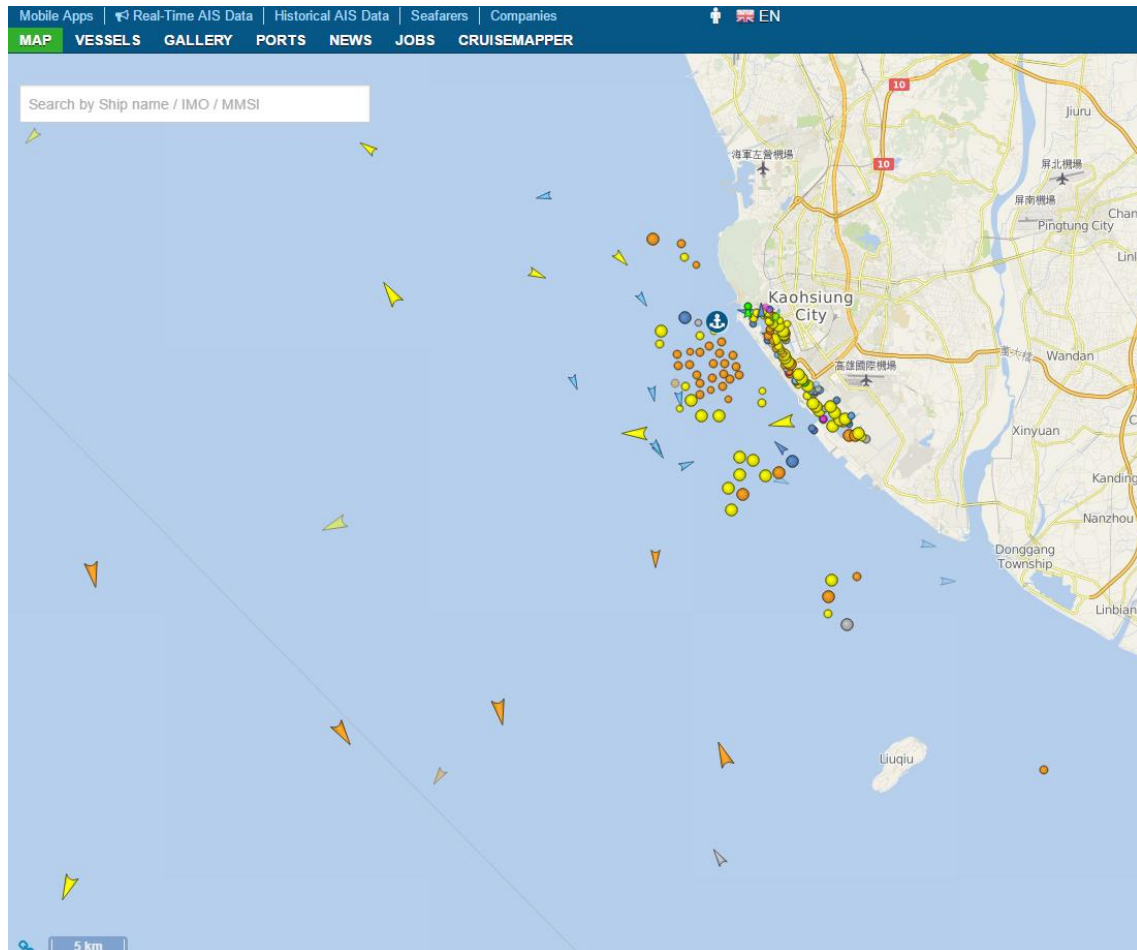


圖 2.7 Vessel Finder 資訊系統

(資料來源：Vessel Finder Web)

前述資訊平台內容為同一時間所顯示，比較各個 AIS 資訊平台，不難發現 MarineTraffic 因為將 SAT-AIS 納入系統中提升了 AIS 資訊覆蓋範圍，因此在離岸較遠的海面上所顯示的船舶動態相對較為完整，然本研究中以兩個層面探討探討改善 AIS 通訊效能之方法，發揮 AIS 訊號最佳接收效益予以提升 AIS 系統資訊覆蓋區域。

第三章 AIS 接收端天線之效能改善設計

於前章節相關之探討，得知 AIS 資訊覆蓋範圍存在相對薄弱或需要進行改善的地方，因此本章節以天線設計概念為討論重點，在 AIS 基站天線設計過程中加以強化、改善 AIS 訊號接收效能。進行 AIS 接收端天線初步設計時將以天線特性為主要考量，探討影響天線性能之參數並在設計過程中做調整。

3.1 天線設計理論

在理論推導的部分，由於使 AIS 資訊在有效傳輸範圍內達到最良好的接收效益為本研究主要目的之一，因此需要從電磁學概念和接收效率之理論公式作為起始，推導作用於接收效率的相關參數與條件，並加入各種環境因素及相關機制，並結合大量天線設計理論以找出最佳方案，包括採用何種天線型式、天線結構大小以及各項參數特性，皆須在研究過程中重新推導及分析理論公式，更進一步規劃出 AIS 接收端天線雛型架構。

3.1.1 天線特性參數

天線隨著通訊技術快速發展而顯現其重要性，在天線設計過程中影響天線效能或特性的參數有很多，必須在設計過程中依照需求對天線結構尺寸或傳輸特性等變數做對應調整來改善天線效能，以下分別介紹：

1. 天線諧振頻率(Antenna Resonant Frequency)

高頻交流電流或稱射頻電流流動於導體之中，會在導體的周

圍激發出電磁波並且向外輻射進而形成天線的功能，而依照電路的概念來看，當電路處於諧振狀態下時，電路中的電流最大，因此，天線振子在某一頻率處於諧振狀態時電流與輻射最強，該頻率稱為諧振頻率或中心頻率。

2. 波長(Wavelength)

波長普遍使用希臘字母 λ 來表示，在進行天線設計時會依照天線中心頻率來計算波長，該定義為：

$$\lambda = c / f \quad (3-1)$$

其中 c 亦即光速約為 3×10^8 m/s， f 則為天線之中心頻率，波長在不同的天線型式下對天線結構或尺寸產生影響，由傳輸線理論可知，當導體長度為 $1/4$ 波長的整數倍時，該導體呈諧振特性，故通常天線振子採用 $1/4$ 波長或者 $1/2$ 波長的長度單位。

3. 饋入(Feed)

饋入即為功率被耦合至天線振子的方式，可分為直接饋入與間接饋入，在大型天線的設計上一般採用直接饋入方式以同軸電纜線連接訊號來源和天線，天線的基本特性與饋入點的位置有極大的關係。

4. 阻抗(Impedance)

把天線等效成一個諧振迴路來檢視，一定含有一個迴路的阻抗值，在天線設計時應盡量與饋線阻抗達成匹配來避免電波能量的反射，而常見的饋線阻抗值主要分為 50、75 及 300 歐姆三種。而在天線設計過程中，阻抗一般使用史密斯圖如圖 3.1 所示來作表示，史密斯圖為電壓反射係數(Γ)的極座標圖，若以座標表示

反射係數 $\Gamma = |\Gamma|e^{j\theta}$ ，其大小 $|\Gamma|$ 即為 Γ 點至圓心的距離，相位角 θ 則是以圓心右側的橫軸為零度，逆時針計算到 Γ 點的角度，因此任何反射係數均可在史密斯圖上找到對應點。

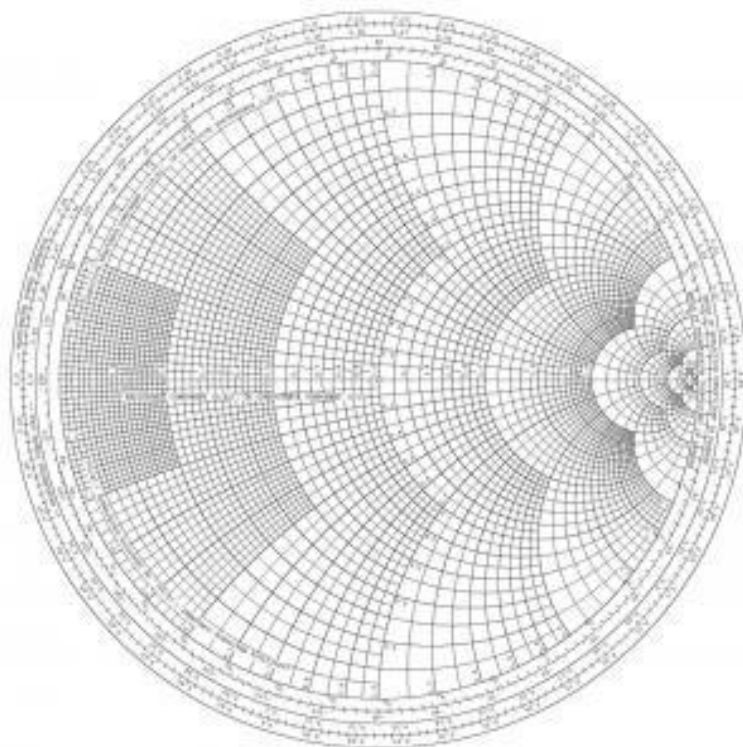


圖 3.1 史密斯圖

5. 反射係數(Reflection Coefficient)

反射係數為電波能量因不同傳輸介質的阻抗值不連續時所產生的反射參數，參數定義為：

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_{in}} \quad (3-2)$$

亦即反射電壓(V_r)相對於入射電壓(V_{in})的比值，此外在設計天線時也可以將反射係數公式以天線/反射阻抗(Z_L)與饋線/電源阻抗(Z_S)的方式呈現，如下所示：

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_S}{Z_L + Z_S} \quad (3-3)$$

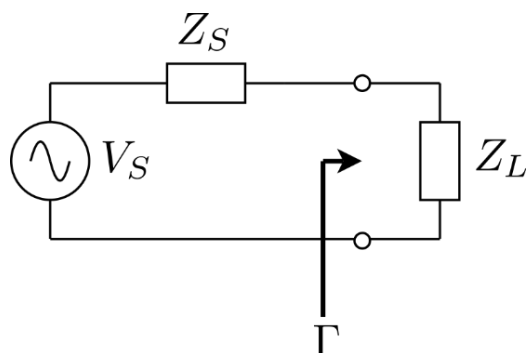


圖 3.2 反射係數

6. 電壓駐波比(Voltage Standing Wave Ratio, VSWR)

電壓駐波比為阻抗不匹配時所產生的電波能量反射，而在饋線上形成駐波，駐波的電壓峰值與電壓谷值之比即為電壓駐波比。如圖 3.3 所示，用來衡量元件之間的匹配，理想之 VSWR 值為 1 代表達到完美的阻抗匹配，此值與反射係數的關係為：

$$\text{VSWR} = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (3-4)$$

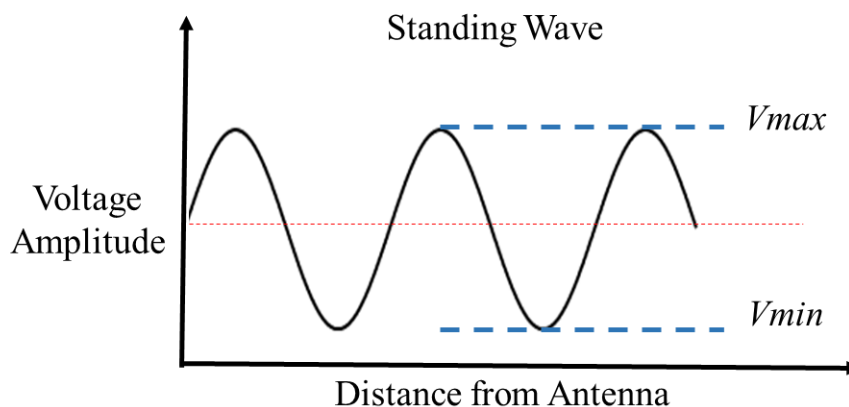


圖 3.3 電壓駐波

7. 反射損失(Return Loss)

如前所述，電波能量因不同傳輸介質的阻抗值不連續時產生反射，其反射能量即為反饋損失，並以分貝為單位，參數定義為：

$$\text{Return Loss} = 10\log \left| \frac{P_{in}}{P_r} \right| = 10\log \left| \frac{V_r}{V_{in}} \right|^2 = 20\log |\Gamma| \quad (3-5)$$

反射係數、電壓駐波比、反射損失與匹配效率之間的關係如表 3.1 所示：

表 3.1 Return Loss 關係表

VSWR (:1)	Return Loss (dB)	Reflection Coefficient	Match Efficiency (%)
1.011	45	0.006	100.00
1.020	40	0.010	99.99
1.036	35	0.018	99.97
1.065	30	0.032	99.90
1.074	29	0.035	99.87
1.08	28	0.040	99.84
1.09	27	0.045	99.80
1.11	26	0.050	99.75
1.12	25	0.056	99.68
1.13	24	0.063	99.60
1.15	23	0.071	99.50
1.17	22	0.079	99.37
1.20	21	0.089	99.21
1.22	20	0.100	99.00
1.25	19	0.112	98.74
1.29	18	0.126	98.42
1.33	17	0.141	98.00
1.38	16	0.158	97.49
1.43	15	0.178	96.84
1.50	14	0.200	96.02
1.58	13	0.224	94.99
1.67	12	0.251	93.69

1.78	11	0.282	92.06
1.92	10	0.316	90.00
2.10	9	0.355	87.41
2.32	8	0.398	84.15
2.61	7	0.447	80.05
3.01	6	0.501	74.88
3.57	5	0.562	68.38
4.42	4	0.631	60.19
5.85	3	0.708	49.88

8. 頻寬(Bandwidth)

天線之頻寬為天線操作之頻率範圍，通常以中心頻率往高頻及低頻拓展，而判斷有效工作範圍之依據即為反饋損失或反射係數，如圖 3.4 所示深色範圍為該天線之頻寬。

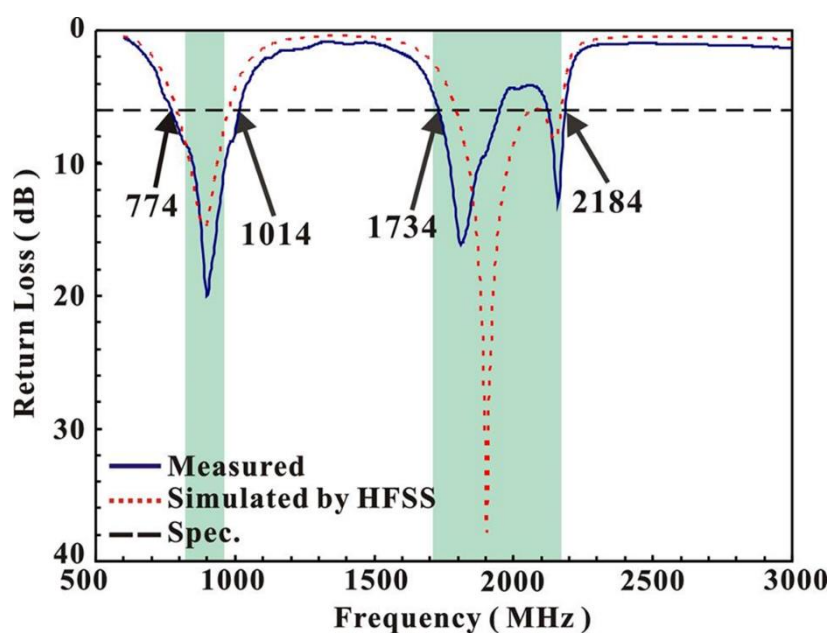


圖 3.4 頻寬示意圖

9. 增益(Gain)

在天線設計中，增益指的是天線最強輻射方向強度的比對數

據，可視為無源現象且並不會增加功率而是分配輻射能量形成指向性特徵，藉由集中波束寬度來獲得放大信號的功效，以 dBi 作為量測單位，然而方向增益則以(3-6)式表示為輻射強度之比值，其中 Ω 為天線波束立體角， $F(\theta, \psi)$ 為正規化場型。

$$D(\theta, \psi) = \frac{U(\theta, \psi)}{U_{av}} = \frac{4\pi}{\Omega} |F(\theta, \psi)|^2 \quad (3-6)$$

10. 天線效率(Antenna Efficiency)

天線的效率 η_e 描述供電源與天線輻射功率的關係，一個高效率的天線能將大部分功率進行輻射，而輻射效率 (Radiation Efficiency) η_r 為輻射功率 (P_r) 及輸入功率 (P_{in}) 之比值：

$$\eta_r = \frac{P_r}{P_{in}} \quad (3-7)$$

而天線效率為考量輻射效率與匹配時阻抗損失而形成之總效率，因此近一步推導出公式如下：

$$\eta_e = \eta_r(1-|\Gamma|^2) \quad (3-8)$$

11. 輻射場型(Radiation Pattern)

天線輻射場型即為天線向三維空間發射或接收相對磁場強度所描繪出的圖形，在 2D 場型的描繪中會以 E-plane、H-plane 即為電磁波行進方向與電場/磁場所形成之平面的方式作呈現，如圖 3.5 所示，而 3D 場型之描繪如圖 3.6 所示：

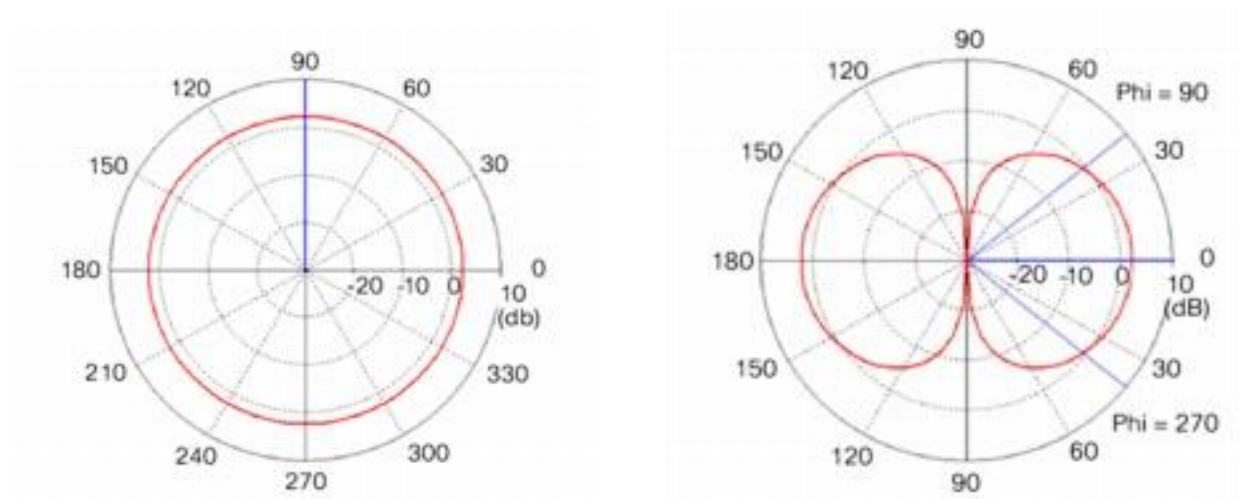


圖 3.5 2D 場型圖

(資料來源：Cisco Data Sheets and Literature)

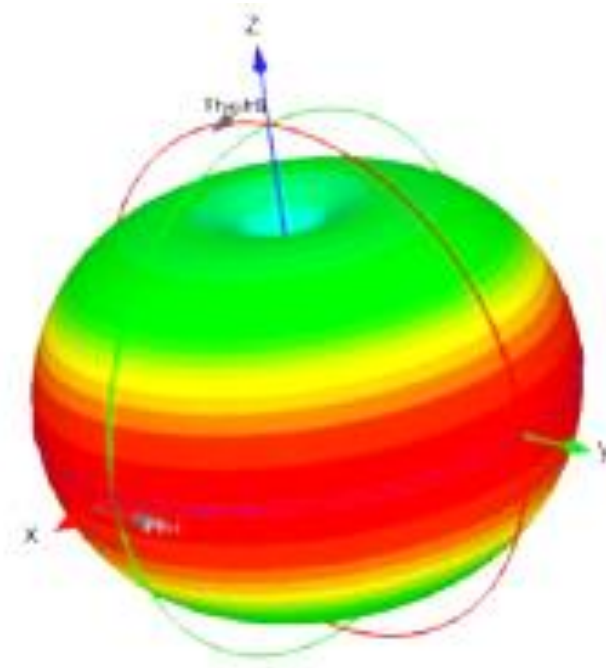


圖 3.6 3D 場型圖

(資料來源：Cisco Data Sheets and Literature)

12. 極化(Polarization)

射頻電波是由電場與磁場組成，而電場與磁場在平面上互相垂直，能量在兩場之間來回運動形成電磁場，又可區分為線性極化(Linear Polarization)與橢圓極化(Elliptical Polarization)。線性極化是天線以水平或垂直位置所呈現的實體方位，當電場方向與天

線振子互相平行時，若電場強度方向平行於地面則形成水平極化，若電場強度方向與地面垂直則會產生垂直極化，由於電波的特性，決定了水平極化波在傳遞訊號的過程中會與大地表面產生極化電流，極化電流因受大地阻抗影響而使電場訊號迅速衰減，而垂直極化方式則不易產生極化電流，從而避免了能量的衰減進而達到有效傳播。橢圓極化電場方向強度隨時間變動而旋轉，依電場傳播方向看去，若電場強度方向順時針旋轉即為右旋極化，若電場強度方向逆時針旋轉則稱為左旋極化。在描述極化特性時會利用軸比(Axial Ratio, AR)來表示，電場形成橢圓軌跡的長軸長度(E_θ)和短軸長度(E_ϕ)之比為 r ，以分貝表示軸比：

$$r = \frac{E_\theta}{E_\phi} \quad (3-9)$$

$$AR = 20\log(r) \quad (3-10)$$

當 $r=1$ 或 $AR=0\text{dB}$ 時為圓極化(Circular Polarization)，當 $r=AR=\infty$ 時為線性極化，以上敘述為理論值，在實際天線設計規範中一般會將軸比小於 3dB 者歸類為圓極化天線。此外，若天線未依正確方向裝設排列，天線就不會依照相同方式極化，因而造成彼此間無法有效的通訊，排列角度若相差 45 度功率則減半，若是相差 90 度功率約是原本功率的百分之一，故在進行天線設計時需要考量射頻電波必須保持相同的極化方向。

13. 半功率波束寬(Half Power Beam Width, HPBW)

波束寬度為天線所發射出去的電波所涵蓋的角度範圍，以大地表面為基礎可以區分為水平波束寬度（Horizontal Beamwidth）和垂直波束寬度（Vertical Beamwidth），如圖 3.7 所示。

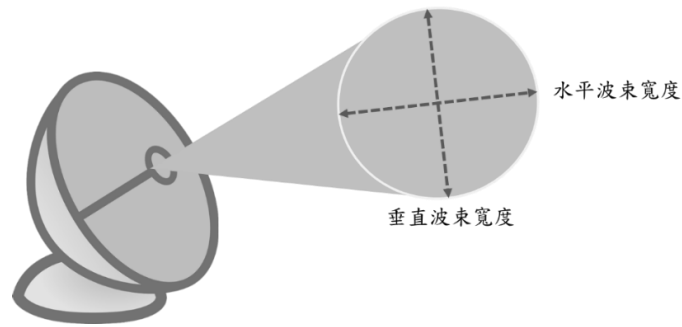


圖 3.7 輻射波束圖

為了更有效描述電波能量分佈情形，一般天線都會以半功率波束寬亦即輻射功率為 3dB 時所形成夾角的波束寬度作為標示規格，其中最高輻射功率所形成的波束為主波束(Main Lobe)，而輻射功率相對較小的波束為副波束或旁波束(Side Lobe)，如圖 3.8 所示。

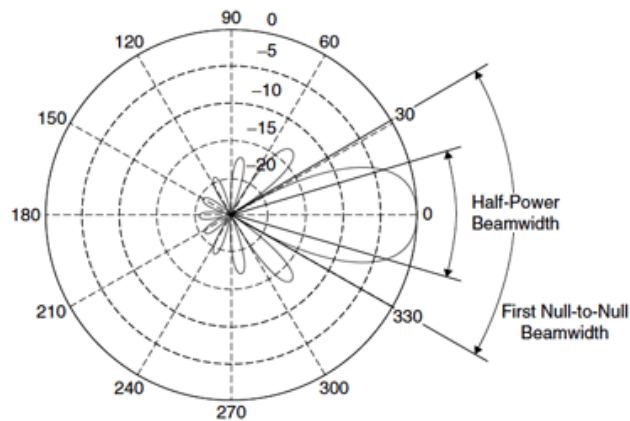


圖 3.8 半功率波束寬

(資料來源：The Radio Link--A tutorial)

當天線發射的波束越窄且越集中時，天線呈現指向性

(Directional)輻射，此時天線的增益將會增加，且能夠提升輻射方向的有效傳輸距離，因此增益與波束寬度呈現反比關係。

3.1.2 天線型式

在天線設計過程中，採用不同的天線型式如圖 3.9 所示，會因其物理特性對天線參數產生影響，進而形成不同的天線特性，其中又與天線幾何形狀有密切關係，以下分別介紹：

1. 線形天線

線形天線為最簡易之天線，運用在低頻 UF 到 UHF 頻段，最常見的形式即為雙極，其增益較低、饋入方法簡單、製作流程較為容易。

2. 孔徑天線

孔徑天線通常為波導管向外展開的開口或稱號角，其開口截面積比波導管的截面積大，其他像波導管周邊或接地面上的溝槽也算孔徑天線，常被使用在微波頻段，其增益適中。

3. 印刷電路天線

印刷電路天線將金屬線直接印刷在微帶線或類似的結構上，完全與平面微波積體電路相容，常被使用在微波頻段，其增益值偏低。

4. 反射型天線

利用大型的金屬面為反射面，以小型天線在其焦點處饋入訊號，操作於微波頻段增益值高，相對於波長的關係天線尺寸較大。

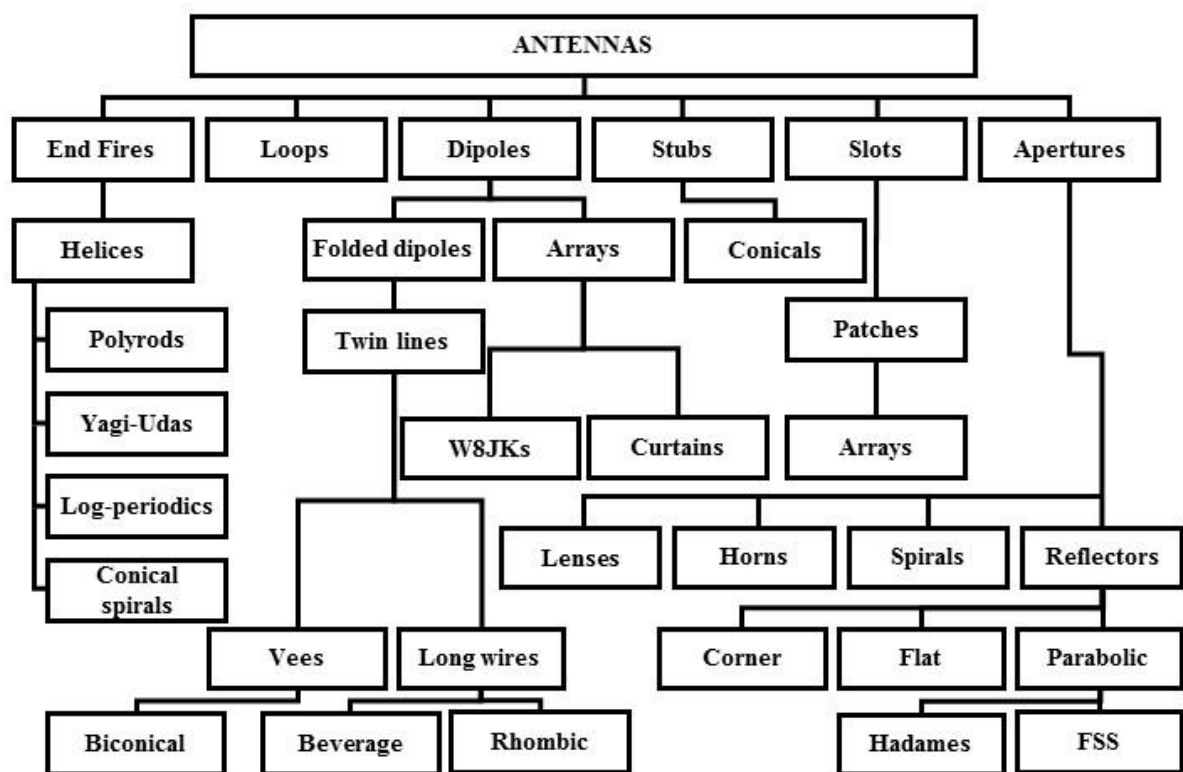


圖 3.9 天線型式

(參考資料：Cheng-Hsing Hsu，天線工程導論)

若以幾何結構來區分天線型式，則可分為下列幾種類型：

(1) 雙極天線(Dipole Antenna)

在無線電通訊中，雙極和單極天線為型式最簡易但也最為廣泛使用的天線種類，雙極天線通常由左右對稱的兩個相同元件所組成，並在兩元件中間施加驅動電流，而最常見的形式為半波雙極天線，其中兩個元件各占有四分之一波長如圖 3.10 所示，其方向增益約為 2dBi，輻射阻抗約為 73.1 歐姆，輻射場型為全向性。

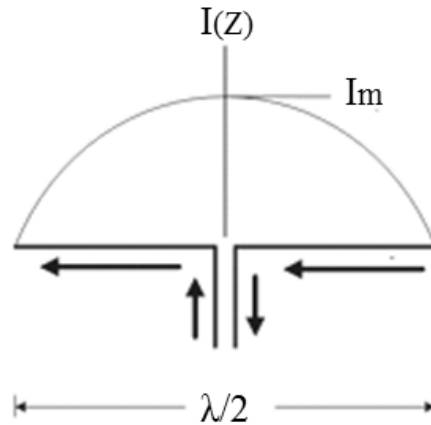


圖 3.10 半波雙極天線電流分佈

(2) 單極天線(Monopole Antenna)

單極天線與雙極天線十分相似，結構上可看成雙極天線的一半，通常垂直安裝在接地平面，因為鏡像(Image)效應的關係產生了一個對應電流，其電流分佈與雙極天線是相同的如圖 3.11 所示，虛線部分為鏡像電流，所以最常見或基本的形式是四分之一波長單極天線。而單極天線因為一邊接地的關係，輻射阻抗為雙極天線的一半，增益為雙極天線的兩倍 (3dBi)，阻抗約為 36 歐姆，輻射場型為全向性。

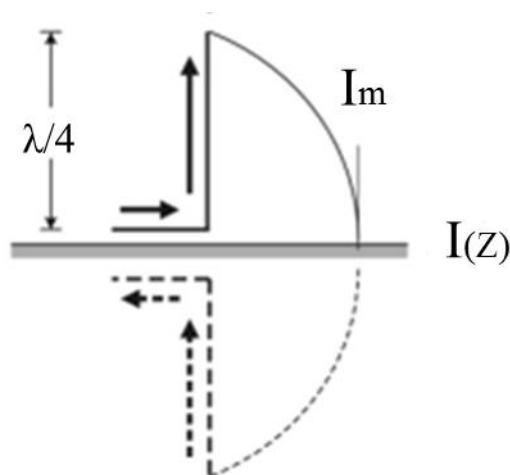


圖 3.11 四分之一波長單極天線電流分佈

(3) 陣列天線(Array Antenna)

將多個天線單元陣列並排起來即為陣列天線，該型式具有高增益、高指向性的特性，最常見的為八木宇田天線(Yagi-Uda Antenna)如圖 3.12 所示。八木宇田天線通常採用半波雙極天線進行陣列並排，只將訊號饋入其中的一根天線形成激勵器(Driven Element)，並利用長度及電流相位產生、反射器(Reflector)及導波器(Director)藉以提高指向性及增益，理論上當這三個元件的間隔各為四分之一波長時，最能相互耦合，而增益值一邊會大於 6dB 且具備高指向性、低成本、構造簡單的特性，因此八木宇田天線被廣泛使用在 HF、VHF 和 UHF



頻帶上進行長距離短波通信。

圖 3.12 八木宇田天線

(資料來源：Yagi-Uda antenna – Wikipedia)

激勵器、反射器與導波器對輻射場型之影響如下所示：

1. 激勵器與反射器等長所形成之輻射場型

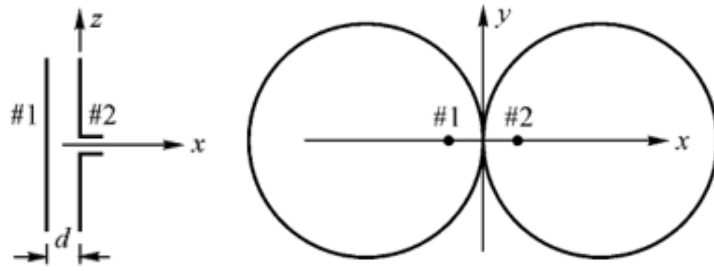


圖 3.13 激勵器與反射器等長所形成之輻射場型

2. 反射器與激勵器所形成之輻射場型

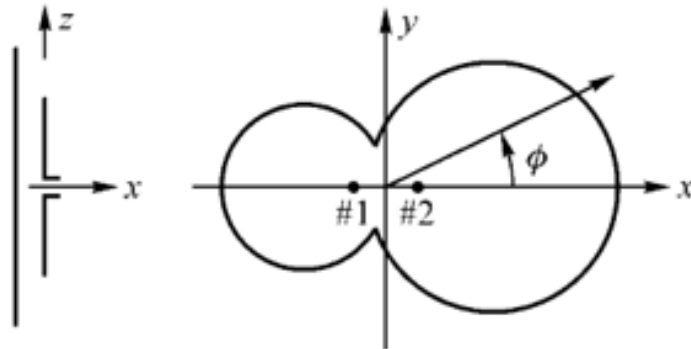


圖 3.14 反射器與激勵器所形成之輻射場型

3. 導波器與激勵器所形成之輻射場型

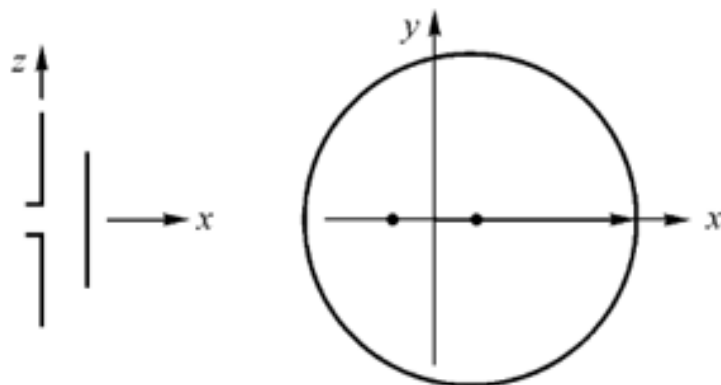


圖 3.15 導波器與激勵器所形成之輻射場型

4. 三元件之八木宇田天線所形成之輻射場型

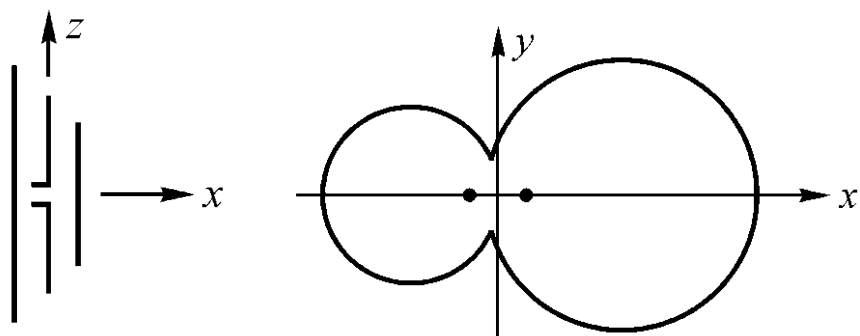


圖 3.16 三元件之八木宇田天線所形成之輻射場型

5. 八木宇田天線增益與元件數之關係

當八木宇田天線元件數大於三個時，其動作原理為結合反射器及導波器，利用前方導波器數量之增加，提高天線增益進而造成更為顯著的指向性輻射，而增益與元件數之關係如圖 3.17 所示，可以看出導波器的數目大於 5 個時對增益的影響有限。

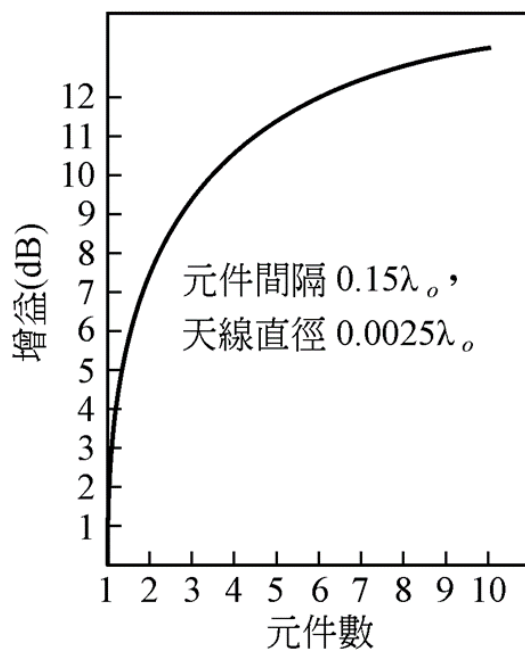


圖 3.17 八木宇田天線增益與元件數之關係

3.2 AIS 接收端天線設計流程

弗林斯(Friis)傳輸公式推導，假定兩天線在自由空間中存在一段距離(R)，其中發射端天線為(Tx)而接收端天線為(Rx)，如圖 3.18 所示：

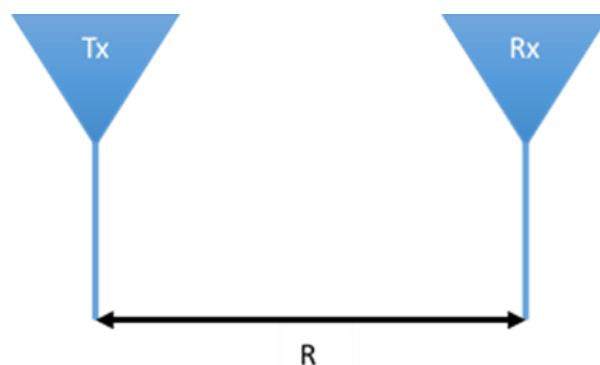


圖 3.18 天線傳輸示意圖

假定總功率(P_T)被傳輸到發射端天線，該天線為全向性(Omnidirectional)且無損失的，而接收端天線位在發射天線遠場中，此時由發射端天線入射至接收端天線之平面波功率密度(p)可表示為：

$$p = \frac{P_T}{4\pi R^2} \quad (3-10)$$

如果發射端天線在接收端天線之方向具有天線增益(G_t)，則(3-10)式可改寫為：

$$p = \frac{P_T}{4\pi R^2} G_t \quad (3-11)$$

假設接收端天線有效孔徑為(A_{ER})，此時接收端所接收之功率(P_R)為：

$$P_R = \frac{P_T}{4\pi R^2} G_t A_{ER} \quad (3-12)$$

又因為任何天線之有效孔徑(A_e)可被表示為：

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G \quad (3-13)$$

將(3-4)式帶入(3-3)式後可得接收功率：

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2} \quad (3-14)$$

由(3-5)式可以得知接收功率與自由空間中路徑損耗(Path Loss)、天線增益和波長以及發射功率相關。然而總功率(P_T)以及發射端天線增益(G_T)皆視海上船舶所搭載之 AIS 設備而定；波長(λ)受 AIS 技術規範頻率範圍落在 161.975 及 162.025 MHz 之間，故波長約為 1.8 公尺；發射端天線與接收端天線距離(R)取決於船舶航行距離，故對 AIS 基站而言上述皆為不可控之因素，因此改善 AIS 訊號接收效率唯一可調整的變動因素即為 AIS 基站接收端天線增益(G_T)，故本小節將重點放在天線設計理論之推導，探討天線型式及架構等因素對天線特性參數的影響，並以提高 AIS 接收端天線之增益和指向性為目的著手設計 AIS 接收端天線之雛型架構，進而增加天線利用率，使得 AIS 資訊在有效傳輸範圍內達到最佳的接收效能。

本中心現階段所使用之天線如圖 3.19 所示，為一般無線電通訊中最為廣泛使用之雙極天線(Dipole Antenna)，雙極天線通常由左右對稱的兩個相同元件所組成，並在兩元件中間施加驅動電流，而最常見的形式為半波雙極天線，其中兩個元件各占有四分之一波長如圖 3.3 所示，其輻射場型(Radiation Pattern)為全向性且方向增益(Gain)約為 3dB。



圖 3.19 本中心現階段所使用之雙極天線

由弗林斯傳輸公式得知 AIS 基站接收端天線增益(G_T)為本研究改善之重點，意即本研究將朝具有高方向增益(Gain)之天線型式進行設計，然而據前章節所述八木宇田天線符合上述特點最適合作為本研究 AIS 接收端天線使用，故本研究將以八木宇田天線之型式進行設計。

於 AIS 接收端天線設計過程中將採用 Ansoft 公司推出的高頻結構模擬器(High Frequency Structural Simulator, HFSS)進行 AIS 基站天線設計。HFSS 為業界公認標準高頻被動元件的三維電磁場設計和分析的模擬軟體，目前被廣泛應用在無線與有線通信等領域，提供多種基於有限元素分析(Finite Element Method, FEM)、矩量法(Method of Moments, MoM)、積分方程和高級混合方法等技術以求解任意的三維結構電磁場，應用範圍可從直流至光波頻段，並包含了高頻設計的所有環節，無須完全掌握電磁知識及反覆的網格設定，就能快速求解精準的模擬數據，例如:S 參數、電壓駐波比、史密斯圖、2D 及 3D 遠場的輻射場型圖、電流密度分布圖、增益、方向性等，因此 HFSS 被廣泛地應用於天線、導波管、傳輸線，而 HFSS 具備下述特點：

1. 利用基於有限元素分析法進行 3D 全波頻域電磁場求解，使用者可以提取 SYZ 參數、模擬 3D 電磁場以及生成元件模型來評估訊號品質、傳輸路徑損耗、阻抗匹配、寄生耦合以及遠場輻射。
2. 採用自動自我調整網格剖分技術，使用者可以透過幾何結構、材料屬性的設置得到模擬結果，以簡易且高速的模擬完成分析。
3. 透過瞬態求解器，使用者能夠直接模擬瞬態電磁場行為，並查看多種應用中的磁場或系統回應情況。
4. 使用者能夠自行創建組件並集成使用，省略進行激勵、邊界條件和材料屬性設置的步驟，達到無線通訊系統建模的便利性。

在完成作業環境建置及 HFSS 模擬軟體安裝如圖 3.20 並啟動憑證 (License) 後將進一步敘述設計天線的詳細步驟。



圖 3.20 HFSS 模擬軟體安裝

(資料來源：HFSS 模擬軟體)

依 ITU-R M.1371-5 技術規範定義 AIS channel 1、2 通信頻率落在 161.975 及 162.025 MHz，故取 162MHz 為天線中心頻率進行設計，以(3-1)式計算得出波長(λ)為 1851.8 毫米。然而為縮減天線尺寸，本研究將激勵器由原本雙極天線摺疊(folded)成為環形(loop)之型式，而環形天線具備下列特點：

1. 以暫態分析，環形天線走全波長的電流，其場型與雙極天線一樣接近全向性。
2. 將全波長的電流進行暫態分析，可以得到一個半波長電流由饋入點以順時鐘方向流動，另一半波長則是以逆時鐘方向流動。
3. 利用安培右手定律，可得知環形結構兩電流方向所產生的磁場是相加的。
4. 環形天線場形與雙極天線的場形正交，但如果將環形天線變形成為類似長方形的結構時，將會表現出終端電耦極的特性，如圖 3.21 所示：

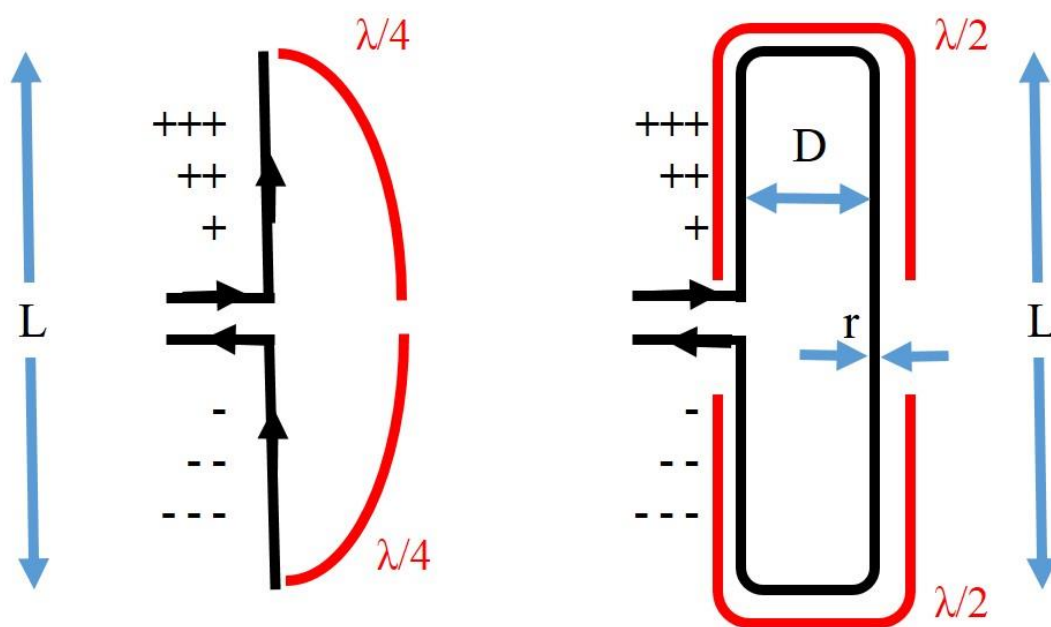


圖 3.21 雙極與環形天線電耦極特性

藉由前一小節對於八木宇田天線相關原理之敘述，即可在 HFSS

上繪製出 AIS 基站天線雛形結構如圖 3.22 所示，其中激勵器 $L=800\text{mm}$ ， $D=50\text{mm}$ 、 $r=5\text{mm}$ 。

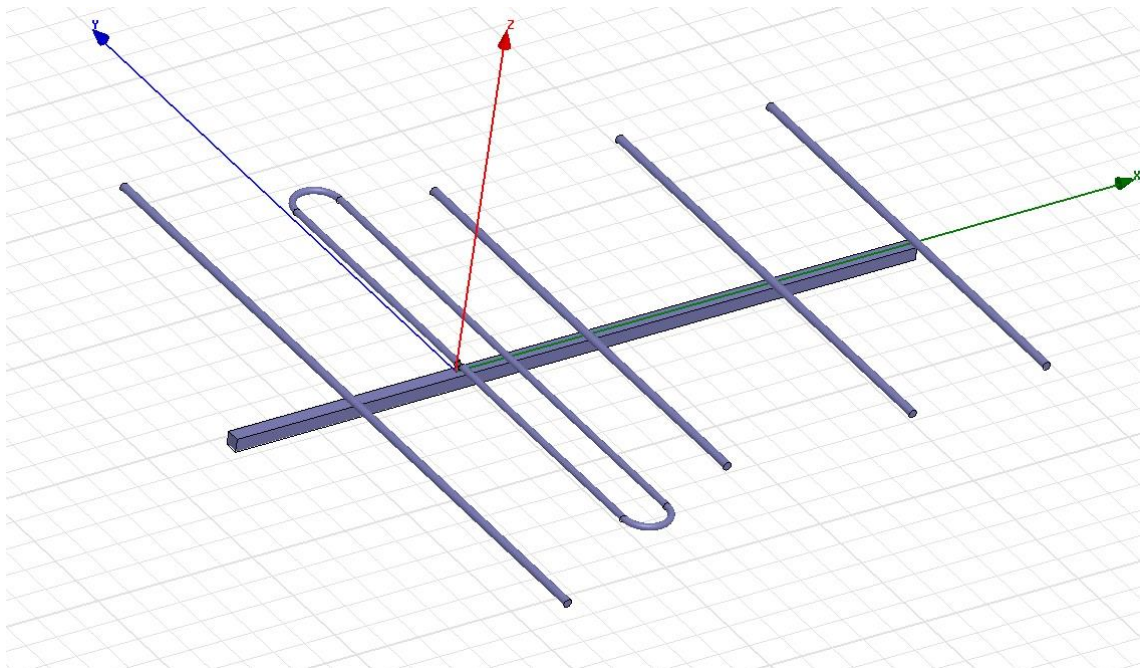


圖 3.22 AIS 基站天線雛形結構

繪製完天線雛型後，即進行結構分析，但分析結果的正確性需要考慮到其他因素，例如物體的幾何形狀，金屬與介電材料的特性還有邊界條件負載等。於本研究中，考量 AIS 基站天線架設於室外且鄰近海岸，須具備防鏽防蝕之特性故在材質上選用鋁作為模擬、實作之材料。而在設定完美匹配層(Perfectly matched layer, PML)的設定步驟上亦作相關參數設定，PML 用於微波方程式中的人造吸收層，PML 會吸收來自計算區域的內部的輸出波，而不將它們反射回內部，通常用於模擬數值分析中以開放邊界截斷計算區域，而 PML 的設置參數如表 3.2 所示，設置結果如圖 3.23 所示，天線饋入如圖 3.24 所示：

表 3.2 PML 尺寸設置參數

PML 尺寸參數	設置方法
PML 長度	$2*(\lambda/4)+\text{天線整體長度}$
PML 寬度	$2*(\lambda/4)+\text{天線整體寬度}$
PML 高度	$2*(\lambda/4)+\text{天線整體高度}$

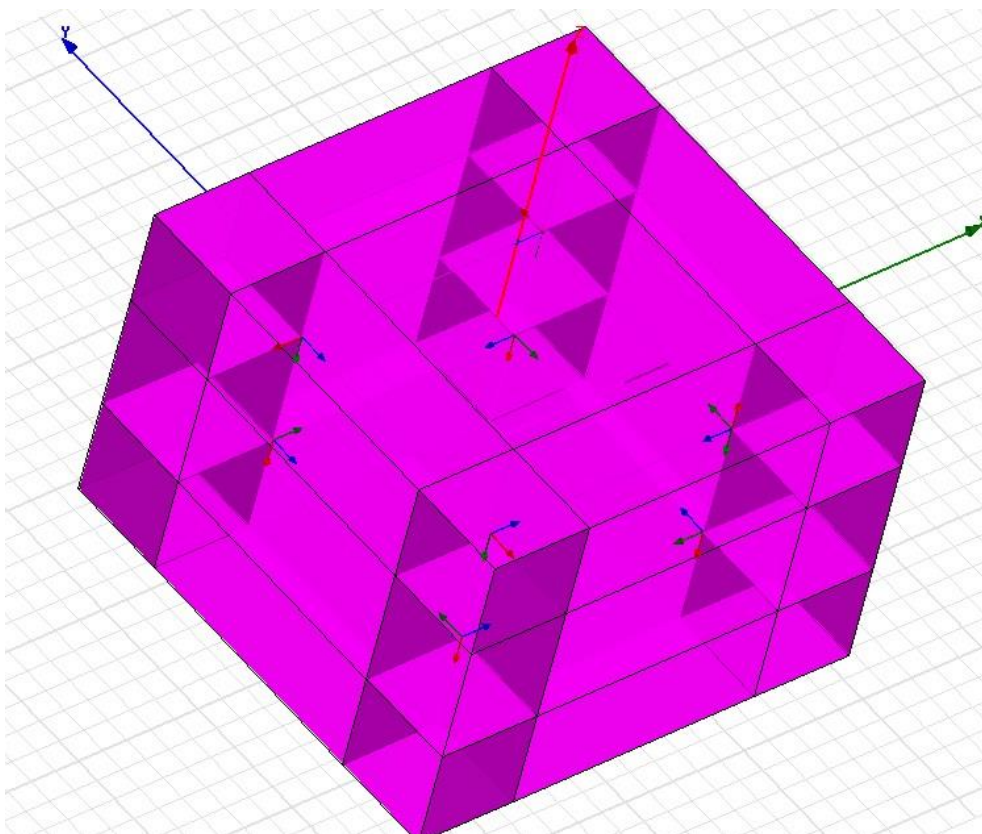


圖 3.23 PML 設置

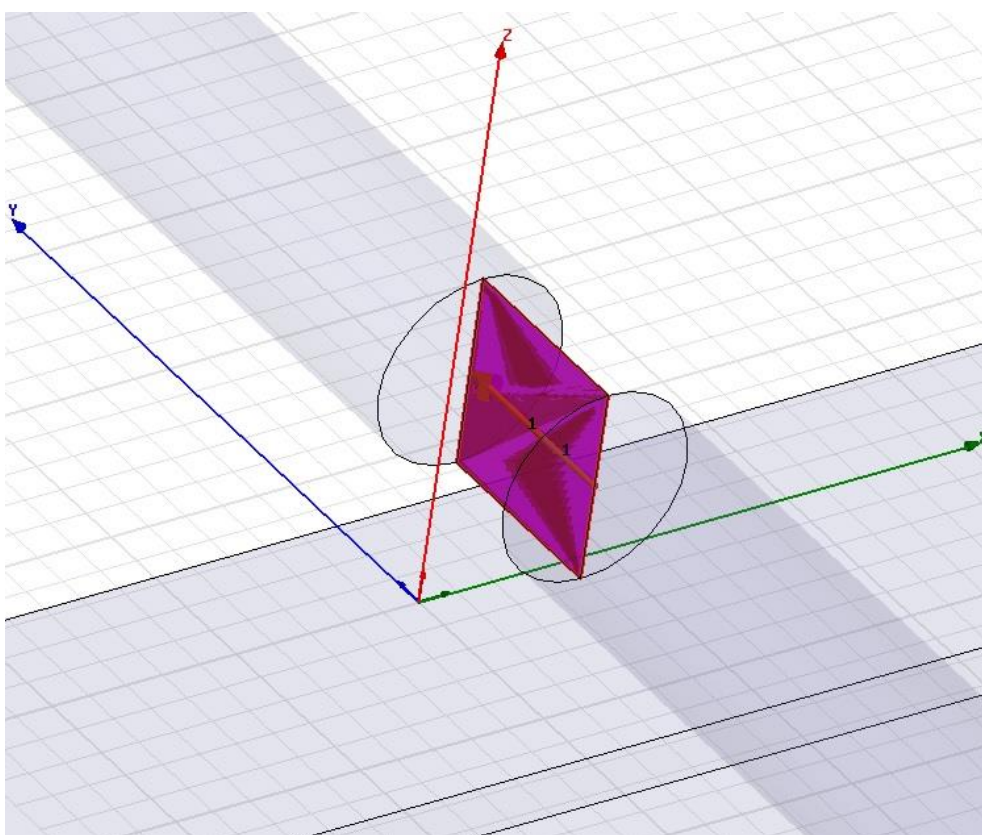


圖 3.24 饋入點設置

接下來設置 Frequency Sweep 即可進行模擬運算並輸出結果。針對激勵器進行探討，將 L 長度透過參數設定，以每 5mm 一個層級遞增所得出的 S 參數如圖 3.25 所示。

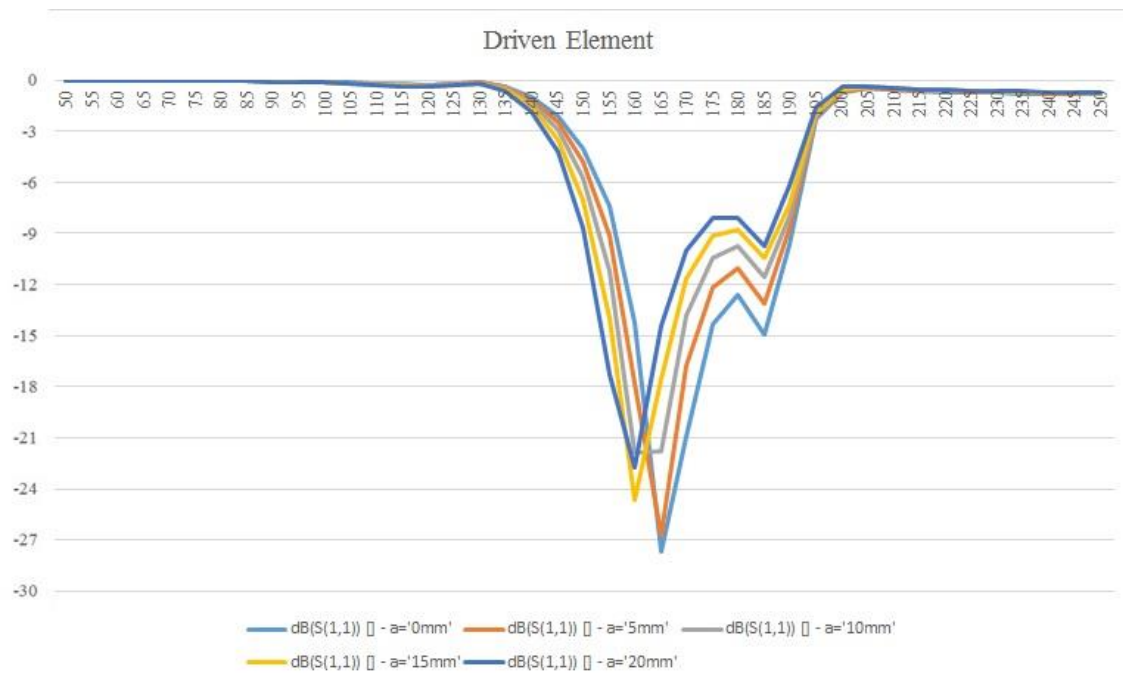


圖 3.25 激勵器 L 長度之 S 參數探討

由圖 3.26 可以看出原本激勵器所激發的中心頻率落在 164MHz 處，當 L 長度增加 5mm 意即激勵器總增加 10mm 時，該中心頻率落在 AIS 通信頻率點上且 Return Loss 趨近於-27dB，因此本研究中激勵器結構定義為 L=810mm，D=500mm，r=5mm。

第四章 AIS 行動中繼傳輸技術研發

自第二章節的資料分析、文獻回顧中可得知 AIS 基站傳輸有效距離僅約 20 至 25 海浬作用範圍屬於沿岸區域，因此存在著無法完全涵蓋我國所轄海域的問題。有鑑於此，本章節提出以 AIS 行動傳輸中繼傳輸技術來提升 AIS 傳輸距離，從而延伸我國所轄海域範圍之 AIS 訊號接收範圍，有效達到管理船舶資訊動態及海上航行環境狀況的監測航行安全管理。

4.1 無線電通訊

無線電通訊技術即為利用無線電波進行信號之傳遞，其原理為運用導體中電流強弱的改變會產生電磁場進而產生無線電波，而當無線電波傳達至訊息接收端引起電流之變化，則能透過解調來提取訊息，進而達到資訊傳遞的目的。

4.1.1 無線電應用於數據通訊

自從無線電波產生開始，人們即運用無線電從事數據通訊，最早期以開關的方式(On/Off)進行編碼而達到通訊效果，而這種編碼技術即為摩斯碼(Morse Code)，該技術運用無線電訊號來傳送，通常被稱做連續波(Continuous Wave, CW)，然而在通訊技術的發展下，訊號放大器及音訊調變技術相繼而出，衍生出類比通訊，例如調幅廣播(Amplitude Modulation, AM)及調頻廣播(Frequency Modulation, FM)。無線通訊發展至今，伴隨著微電腦的應用使無線電收發機的設計、操作產生了革命性的變化，現代化的數據通訊已然不可同日而語，無線電數據通訊之發展與應用原理如下列所介

紹：

摩斯碼是無線電數據通訊的鼻祖，使用最原始的開關動作發射訊號，利用這種方式把由不同長(劃)短(點)訊號組合而成的電碼送出，只依靠一個平穩的不變調的無線電訊號就能進行數據傳輸，並且它能在高雜訊、低訊號的環境中使用，此外它只占用了很窄的頻寬。利用摩斯碼通訊所須的設備很精簡，只需電鍵、收發機及人員操作，甚至供摩斯碼通訊的收發機，亦不像單邊帶通訊等其它模式，需要複雜的技術與價昂的零件，所以至今仍然有自製收發機的愛好者，仍是以摩斯碼通訊收發機為出發點，尤其是所謂低功率愛好者更是如此。

無線傳打字技術發展於摩斯碼之後，為了能自動處理訊息所使用的為 5-bits 鮑多碼(Baudot Code)組合形成 32 個碼，由於原先的 32 個碼不敷使用故從當中挪出二個碼做為控制碼，使原來的 32 個碼擴充至 60 個碼。RTTY 很接近 CW 通訊都屬於非同步型，採用鮑率為 45 Baud 或 75 Baud，由於沒有偵錯及除錯功能，所以選擇好的通訊條件是很重要的，如果 RTTY 受到衰落現象影響，則會完全接收不到 RTTY 內容。

AMTOR 是由發展為船台與岸台聯絡的商用無線電傳打字系統，移植過來做為業餘無線電數據通訊使用，其特性為 CCI R476-4 及 CCI R625 中定義，與 RTTY 一樣，高頻的 AMTOR 依然採用單純的 170 Hz 頻率偏移調變，鮑率為 100 Baud。AMTOR 是採同步訊號傳送，其編碼方式可以說是鮑多碼加上偵錯原理，而鮑多碼和 AMTOR 碼如下表所示。

表 4.1 鮑多碼與 AMTOR 碼

鮑多碼	11000	10111	01110	10010	10000
代表文字	A	B	C	D	E
代表圖型	-	?	:		3
AMTOR 碼	1110001	0100111	1011100	1100101	0110101

10110	01011	00101	01100	11010	11110
F	G	H	I	J	K
			8	BELL	(
1101100	1010110	001011	1011001	1110100	0111100

01001	00111	00110	00011	01101	11101
L	M	N	O	P	Q
)	.	,	9	0	1
1010011	1001110	1001101	1000111	1011010	0111010

01010	10100	00001	11100	01111	11001
R	S	T	U	V	W
4	'	5	7	=	2
1010101	1101001	0010111	0111001	0011110	1110010

10111	10101	10001	00010	01000	11111
X	Y	Z	CARRIAGE RETURN	LINE FEED	LETTERS
1	6	+			
0101110	1001010	1100011	0001111	0011011	0101101

11011	00100	00000			
FIGURES	SPACE	NIL	RQ	BETE	ALPHA
0110110	0011101	0101011	0110011	1100110	1111000

CONTROL 1	CONTROL 2	CONTROL 3
1010011	0101011	1001101

封包通訊的發展為無線電數據通訊帶來一次大革新，封包通訊是以一串脈衝方式傳送資料封包(Data Packet)，採用了 ASCII 碼，整個資料包都包含有呼號辨識，所以這種傳送方式容許資料經過其它中繼站傳送，然而每個資料封包最後面都含有一個循環冗餘校驗(Cyclic Redundancy Check, CRC)檢查碼，接收端取得資料封包之後，會根據接收到的資料計算出 CRC 檢查碼，並與資料封包內的 CRC 檢查碼進行核對，如果兩者不一致表示資料有誤。

因為封包通訊應用了載波偵測多重擷取(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)技術，也就是每次傳輸之前必定先傾聽，如果通道上有封包通訊訊號在，就會暫緩傳輸動作，直到通道空閒下來。因此封包模式允許在同一頻率上有多組的封包通訊存在。在甚高頻(Very High Frequency, VHF)的數據通訊中廣泛地採用資料封包方式進行，原 BELL 202 之標準極高頻封包通訊採用 1200 Baud 的傳送速度，漸漸發展為極高頻或超高頻中採用 2400 Baud 傳速及相位平移鍵控(Phase Shift Keying, PSK)調變的技術進行封包通訊，而數位訊號處理(Digital Signal Process, DSP)技術的成熟及無線電持續發展致使現今 VHF 傳送速度皆已提升至 9600 Baud 以上。

NXDN™是 Icom Incorporated 與 JVC KENWOOD Corporation 聯合技術聯盟的成果，主要目標是提供一個低複雜度的數字雙向無線電協議，在最初提議的 2005 年最後期限內滿足美國聯邦通信委員會(Federal Communications Commission, FCC)重新建置窄頻(Narrowband)的要求，即在 12.5 kHz 頻譜已經滿載的狀況下，要求所有 VHF 和 UHF 頻段的陸地移動無線電在 2005 年 1 月 1 日之前轉換為窄頻能力，同時能夠以 6.25 kHz 或等效頻寬提供語音或數

據傳輸，是一個面向未來的協議。多年來，人們認為實現 6.25 kHz 頻寬並同時保持可接受的通信質量是一個巨大的技術挑戰。然而，對聲音編碼技術和數據無線通信的其他技術研究逐漸發展成熟，讓這個頻寬上的通信化為可能，NXDN™通訊協定即應運而成，該通訊技術採用 6.25 / 12.5KHz FDMA 技術的窄頻協議，提供了無線電行業一個明確的標準，使得數據無線電產品的開發能夠延續，而不會使某些競爭性數據傳輸技術過度增值。圖 4.1 及表 4.2 為 NXDN™通訊協定的基本規格介紹。

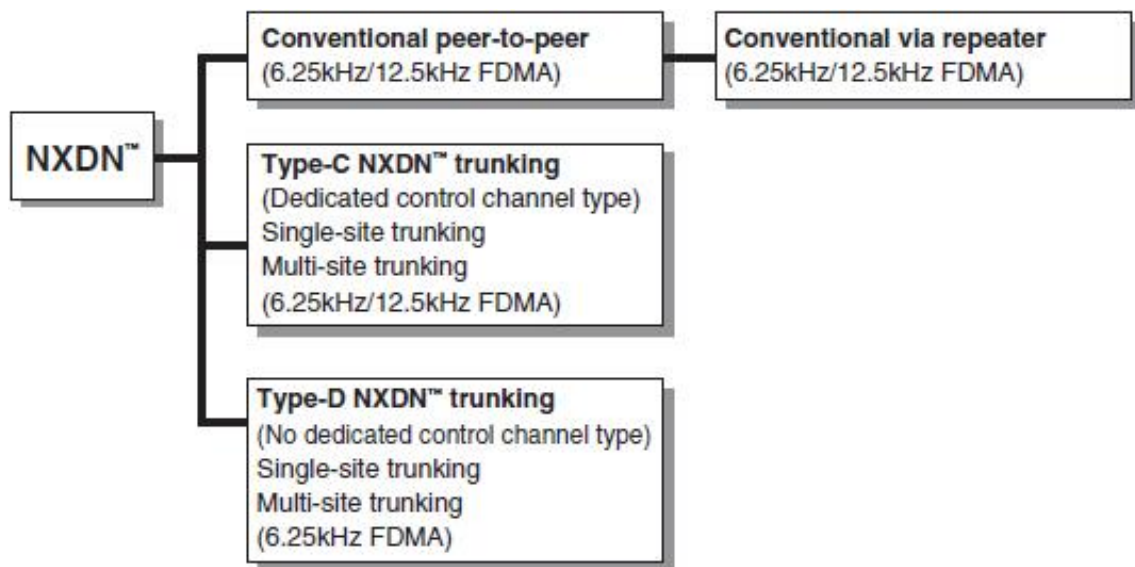


圖 4.1 NXDN™通訊協定

(資料來源：NXDN™ -Forum)

表 4.2 NXDN™通訊協定的基本規格

Access Method	FDMA	
Modulation	4-level FSK	
Vocoder	AMBE+2™	
Channel Spacing	6.25 kHz	12.5 kHz
Transmission Rate	4800 bps	9600 bps
Codec Rate	3600bps	7200bps
Conventional	Yes	
Trunking Operation	Yes Type-C and Type-D	Yes Type-C
Digital Scrambling	Yes (15-bit/32,000 keys)	
Encryption	Yes (AES/DES)	

4.1.2 無線電波傳遞方式與傳輸距離

在地球環境中，電磁波的傳播方式不僅取決於自身的特性，還取決於環境本身。頻率高於高頻(HF)的電磁波在對流層中傳遞，以靠近地面的方式進行直線傳播，稱為視線傳播(Line of Sight Propagation)或空間波 (Space Waves)。低於高頻範圍的頻率圍繞地球的曲率傳播，被稱為地面波(Ground Waves)或表面波(Surface Waves)。高頻範圍內的電磁波被大氣層的電離層反射，被稱為天波(Sky-Wave)，這些信號被反射回地球。以下分別介紹：

1. 地面波/表面波的傳播

地波沿著地球的輪廓來傳輸如圖 4.2 所示，而且在視覺地平線上能夠傳輸相當遠的距離，傳輸信號頻率在 2 MHz 以下。這種

類型的電磁波能跟隨地球輪廓傳播的特性，是因電磁波在通過地球表面時產生感應電流，並造成靠近地表的波行進較緩慢，這導致波前(wave front)向下傾斜而跟隨著地球的曲率前進。另一個因素是繞射(diffraction)，這是電磁波碰到障礙物產生的一種現象。大氣造成此頻帶的電磁波散射，因此無法穿越上面的大氣層，通常頻率較低的頻段，如中頻 (MF) 以下，大多是以「地波」的方式傳遞地波通訊最有名的例子就是 AM 無線電。實際測量指出，在一定的距離(R_i)之內，信號強度隨距離或天線高度的增加都會作起伏變化，隨距離的增加或天線高度的減少，信號強度將下降。理論計算給出 R_i 和天線高度 H_T 與 H_R 與波長的關係式如下所示：

$$R_i = \frac{4H_T H_R}{\lambda}$$

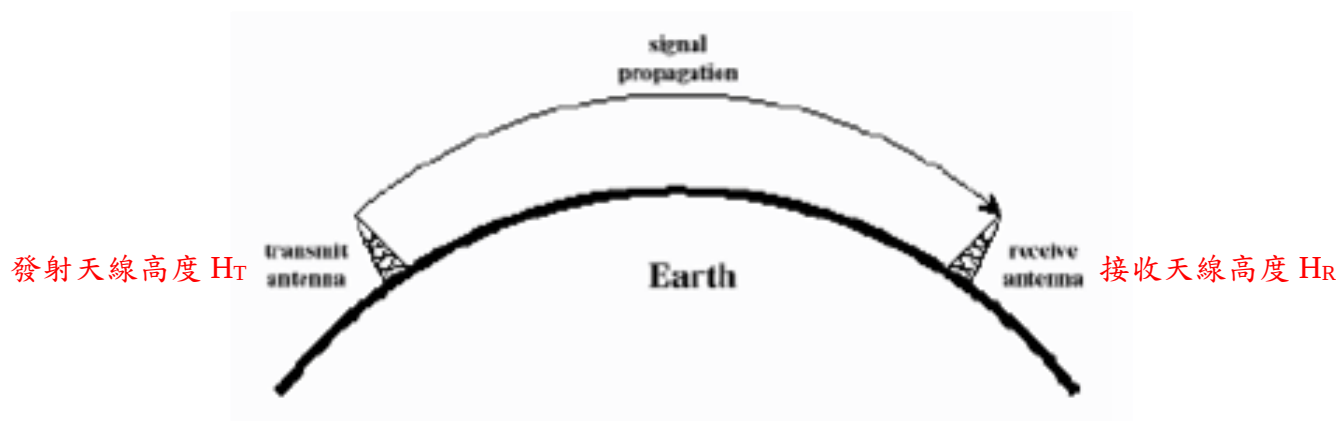


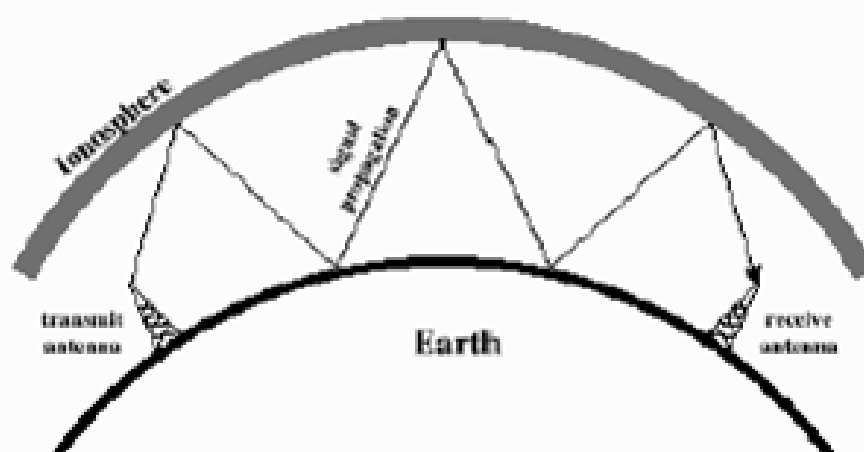
圖 4.2 地面波傳播

(資料來源：Radio Wave Propagation)

2. 天波的傳播

地球大氣層的高層存在著電離層，對於天波的傳播而言電磁波從地面上的天線發射一信號會在電離層產生折射如圖 4.3 所示，因為電離層折射效應的積累，電波的入射方向會連續改變，最終

會反回地面。即天波信號能夠在電離層和地表之間反射彈跳前進，以此幅射模式，使得接收端可以接收到數千公里外的傳送端所發射的信號。儘管電離層像一個反射表面將波反射回地面，但事實上仍會有繞射的情況發生。天波的傳輸用於業餘無線電，廣播無線電以英國廣播公司(BBC)和美國之音之類的國際廣播最為人



知。

圖 4.3 天波傳播

(資料來源：Radio Wave Propagation)

3. 視線傳播

超過 30 MHz 的信號無法藉由地面波或天波的方式傳遞，必須透過電磁波延直線進行傳播也就是視線傳播如圖 4.4 所示。對地面上的通訊而言，發送端和接收端兩個天線天線一定要在彼此可見路徑上，即發射天線和接收天線都必須位於有效視線內，使用有效視線是因為大氣會使微波彎曲或折射，儘管彎曲的程度或方向取決於所在之環境，但是通常微波依地表的曲率彎曲，所以其有效視線距離將比光學視線。甚高頻(VHF)和超高頻(UHF)通信通常使用這種視線傳播。受地球曲率半徑的影響，極限直視距離

($R_{\max}$)和發射天線與接收天線的高度 H_T 與 H_R 間的關係為：

$$R_{\max} = 3.57 (\sqrt{H_T} + \sqrt{H_R}) \quad (\text{km})$$

考慮到大氣層對電波的折射作用，極限直視距離應修正為

$$R_{\max} = 4.12 (\sqrt{H_T} + \sqrt{H_R}) \quad (\text{km})$$

又由於電磁波的操作頻率遠低於光波，故視線傳播的有效直視距離 R_e 約為 極限直視距離 $R_{\max}$ 的 0.7 倍。

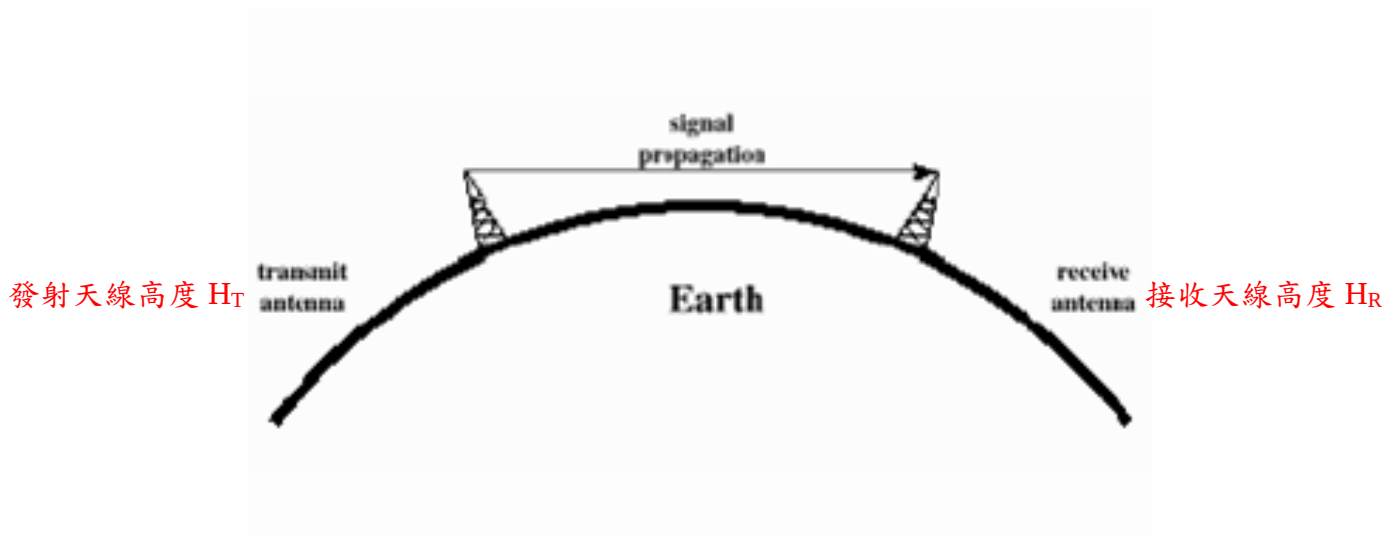


圖 4.4 視波傳播

(資料來源：Radio Wave Propagation)

4.2 AIS 行動中繼傳輸系統

於第二章節的資料分析、文獻回顧中可以得知 AIS 基站傳輸有效距離僅約 20 至 25 海浬作用範圍屬於沿岸區域，因此存在著無法完全涵蓋我國所轄海域的問題。有鑑於此，本章節提出以中繼傳輸技術來提升 AIS 傳輸距離，從而延伸我國所轄海域範圍之 AIS 訊號接收範圍，有效達到管理船舶資訊動態及海上航行環境狀況的監測航行安全管理。

4.2.1 AIS 行動中繼傳輸系統架構

本研究中所提出之中繼傳輸技術的概念，可看作是一無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSNs)，WSNs 的概念最初是由美國加州大學柏克萊分校的智慧粉塵(Smart Dust)計畫所提出。該計畫之構想是起源於發展針對戰場監測等軍事應用的無線感測系統，負責監視敵軍和蒐集情報。爾後，如加州大學洛杉磯分校、麻省理工學院等學術、研究單位陸續研發不同的感測節點，以擴展無線感測網路的應用。且隨著微機電整合、無線網路及嵌入式處理技術的提升，使微型控制器、感測器能有效微小化並長時間的部署在環境中形成無線感測網路，負責監控並蒐集周遭環境相關資訊，直至現今無線感測網路的概念已被應用於許多民用領域，如環境與生態監測、健康監護、家居自動化以及交通控制等。於本研究的應用中，則可將搭載 AIS 接收機之船舶視為整個無線感測網路中的感測節點(Sensor Node)，負責將 AIS 資訊回傳至中繼基站，而中繼基站則是扮演管理者節點(Manager Node)的角色，負責接收所有感測節點的資料。由於無線傳輸有著一定傳輸距離限制的條件，在某些情況下感測節點因為傳輸距離的限制無法將自身感測資料回傳至管理者節點，因此無線感測網路衍生出一種中繼的概念，透過一具備接

收與轉發功能的中繼節點(Relay Node)，將感測節點的感測資料以中繼傳輸的方式轉發至管理者節點，從而有效擴大無線感測網路的覆蓋範圍。AIS 中繼傳輸技術概念如圖 4.5 所示：



圖 4.5 中繼傳輸技術概念

中繼傳輸技術之系統架構如圖 4.6 所示，其中 AIS 中繼站中的 AIS 接收機負責接收及解析附近船舶之 AIS 資訊，透過微控制器進行 AIS 資料擷取，並撰寫演算法進行資料處理，接下來利用中繼傳輸設備將 AIS 資料轉傳至陸地上的中繼基站，而後以序列埠傳輸的方式將 AIS 資料匯入至 AIS 資料庫內。

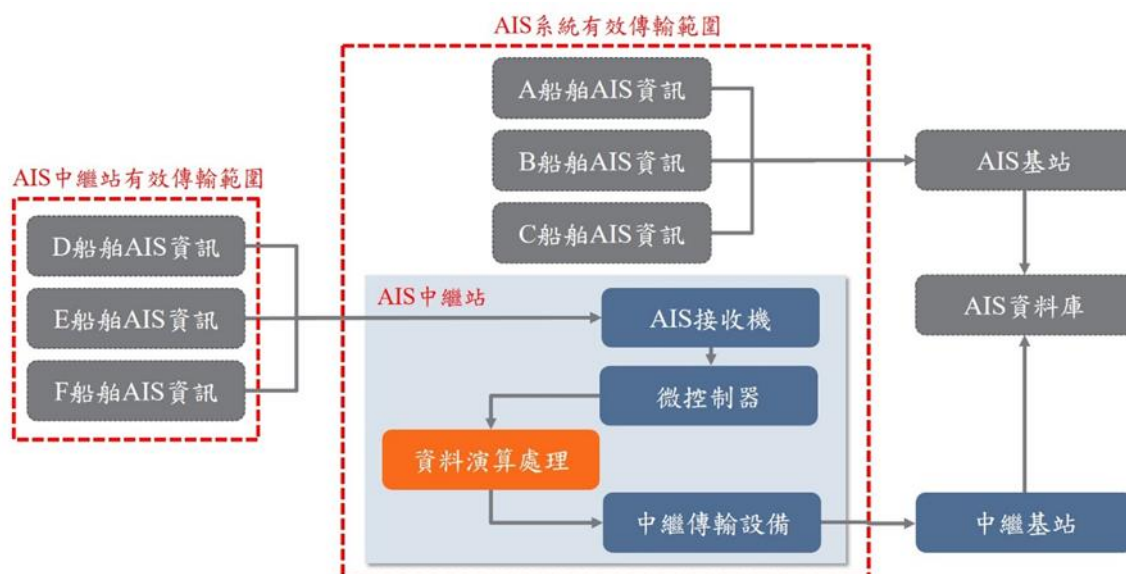


圖 4.6 中繼傳輸技術系統架構

4.2.2 AIS 封包資料格式

如上述中繼傳輸技術之概要說明，將 AIS 中繼站比擬為感測節點，初步時必須憑藉中繼站上之 AIS 接收機接收鄰近海面上其他船舶的動態資訊，接下來進行 AIS 資料演算處理使其與中繼傳輸系統整合，再運用 Arduino 微控制器由 AIS 接收機來擷取所接收到的船舶 AIS 資訊。

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微型控制器如圖 4.7 所示，採用 Atmel AVR 單晶片，並且用於開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入(Simple I/O)介面板，具有使用類似 Java、C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。因為設計者的開發源碼理念，使用者可以從網路上免費下載 Arduino 的電路設計圖，依據自身需求進行修改與製造，其軟體的開發環境一樣可以免費從網路上取得。



圖 4.7 Arduino 微控制器

Arduino 開發簡單、參考文獻及相關資料極多，使用者即便不是電子、電機相關科系背景，亦可迅速上手學會 Arduino 相關互動裝置的開發。現今已有許多的應用成果是以 Arduino 系列晶片當運算核心，其強大的適用性讓它可以與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 等軟體作互動，其官方整合開發環境(Integrated Development Environment, IDE)如圖 4.8 所示，可以在 Windows、Mac OS X、Linux 作業系統下載並使用。

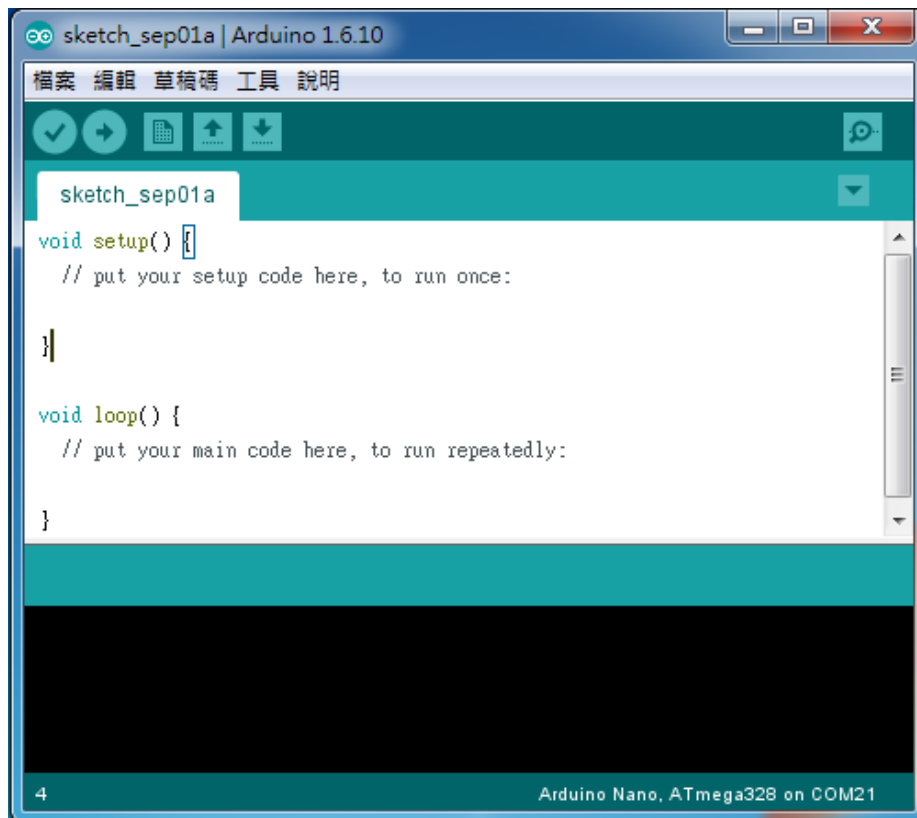


圖 4.8 Arduino IDE

AIS 資料演算處理的部分，本研究針對微控制器所擷取的船舶 AIS 資訊撰寫演算法使其與中繼傳輸系統整合，依據國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission, IEC) 所制定的 IEC61162-1 標準中，支援二進制資料封包傳輸格式，IEC61162-1 標準包括了資料的編碼、解碼和結構，就 AIS 資料格式而言，二進位資料之格式可參考 ITU-R M.1371 系統規範中得知，於章節 2.1 中提及目前已定義的 AIS 訊息資料類型(Message Type)有 27 種，然而各類型的封包長度如表 4.3 所示，分別適用於 Class A 和 Class B 中數據傳輸使用，而每種資料類型所定義的欄位格式和存放資訊內容又有所差異，以 Message 1 至 Message 3 來舉例如表 4.4 所示，該資料類型為 Class A 進行船舶位置訊息回報所適用。

表 4.3 AIS 訊息資料類型與封包長度

Message ID	Name of Message	Description	Number of bits
1	Position report	Scheduled position report; Class A shipborne mobile equipment	168
2	Position report	Assigned scheduled position report; Class A shipborne mobile equipment	168
3	Position report	Special position report, response to interrogation; Class A shipborne mobile equipment	168
4	Base station report	Position, UTC, date and current slot number of base station	168
5	Static and voyage related data	Scheduled static and voyage related vessel data report; Class A shipborne equipment	424
6	Binary addressed message	Binary data for addressed communication	Max 1,008
7	Binary acknowledgement	Acknowledgement of received addressed binary data	72-168
8	Binary broadcast message	Binary data for broadcast communication	Max 1,008
9	Standard SAR aircraft position report	Position report for airborne stations involved in SAR operations only	168

10	Standard SAR aircraft position report	Request UTC and date	72
11	UTC/date response	Current UTC and date if available	168
12	Addressed safety related message	Safety related data for addressed communication	Max 1,008
13	Safety related acknowledgement	Acknowledgement of received addressed safety related message	72-168
14	Safety related broadcast message	Safety related data for broadcast communication	Max 1,008
15	Interrogation	Request for a specific message type can result in multiple responses from one or several stations	88-160
16	Assignment mode command	Assignment of a specific report behaviour by competent authority using a Base station	96 or 144
17	DGNSS broadcast binary message	DGNSS corrections provided by a base station	80-816
18	Standard Class B equipment position report	Standard position report for Class B shipborne mobile equipment to be used instead of Messages 1, 2, 3	168
19	Extended Class B equipment position report	No longer required. Extended position report for Class B shipborne mobile equipment; contains additional static information	312
20	Data link management message	Reserve slots for Base station(s)	72-160
21	Aids-to-navigation report	Position and status report for aids-to-navigation	272-360
22	Channel management	Management of channels and transceiver modes by a Base station	168
23	Group assignment command	Assignment of a specific report behavior by competent authority using a Base station to a specific group of mobile	160
24	Static data report	Additional data assigned to an MMSI	Part A: 160 Part B: 168

		Part A: Name Part B: Static Data	
25	Single slot binary message	Short unscheduled binary data transmission Broadcast or addressed	Max 168
26	Multiple slot binary message with Communications State	Scheduled binary data transmission Broadcast or addressed	Max 1,064
27	Position report for long range applications	Class A and Class B "SO" shipborne mobile equipment outside base station coverage	96
28-63	Undefined; Reserved for future use	N/A	

表 4.4 CLASS A AIS 訊息內容 (訊息 1, 2, 及 3)

Parameter	Bits	Description
Message ID	6	Identifier for this message 1, 2 or 3
Repeatindicator	2	Used by the repeater to indicate how many times a message has been repeated. See Section 4.6.1, Annex 2; 0-3; 0 = default; 3 = do not repeat any more
User ID	30	MMSI number
Navigational status	4	0 = under way using engine, 1 = at anchor, 2 = not under command, 3 = restricted maneuverability, 4 = constrained by her draught, 5 = moored, 6 = aground, 7 = engaged in fishing, 8 = under way sailing, 9 = reserved for future amendment of navigational status for ships carrying DG, HS, or MP, or IMO hazard or pollutant category C, high speed craft (HSC), 10 = reserved for future amendment of navigational status for ships carrying dangerous goods (DG), harmful substances (HS) or marine pollutants (MP), or IMO hazard or pollutant category A, wing in ground (WIG); 11 = power-driven vessel towing astern (regional use); 12 = power-driven vessel pushing ahead or towing alongside (regional use); 13 = reserved for future use, 14 = AIS-SART (active), MOB-AIS, EPIRB-AIS

		15 = undefined = default (also used by AIS-SART, MOB-AIS and EPIRB-AIS under test)
Rate of turn ROT _{AIS}	8	0 to +126 = turning right at up to 708 deg per min or higher 0 to -126 = turning left at up to 708 deg per min or higher Values between 0 and 708 deg per min coded by ROT_{AIS} = 4.733 SQRT(ROT_{sensor}) degrees per min where ROT_{sensor} is the Rate of Turn as input by an external Rate of Turn Indicator (TI). ROT_{AIS} is rounded to the nearest integer value. +127 = turning right at more than 5 deg per 30 s (No TI available) -127 = turning left at more than 5 deg per 30 s (No TI available) -128 (80 hex) indicates no turn information available (default). ROT data should not be derived from COG information.
SOG	10	Speed over ground in 1/10 knot steps (0-102.2 knots) 1 023 = not available, 1 022 = 102.2 knots or higher
Position accuracy	1	The position accuracy (PA) flag should be determined in accordance with the table below: 1 = high (<= 10 m) 0 = low (> 10 m) 0 = default
Longitude	28	Longitude in 1/10 000 min (+/-180 deg, East = positive (as per 2's complement), West = negative (as per 2's complement). 181= (6791AC0h) = not available = default)
Latitude	27	Latitude in 1/10 000 min (+/-90 deg, North = positive (as per 2's complement), South = negative (as per 2's complement). 91deg (3412140h) = not available = default)
COG	12	Course over ground in 1/10 = (0-3599). 3600 (E10h) = not available = default. 3 601-4 095 should not be used
True heading	9	Degrees (0-359) (511 indicates not available = default)
Time stamp	6	UTC second when the report was generated by the electronic position system (EPFS) (0-59, or 60 if time stamp is not available, which should also be the default value, or 61 if positioning system is in manual input mode, or 62 if electronic position fixing system operates in estimated (dead

		reckoning) mode, or 63 if the positioning system is inoperative)
Special manoeuvre indicator	2	0 = not available = default 1 = not engaged in special maneuver 2 = engaged in special maneuver
Spare	3	Not used. Should be set to zero. Reserved for future use.
RAIM-flag	1	Receiver autonomous integrity monitoring (RAIM) flag of electronic position fixing device; 0 = RAIM not in use = default; 1 = RAIM in use. See Table
Communication state	19	See Rec. ITU-R M.1371-5 Table 49
Number of bits	168	

然而由微控制器所擷取之 AIS 資訊，以序列埠輸出之封包是以 6 Bits ASCII 編碼表示，又可區分為下列幾種類型：

1. VDM Message Format

!--VDM,x1,x2,x3,a,s--s,x*hh<CR><LF>

- x1 = Total number of sentences needed to transfer the message , 1 to 9
- x2 = Sentence number, 1 to 9
- x3 = Sequential message identifier, 0 to 9
- a = AIS Channel, "A" or "B"
- s - s = Encapsulated ITU-R M.1371 radio message
- x = Number of fill-bits, 0 to 5

2. VDO Message Format

!--VDO,x1,x2,x3,a,s--s,x*hh<CR><LF>

- x1 = Total number of sentences needed to transfer the message , 1 to 9
- x2 = Sentence number, 1 to 9
- x3 = Sequential message identifier, 0 to 9
- a = AIS Channel, "A" or "B"
- s - s = Encapsulated ITU-R M.1371 radio message 4
- x = Number of fill-bits , 0 to 5

3. ACA Message Format

\$--ACA,x,IIII.II,a,yyyyy.yy,a,llll.ll,a1,y1y1y1y1y.y1y1,a2,x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,a3,x8,hhmmss.ss*hh <CR><LF>

- x = Sequence Number , 0 to 9
- IIII.II, a = Region Northeast corner latitude – N/S

- yyyyyy.yy,a = Region Northeast corner longitude – E/W
- llll.ll,a1 = Region Southwest corner latitude – N/S
- y1y1y1y1y1.y1y1,a2 = Region Southwest corner longitude – E/W
- x1 = Transition Zone Size
- x2 = Channel A
- x3 = Channel A bandwidth
- x4 = Channel B
- x5 = Channel B bandwidth
- x6 = Tx/Rx mode control
- x7 = Power level control
- a3 = Information source
- x8 = In-Use Flag
- hhmmss.ss = Time of "in-use" change

4. Channel Management Information Source Messages (NMEA 0183 ACS)

\$--ACS,x,xxxxxxxx, hhmmss.ss,x1,x2,x3*hh <CR><LF>

- x = Sequence Number , 0 to 9
- xxxxxxxxxx = MMSI of originator
- hhmmss.ss = UTC of receipt of channel management information
- x1 = UTC Day, 01 -31
- x2 = UTC Month, 01 -12
- x3 = UTC Year

5. AIS Alarm Messages (NMEA 0183 ALR, Text)

\$--ALR,hhmmss.ss,xxx,A,A,c--c*hh<CR><LF>

- hhmmss.ss = Time of alarm (UTC)
- xxx = Unique alarm number
- A = Alarm condition
- A = Alarm acknowledge state
- c--c = Alarm description, text

根據上述各項 AIS 資訊標準規範，包含 AIS 訊息資料類型、訊息長度以及標頭格式等特性，設計一項資料處理演算法判斷 AIS 資訊並過濾錯誤訊息，使 AIS 資訊能夠完整及正確地整合至中繼傳輸設備中進行傳輸，予以達成 AIS 資訊與中繼傳輸系統的相容同時降低傳輸資料負載量。

4.2.3 AIS 行動中繼傳輸設備

中繼傳輸設備的部分，本研究採用 NX-700 Series 無線電收發機如圖 4.9 所示，為 KENWOOD 所推出了建構在 NXDN 數位協定下的通訊系統，能夠兼容傳統 FM 通訊。藉由上述步驟流程已經完成 AIS 資料演算處理，並透過序列埠將資料傳輸至中繼傳輸設備，然而在進行中繼傳輸前，必須使用 KPG-111DM 程式如圖 4.10 所示，針對中繼傳輸設備進行相關設定。



圖 4.9 NX-700 Series

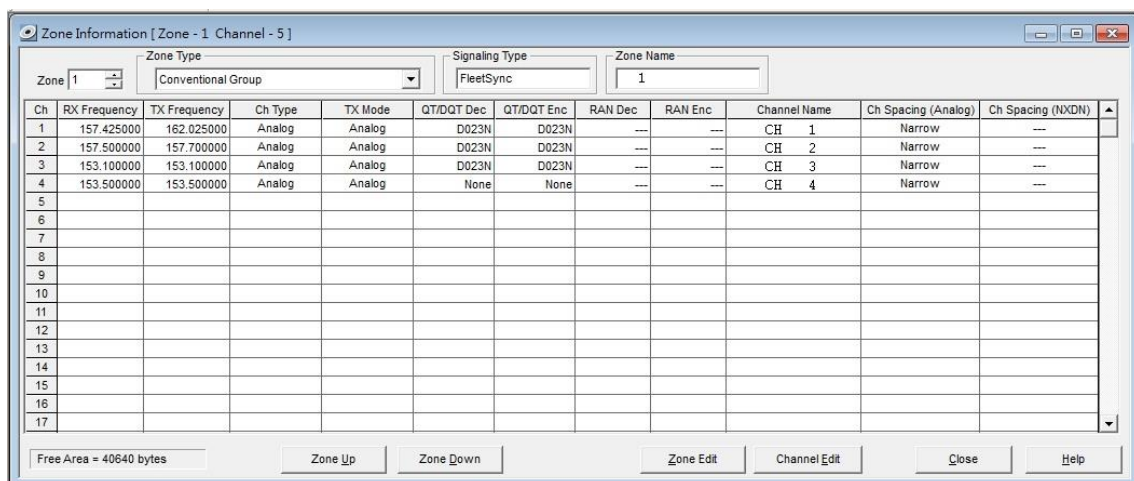


圖 4.10 KPG-111DM 程式

在頻段的選用上考量頻率與傳輸效率的關係，從弗林斯傳輸公式了解頻率越高的狀況下將會損失更多的功率，亦即路徑損耗較高，同時必須考量國際電信聯盟規範海上無線電之 VHF 頻段為 156.0MHz 至 174.0MHz，各傳輸頻道如表 4.5 所示，然而 NX-700 Series 提供了 88 個通訊頻道給使用者操作，因此在進行頻道之選用時，依據以上提及之傳輸效率關係及相關技術規範作為選用頻段之參考要點，規劃出運用於中繼傳輸系統的通訊頻道。

表 4.5 VHF 海上通訊系統傳輸頻道

Channel Designator	Notes	Transmitting Frequencies (MHz)		Port Operations and Ship Movement		Public correspondence
		Ship Stations	Coast Stations	Single frequency	Two frequency	
60	m	156.025	160.625	x	x	x
01	m	156.050	160.650	x	x	x
1001		156.050	156.050	x		
61	m	156.075	160.675	x	x	x
02	m	156.100	160.700	x	x	x
62	m	156.125	160.725	x	x	x
03	m	156.150	160.750	x	x	x
63	m	156.175	160.775	x	x	x
1063		156.175	156.175	x		
04	m	156.200	160.800	x	x	x
64	m	156.225	160.825	x	x	x
05	m	156.250	160.850	x	x	x
1005		156.250	156.250	x		
65	m	156.275	160.875	x	x	x
1065		156.275	156.275	x		
06	f	156.300				
2006	r	160.900	160.900			
66	m	156.325	160.925	x	x	x
1066		156.325	156.325	x		
07	m	156.350	160.950	x	x	x
1007		156.350	156.350	x		
67	h	156.375	156.375	x		
08		156.400				
68		156.425	156.425	x		

09	i	156.450	156.450	x		
69		156.475	156.475	x		
10	h,q	156.500	156.500	x		
70	f,j	156.525	156.525	digital selective calling for distress, safety and calling		
11	q	156.500	156.550	x		
71		156.575	156.575	x		
12		156.600	156.600	x		
72	i	156.625				
13	k	156.650	156.650	x		
73	h,i	156.675	156.675	x		
14		156.700	156.700	x		
74		156.725	156.725	x		
15	g	156.750	156.750	x		
75	n,s	156.775	156.775	x		
16	f	156.800	156.800	distress, safety and calling		
76	n,s	156.825	156.825	x		
17	g	156.850	155.850	x		
77		156.875				
18	m	156.900	161.500	x	x	x
1018		156.700	156.900	x		
78	m	156.925	151.525	x	x	x
1078		156.925	156.925	x		
2078	mm	161.525	161.525	x		
19	m	156.950	161.550	x	x	x
1019		156.950	156.950	x		
2019	mm	161.550	161.550	x		
79	m	156.975	161.575	x	x	x
1079		156.975	156.975	x		
2079	mm	161.575	161.575	x		
20	m	157.000	161.600	x	x	x
1020		157.000	157.000	x		
2020	mm	161.600	161.600	x		
80		157.025	161.625	x	x	x
1080		157.025	157.025	x		
21	y,wa	157.050	161.650	x	x	x
1021		157.050	157.050		x	x
81	y,wa	157.075	161.675	x	x	x
1081		157.075	157.075	x		
22	y,wa	157.100	161.700	x	x	x
1022		157.100	157.100	x		
82	y,wa	157.125	161.725	x	x	x

1082		157.125	157.125	x		
23	y,wa	157.150	161.750	x	x	x
1023		157.150	157.150	x		
83	y,wa	157.175	161.775	x	x	x
1083		157.175	157.175	x		
24	w,wx,x,xx	157.200	161.800	x	x	x
1024	w,wx,x,xx	157.200				
2024	w,wx,x,xx	61.800	161.800			
84	w,wx,x,xx	157.225	161.825	x	x	x
1084	w,wx,x,xx	157.225				
2084	w,wx,x,xx	161.825	161.825	x		
25	w,wx,x,xx	157.250	161.850		x	x
1025	w,wx,x,xx	157.250				
2025	w,wx,x,xx	161.850	161.850			
85	w,wx,x,xx	157.275	161.875	x	x	x
1085	w,wx,x,xx	157.275				
2085	w,wx,x,xx	161.875	161.875			
26	w,ww,x	157.300	161.900	x	x	x
1026	w,ww,x	157.300				
2026	w,ww,x		161.900			
86	w,ww,x	157.325	161.925	x	x	x
1086	w,ww,x	157.325				
2086	w,ww,x		161.925			
27	z,zx	157.350	161.950		x	x
1027	z,zx	157.350	157.350			
ASM 2 (2027)	z	161.950	161.950			
87	z,zx	157.375	157.375	x		
28	z,zx	157.400	162.000		x	x
1028	z,zx	157.350	157.350	x		
ASM 2 (2028)	z	162.000	162.000			
88	z,zx	157.425	157.425	x		
AIS1	f,l,p	161.975	161.975			
AIS2	f,l,p	162.025	162.025			

在中繼傳輸的過程中使用者可將搭載於船舶上之中繼傳輸設備與中繼基站視為主從架構，中繼傳輸設備從屬於中繼岸台基站，兩者之間屬於點對點傳輸(Peer to Peer, P2P)，然而無線電傳輸多以廣播方式進行資料傳遞，並不符合中繼傳輸系統之需求，因此直接

透過對中繼傳輸設備的 ID 進行設定，使其能夠以個別(Individual)傳輸的方式，向中繼基站轉發 AIS 資料，予以達成本研究所規劃之中繼傳輸系統架構。此外，中繼傳輸設備之通訊模式及鮑率等皆由 KPG-111DM 進行設定如圖 4.11 所示。

The screenshot shows the 'Optional Features 1' window with the following settings:

- Battery:**
 - Battery Saver: Off
 - Battery Indicator: LCD & LED
 - Battery Warning: Always
 - ☒ Battery Warning Tone
- LEDs:**
 - ☒ Transmit LED
 - ☒ Busy LED
- COM port Priority:** Serial Data
- PC Interface Protocol:** Version 1

COM port Number	Function	Polarity	Stop Bit	Baud Rate
COM port 0	None	Normal	2	9600
COM port 1	Transparent	Normal	2	9600
COM port 2	None	Normal	2	9600

At the bottom, there are buttons for 'CW ID' and 'Expansion Switch'. The window has 'Close' and 'Help' buttons at the bottom right.

圖 4.11 KPG-111DM 設定鮑率

第五章 實驗結果與分析

藉由前章節在理論推導的過程中納入天線設計考量，並繪製出 AIS 接收端天線雛型架構後進行天線效能以及相關參數之模擬，進而得出天線響應頻段。此章節將分析 AIS 接收端天線輻射場型等數據來進行結構的調整、修正，同時進行訊號接收效能實際量測在天線功效或是精準度上給予一定程度的回饋，藉以達到初步驗證之效果。執行完模擬程序後，依照模擬成果選定對應材質，並根據所規劃之天線結構來進行後續 AIS 接收端天線製成，完成 AIS 接收端天線實體製作之流程，並實際測試船舶 AIS 訊號接收效能。而在 AIS 行動中繼傳輸系統的部分，亦會針對中繼傳輸設備進行有效傳輸距離的測試，分析行動中繼傳輸系統所能涵蓋的通訊範圍，進而分析透過行動中繼傳輸系統在我國海域內所能延伸之 AIS 船舶位置資訊監測距離，達到驗證本研究研究成效。

5.1 AIS 接收端天線之效能改善設計

當 AIS 接收端天線實體製作完成後，為考量天線良率及製作過程所產生之誤差，必須先針對天線本體進行特性參數的測量，包含使用向量網路分析儀量測複數阻抗、頻段及 S 參數等天線數據，再利用電磁波無反射室量測天線輻射場型、增益及效率，並在過程中進行修正。完成天線性能之量測後，將把天線架設至規劃地點，針對天線接收角度進行接收效能評估，予以提供 AIS 接收端天線最佳方案，使得 AIS 資訊在有效傳輸範圍內達到最良好的接收效益。

5.1.1 AIS 接收端天線實作成果

首先由圖 5.1 及表 5.1 呈現 AIS 接收端天線實作結果。

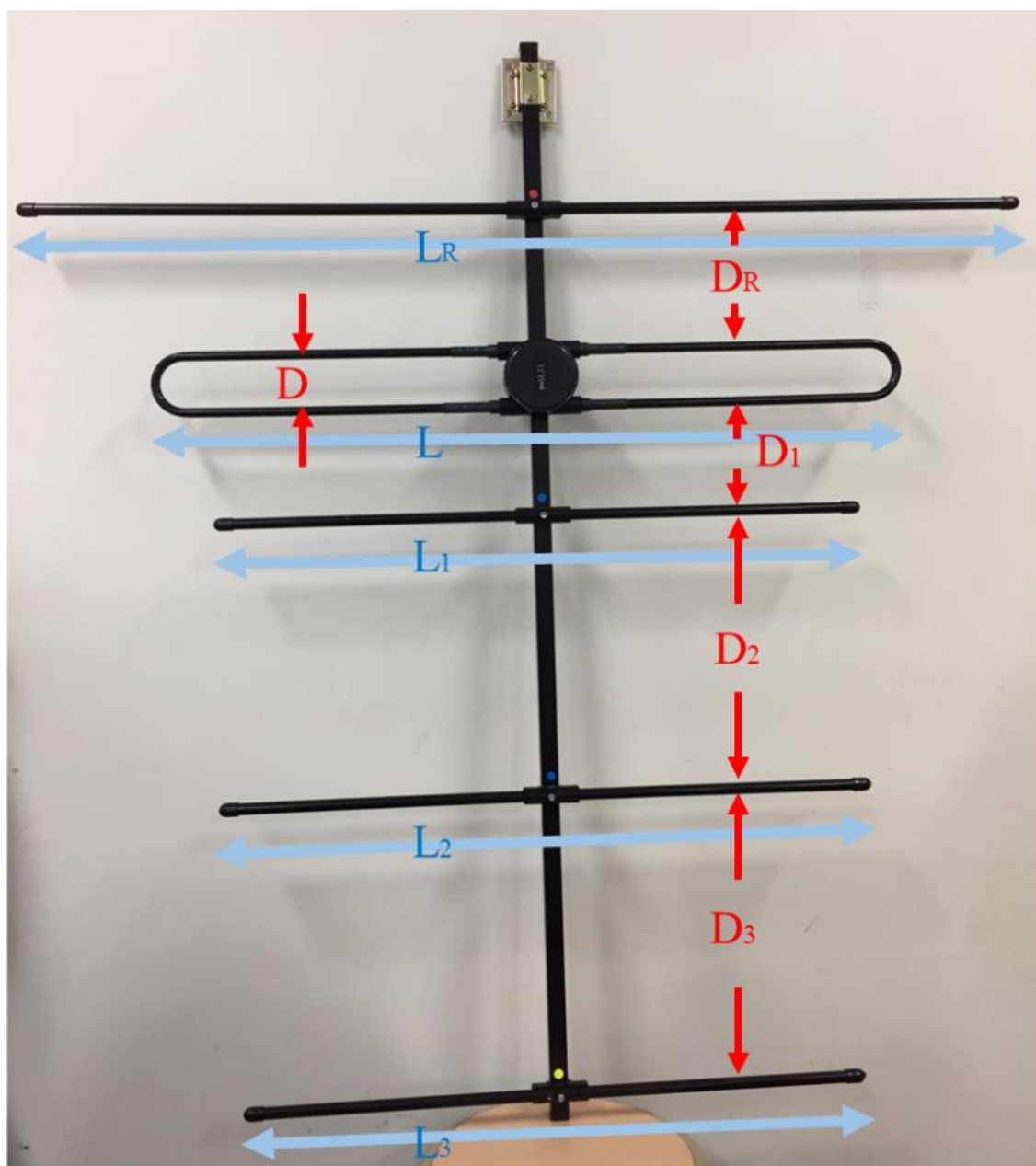


圖 5.1 AIS 基站天線實作結果

表 5.1 AIS 基站天線結構之相關參數

Parameter	L_R	L	L_1	L_2	L_3
Value(mm)	1060	810	700	700	660
Parameter	D_R	D	D_1	D_2	D_3
Value(mm)	180	50	200	300	30

為驗證所設計之 AIS 接收端天線的效能，本研究採用向量網路分析儀如圖 5.2 所示進行天線特性參數之量測。向量網路分析儀之功能即是量化射頻電子元件之間訊號強度、相位、阻抗等數值，而目前向量網路分析儀的網路分析作業則進一步延伸為 S 參數。S 參數為複雜的向量數值，代表兩組射頻訊號的比例並表示為 S_{xy} ，其中 x 為待測元件輸出埠；y 則是透過射頻總訊號所激發的待測物輸入埠，S 參數簡易裝置如圖 5.3 所示，參數如下所述：

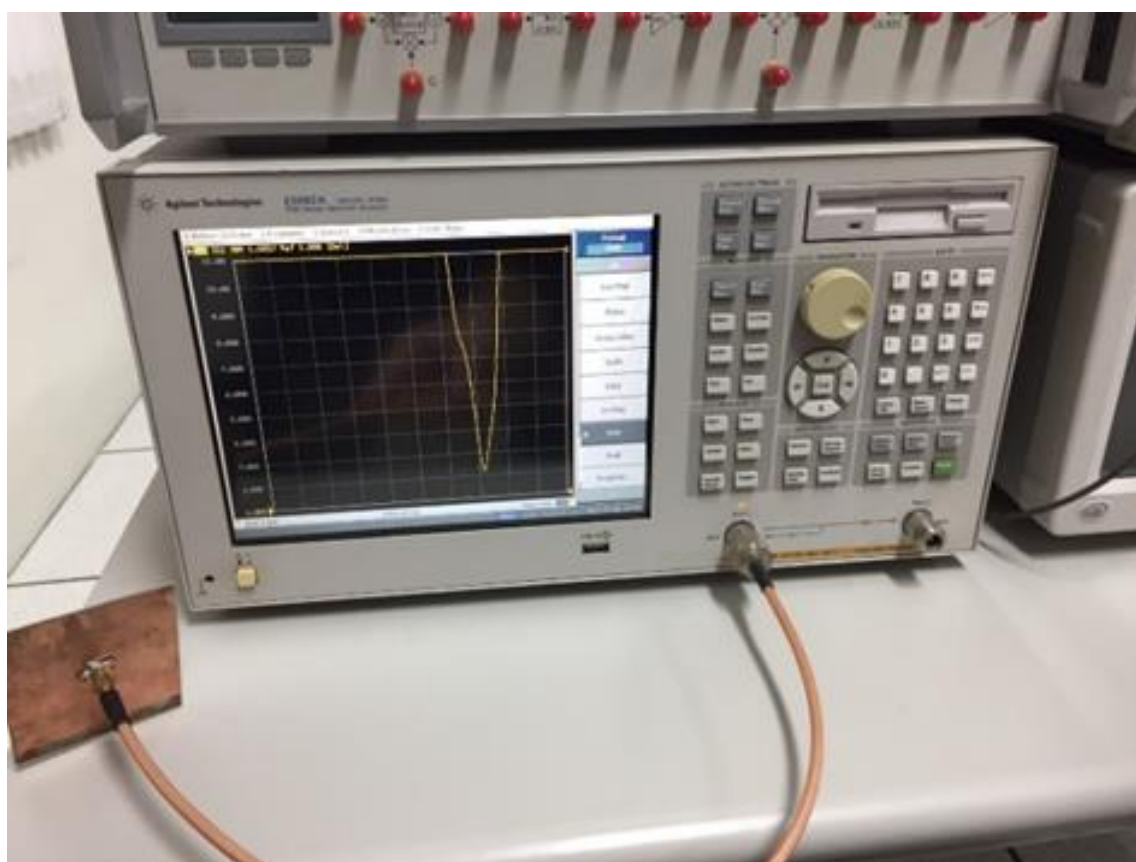


圖 5.2 向量網路分析儀

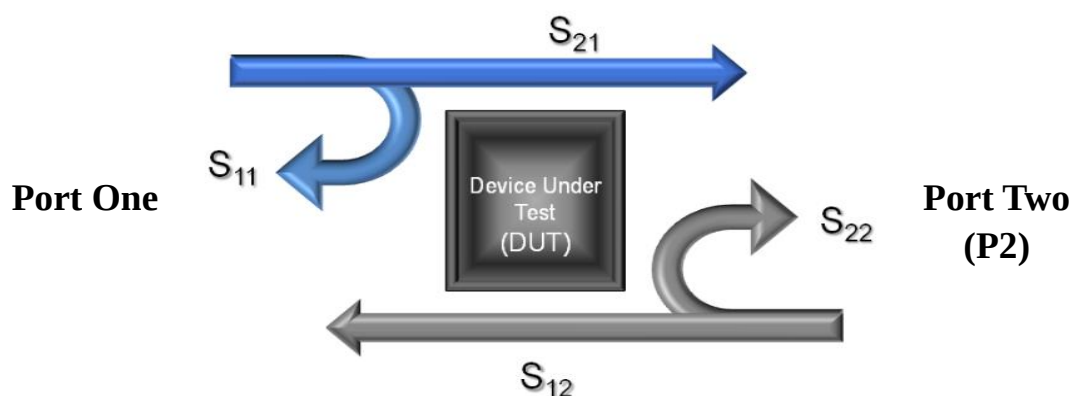


圖 5.3 S 參數簡易裝置

(資料來源：NATIONAL INSTRUMENTS 技術文件)

S_{11} ：為 P1 反射能源與 P1 的總訊號比例

S_{21} ：為 P2 穿透待測元件的能源與 P1 的總訊號比例

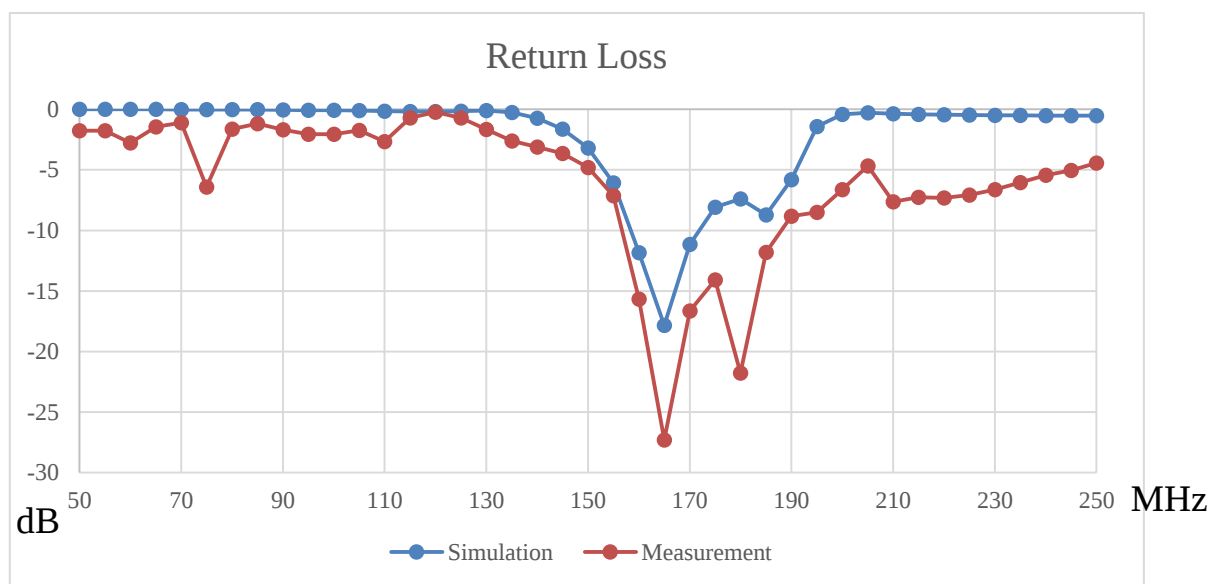
S_{22} ：P2 反射的能源與 P2 的總供給能源比例

S_{12} ：穿透待測元件而呈現於 P1 的能源與 P2 上的總訊號比例

由於 S_{11} 與 S_{21} 兩項數值，其總訊號均來自於 P1 的射頻訊號源，因此均可代表順向 S 參數，反之 S_{22} 與 S_{12} 屬於逆向 S 參數。而用以代表穿透的 S 參數(如 S_{21})與增益、插入損耗或衰減相關聯；用以代表反射的 S 參數(如 S_{11})則可對應為電壓駐波比(VSWR)、反射損失或反射係數。S 參數亦具備其他優點，並已成為射頻量測所廣泛使用的數值。

由表 5.2 所示為此款天線的反射損失實測與模擬結果，其中模擬數據由 HFSS 所獲得，實測數據是使用向量網路分析儀(Vector Network Analyzers)進行量測所獲得，可以看出實測與模擬結果走勢具有高吻合度，且表現出更低的反射損失。

表 5.2 AIS 基站天線之反射損失實測與模擬結果比較



然而使用向量網路分析儀實測所得之阻抗如圖 5.4 所示接近 50 歐姆達，而 VSWR 如圖 5.5 所示則接近於 1，因此可判定此款天線在元件之間達到良好的阻抗匹配。

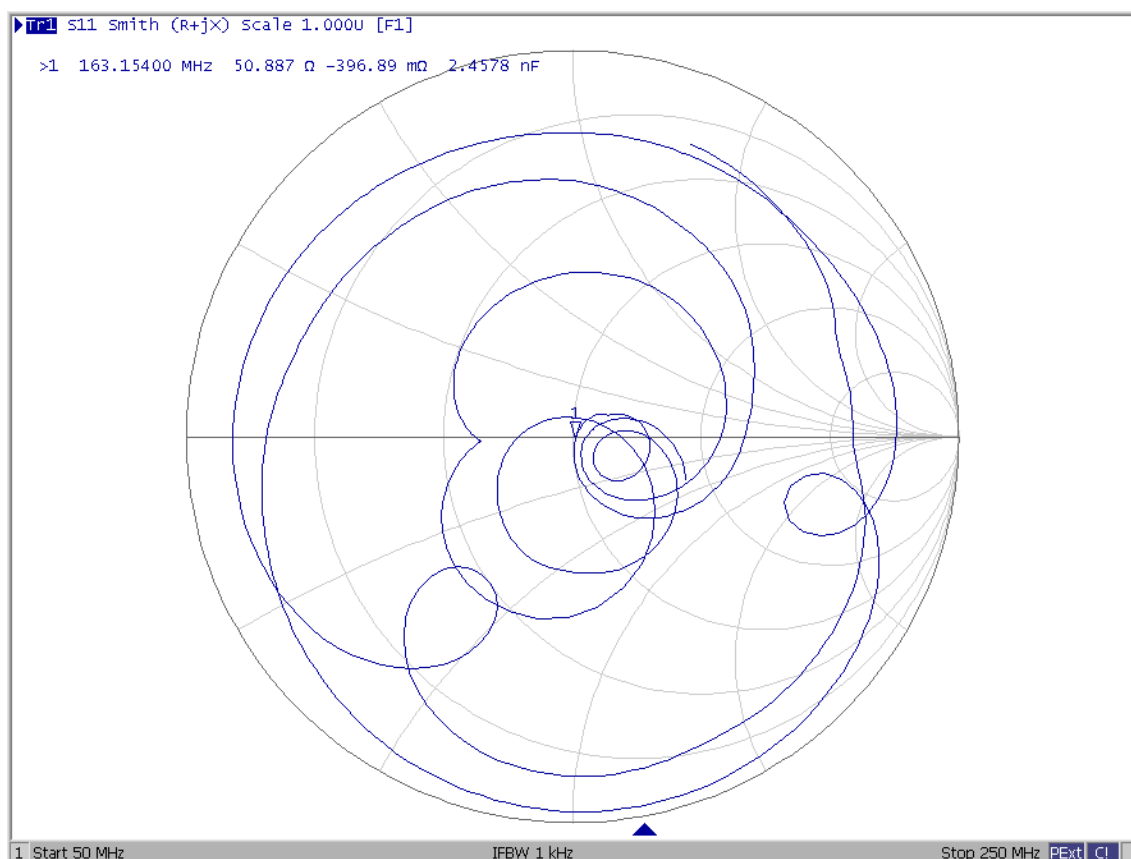


圖 5.4 AIS 接收端天線阻抗

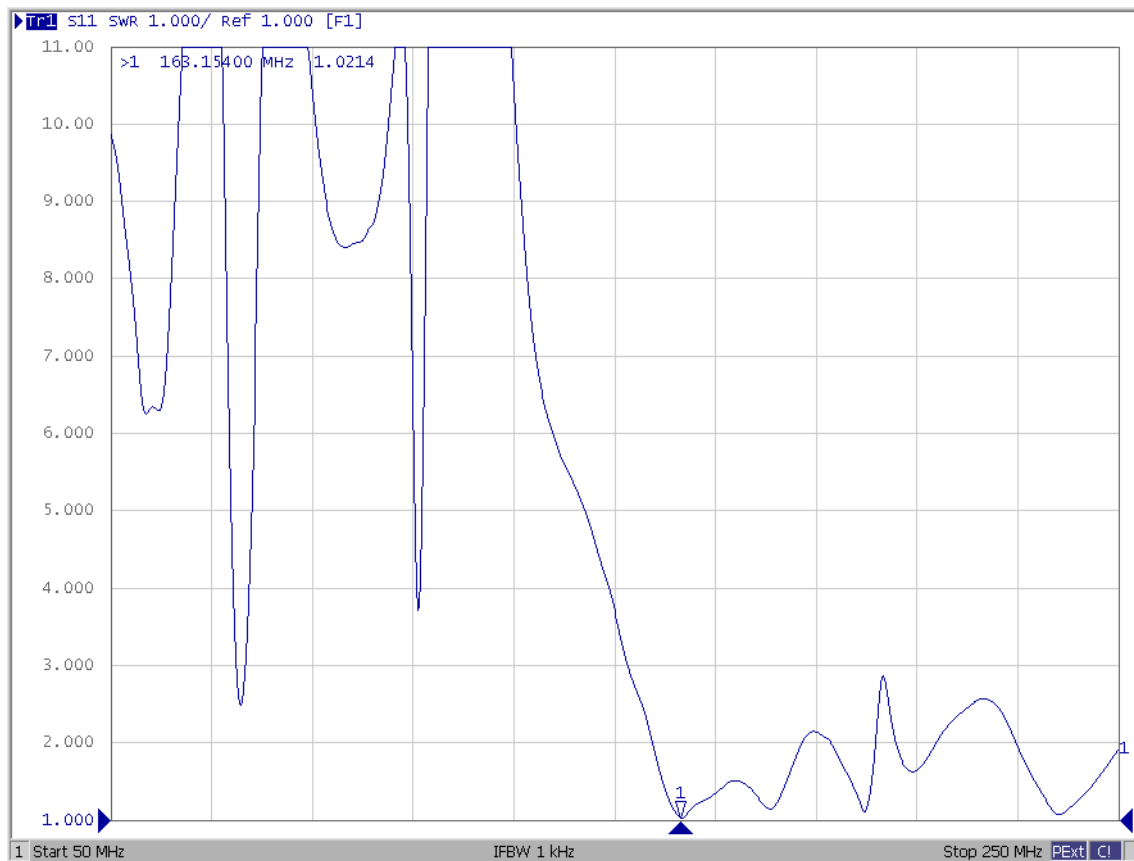


圖 5.5 AIS 接收端天線 VSWR

5.1.2 AIS 接收端天線輻射場型與結構關係

對於 AIS 基站天線而言，除了探討 S 參數、頻寬(Bandwidth)以及阻抗匹配，降低電壓駐波比和減小訊號損耗之外，更要注重場型和增益之指標，然而天線的各项幾何參數對其特性皆有影響，因此還須探討反射器與導波器各參數對天線增益還有場型之影響。

首先由此款天線之表面電流分布如圖 5.6 所示，頻率為 162MHz 可以看到此時天線上主要表面電流分布集中於饋入點以及環形激勵器上形成共振模態，並在第二導波器上反映出較強的耦合電流，因此推斷第二導波器將對此款天線之增益造成較大的影響。

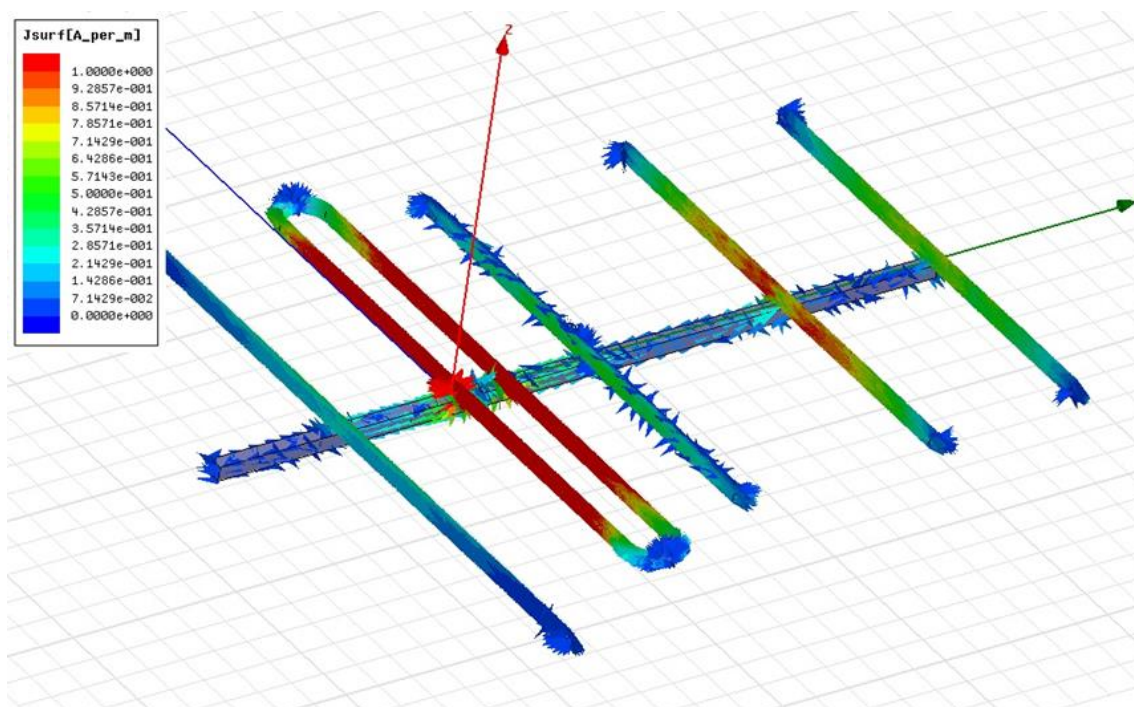


圖 5.6 AIS 接收端天線表面電流分布@162MHz

如前述 AIS 基站天線的場型和增益為影響訊號接收效能的重要指標，而反射器與導波器的結構變化為影響場型和增益的重要參數，所以探討反射器與導波器對於本天線特性之影響。AIS 接收端天線場型如圖 5.7 所示：

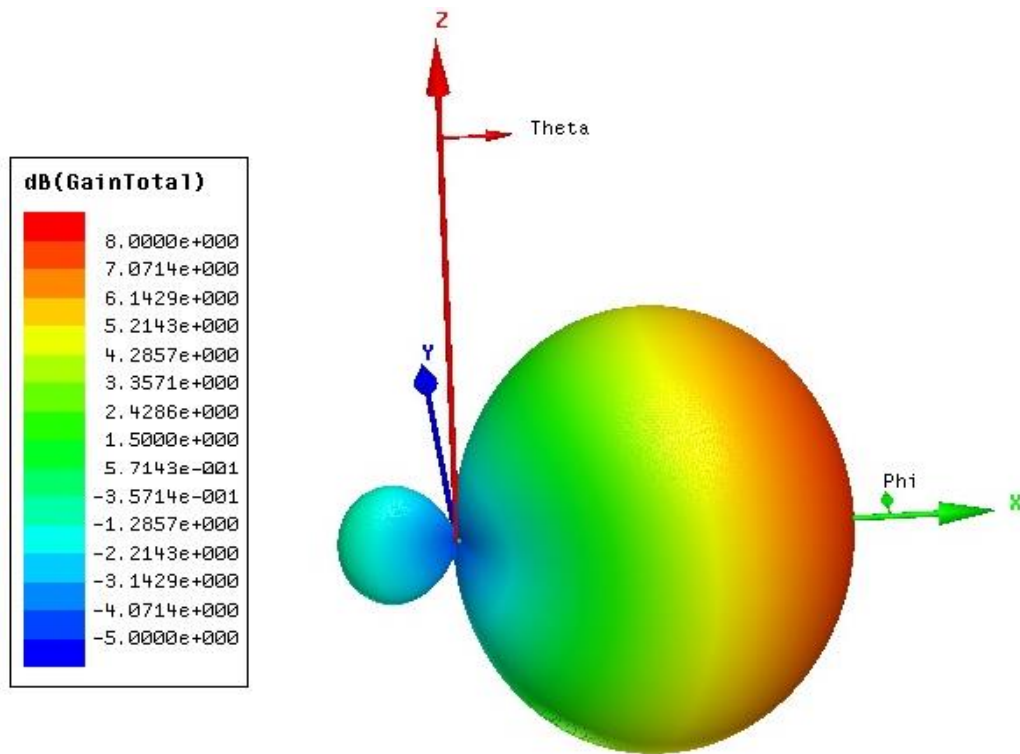
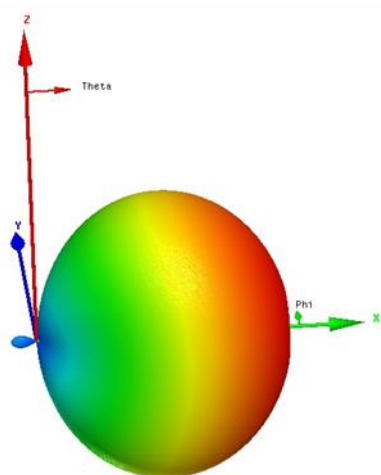
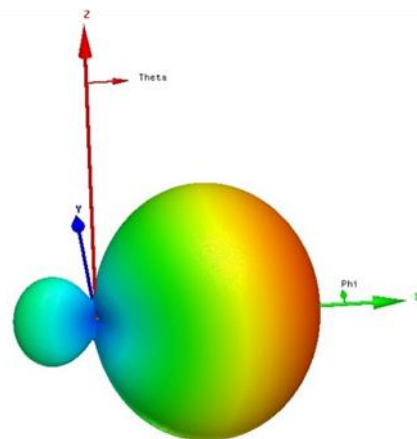


圖 5.7 AIS 接收端天線場型

首先，調整反射器 L_R 之參數來檢視場型和增益的變化，可看出當反射器長度增加時表現出物理反射特性，輻射功率之分布即往 x 軸方向移動且 x 軸方向增益變大，波束寬度略為增加如圖 5.8 (a)所示；反之，反射器長度縮短時方向增益即略為減少如圖 5.8(b)所示。



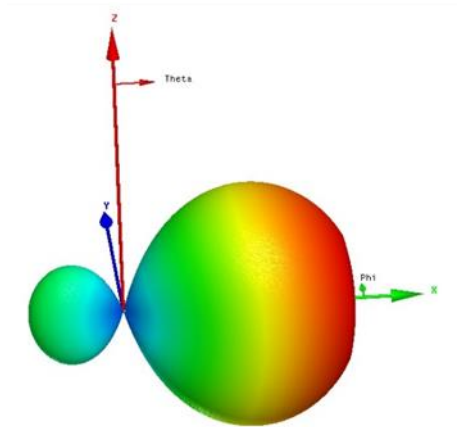
(a) $L_R = 1160\text{mm}$



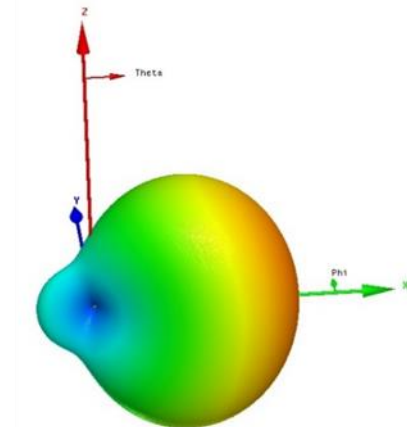
(b) $L_R = 960\text{mm}$

圖 5.8 L_R 與 AIS 接收端天線場型關係

接下來調整導波器 L_1 、 L_2 、 L_3 之參數來檢視場型和增益的變化，可以看出當導波器長度增加時 x 軸方向增益增強，且波束寬度略為縮減如圖 5.9(a)所示；反之，導波器長度縮短時方向增益即明顯下降如圖 5.9(b)所示。



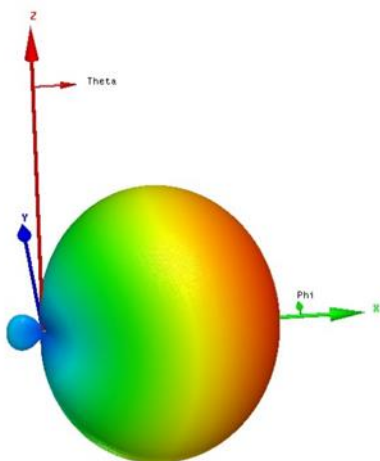
(a) $L_1=L_2=L_3 = 800\text{mm}$



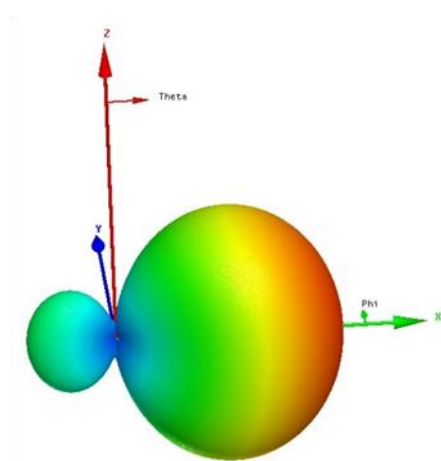
(b) $L_1=L_2=L_3 = 600\text{mm}$

圖 5.9 $L_1=L_2=L_3$ 與 AIS 接收端天線場型關係

探討第二導波器距離第一導波器的長度 D_2 之參數來檢視場型和增益的變化，可以看出當第二導波器靠近第一導波器時，輻射功率之分布即往 x 軸方向移動且波束寬度略為增加如圖 4.10(a)所示；反之第二導波器縮短時方向增益即減少如圖 5.10(b)所示。



(a) $D_2 = 200\text{mm}$



(b) $D_2 = 400\text{mm}$

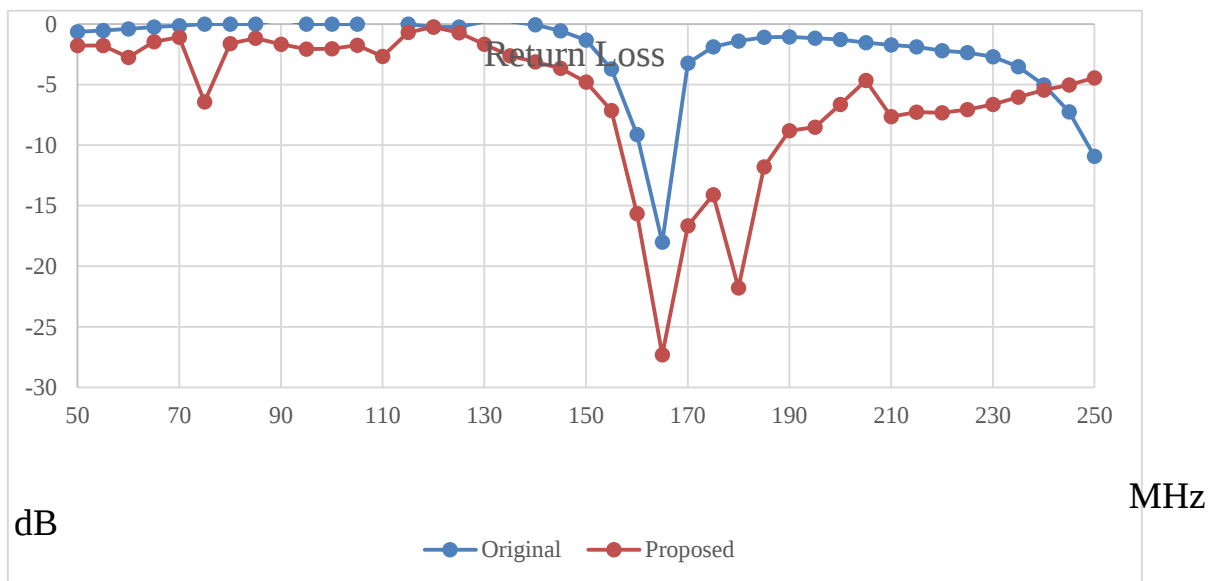
圖 5.10 D_2 與 AIS 基站天線場型關係

綜合上述分析結果，本研究所提出之 AIS 基站天線採用合適的尺寸結構，在峰值增益的前後比(Front to Back Ratio, F/B Ratio)上保留一些空間，並在波束寬與增益之間做一些取捨形成圖 5.7 之場型。

5.1.3 AIS 訊號接收效能實測

為印證本研究所提出之 AIS 接收端天線是否能提升 AIS 訊號接收效能，故將此天線與本中心現階段採用之天線進行實際量測與比較。在 S 參數上如表 5.3 所示，可以看出本研究所提出之 AIS 基站天線在 162MHz 模態上明顯優於原天線，且可利用第二模態拓展原有頻寬，讓此款天線在其他通訊系統上能夠有更多層面的應用方式。

表 5.3 AIS 接收端天線之反射損失比較



最後採用手持式頻譜分析儀(Handheld Spectrum Analyzer, HSA)如圖 5.11 所示，分別使用兩款天線進行 AIS 通信頻段之訊號強度量測。



圖 5.11 手持式頻譜分析儀

於 3 月 27 日在本中心進行訊號強度量測，此次量測目的在於判定傳輸線損耗對 AIS 訊號的影響程度。首先，利用量測儀器於本中心機房內進行訊號量測如圖 5.12 所示，此量測端之訊號經過傳輸線造成損耗，因此該量測數值亦即 AIS 接收機實際接收到的訊號強度，量測結果之峰值(Peak)約為-60dBm 如圖 5.13 所示。而後將測試地點轉移至本中心頂樓進行訊號量測如圖 5.14 所示，因為沒有訊號傳輸線的損耗，量測結果之峰值約為-40dBm 如圖 5.15 所示，訊號強度約為原訊號的 100 倍，由結果得知，本研究能利用八木宇田天線高增益之特性來彌補訊號傳輸線所造成的訊號損失。



圖 5.12 本中心機房內訊號量測

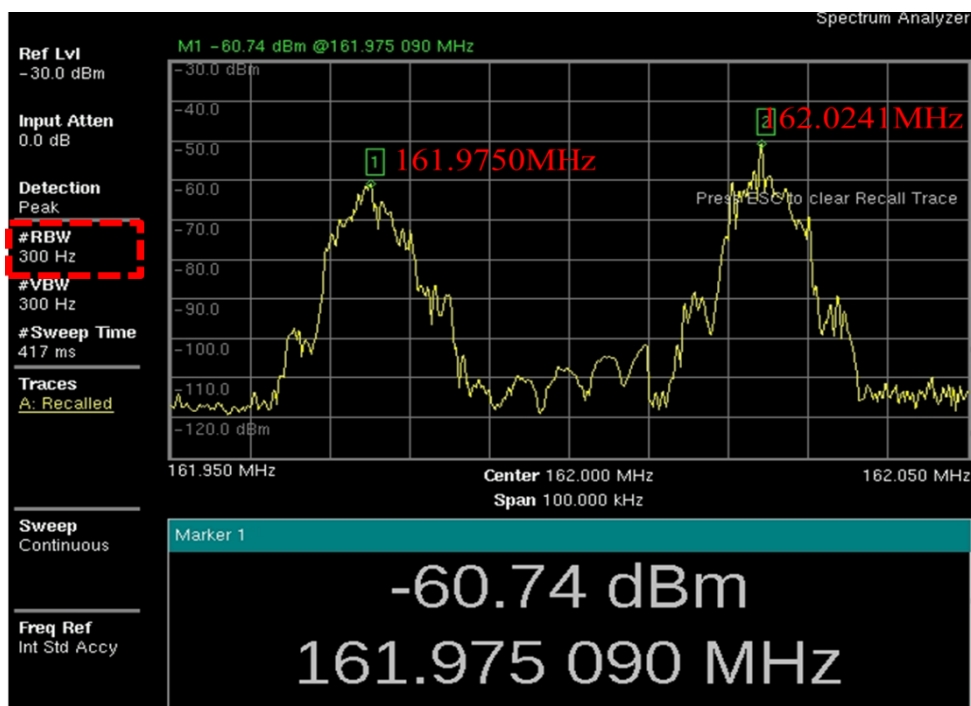


圖 5.13 本中心機房內訊號量測結果



圖 5.14 本中心頂樓訊號量測



圖 5.15 本中心頂樓訊號量測結果

於 6 月 13 日，研究人員使用兩款天線在國立高雄海洋科技大學進行訊號量測實驗，該量測地點距離海岸約 7 公里，鄰近左營軍港故附近船舶數量較少，大部分訊號來源由高雄港的船舶所發送如圖 5.16 所示。頻率掃瞄範圍內有兩個峰值產生，分別落在 161.975MHz 與 162.025MHz 為 AIS channel 1、channel 2 通信頻率點，而本中心現階段採用之天線訊號所量測到的訊號強度為-94.97dBm 如圖 5.17(a)所示，本研究所提出之 AIS 接收端天線所量測到的訊號強度為-78.56dBm 如圖 5.17(b)所示，訊號大小相差 43.7 倍，可以看出在改善天線增益及輻射場型等特性後 AIS 訊號接收效能獲得大幅度的提升。

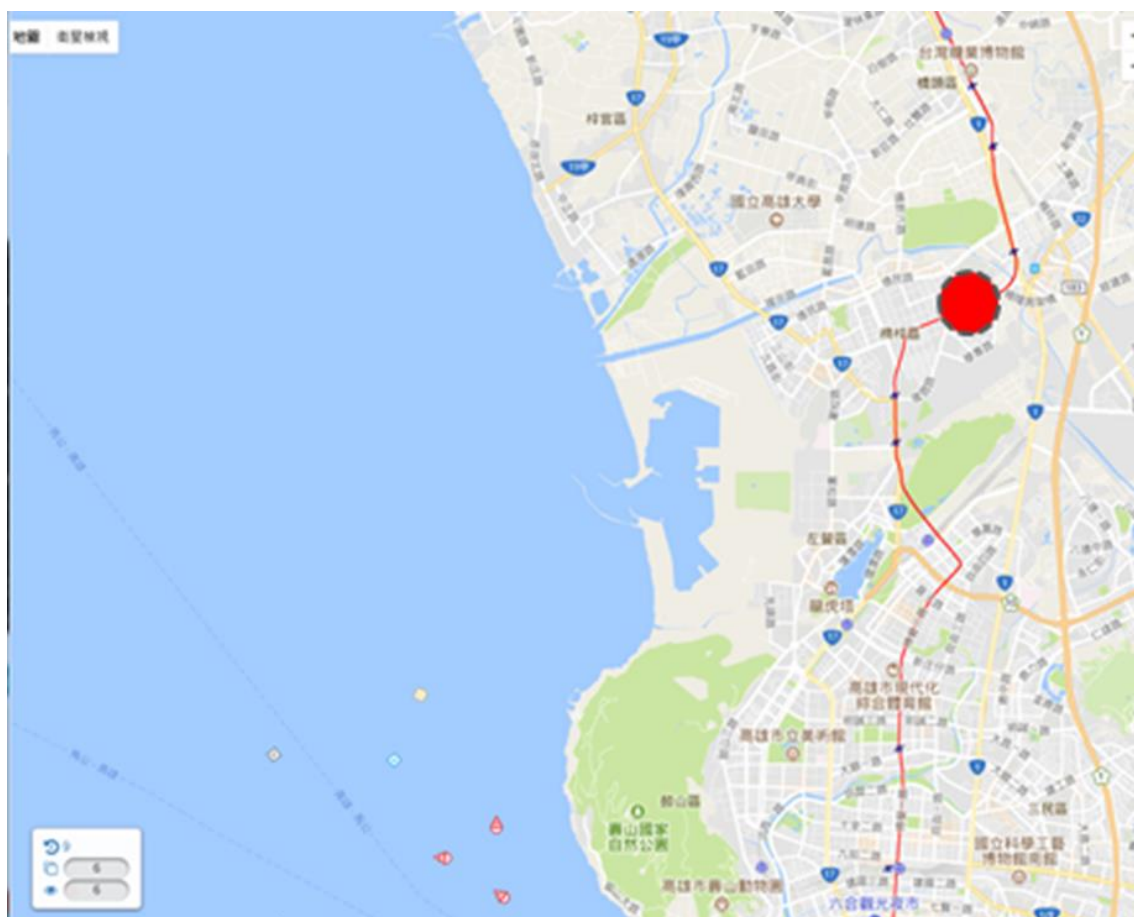
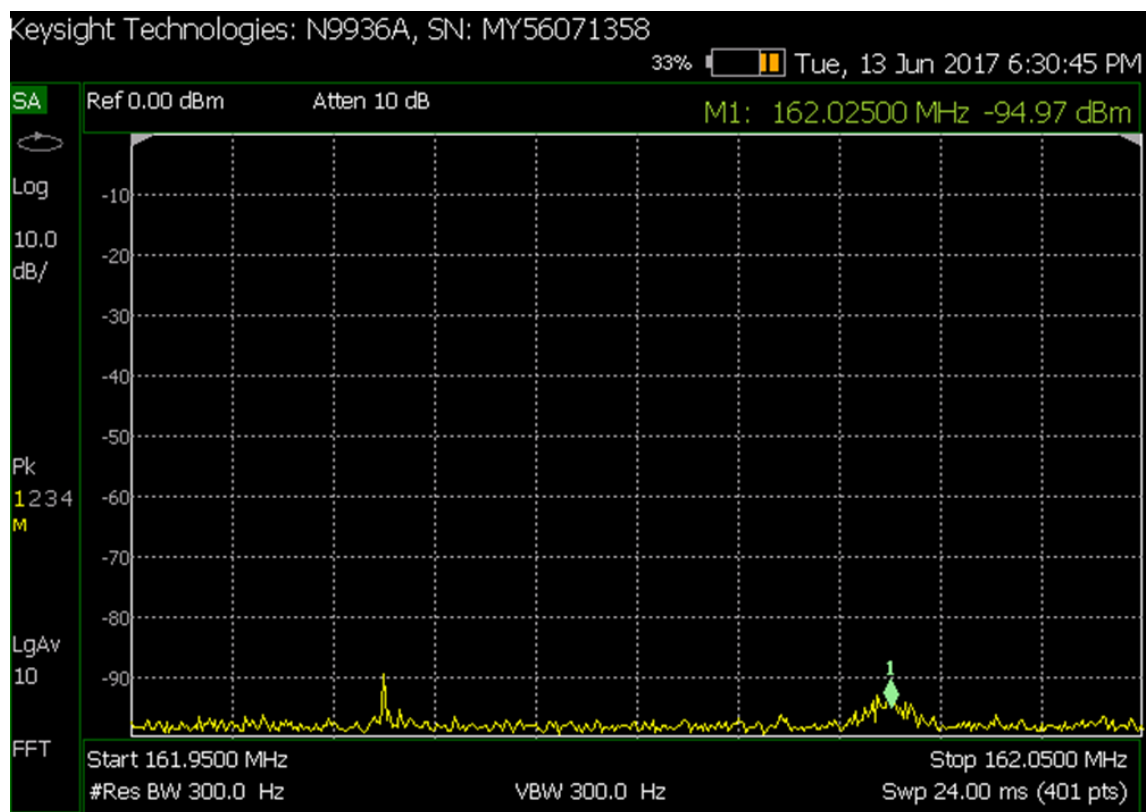
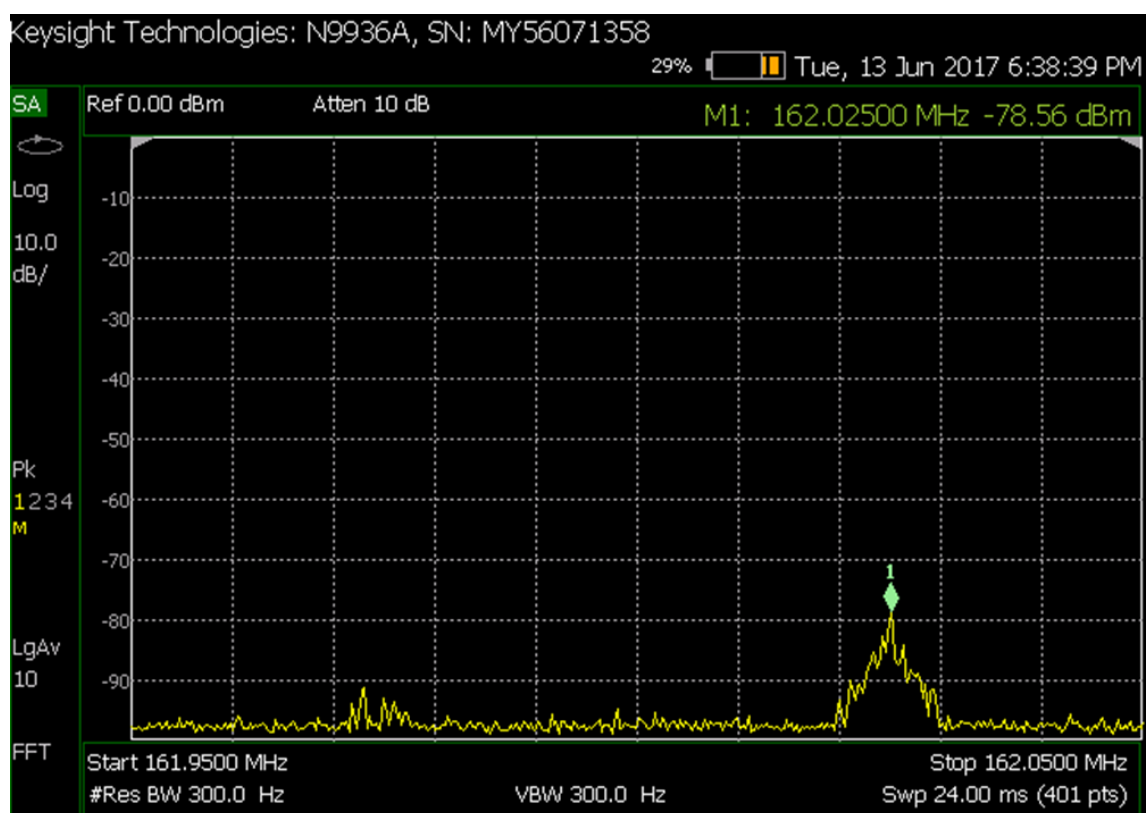


圖 5.16 國立高雄海洋科技大學量測結果



(a) 本中心現階段採用之天線



(b) 本研究所提出之 AIS 接收端天線

圖 5.17 訊號量測結果(國立高雄海洋科技大學)

於 6 月 20 日，研究人員使用兩款天線在本中心頂樓進行訊號量測實驗如圖 5.18、圖 5.19 所示，該量測地點位於港口邊如圖 5.20 所示，附近船舶數量較多，故所量測到之訊號也較強，在 AIS channel 1、channel 2 通信頻率點一樣有兩個峰值產生，而本中心現階段採用之天線訊號所量測到的訊號強度為-94.97dBm 如圖 5.21(a)所示，本研究所提出之 AIS 接收端天線所量測到的訊號強度為-78.56dBm 如圖 5.21(b)所示，可以看出在改善天線增益及輻射場型等特性後 AIS 訊號接收效能上獲得大幅度的提升。



圖 5.18 本中心現階段採用之天線量測



圖 5.19 本研究所提出之 AIS 接收端天線量測

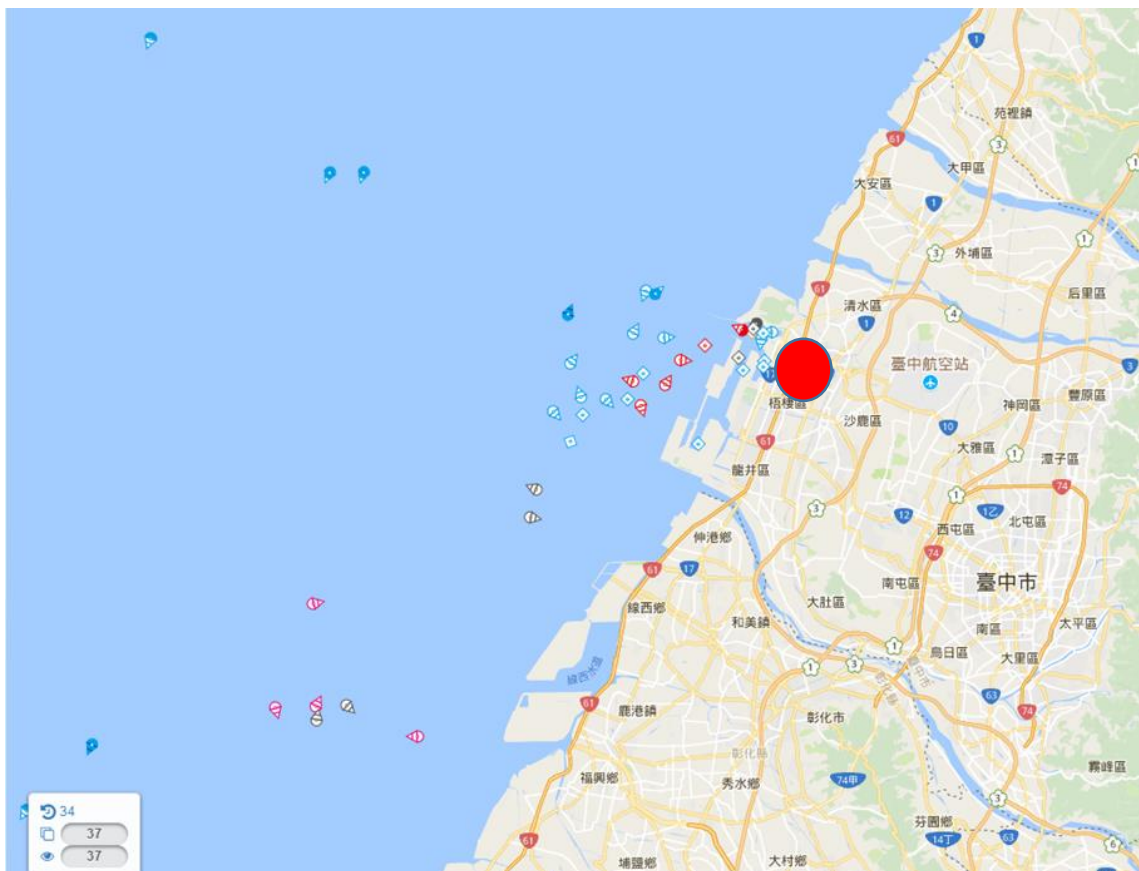
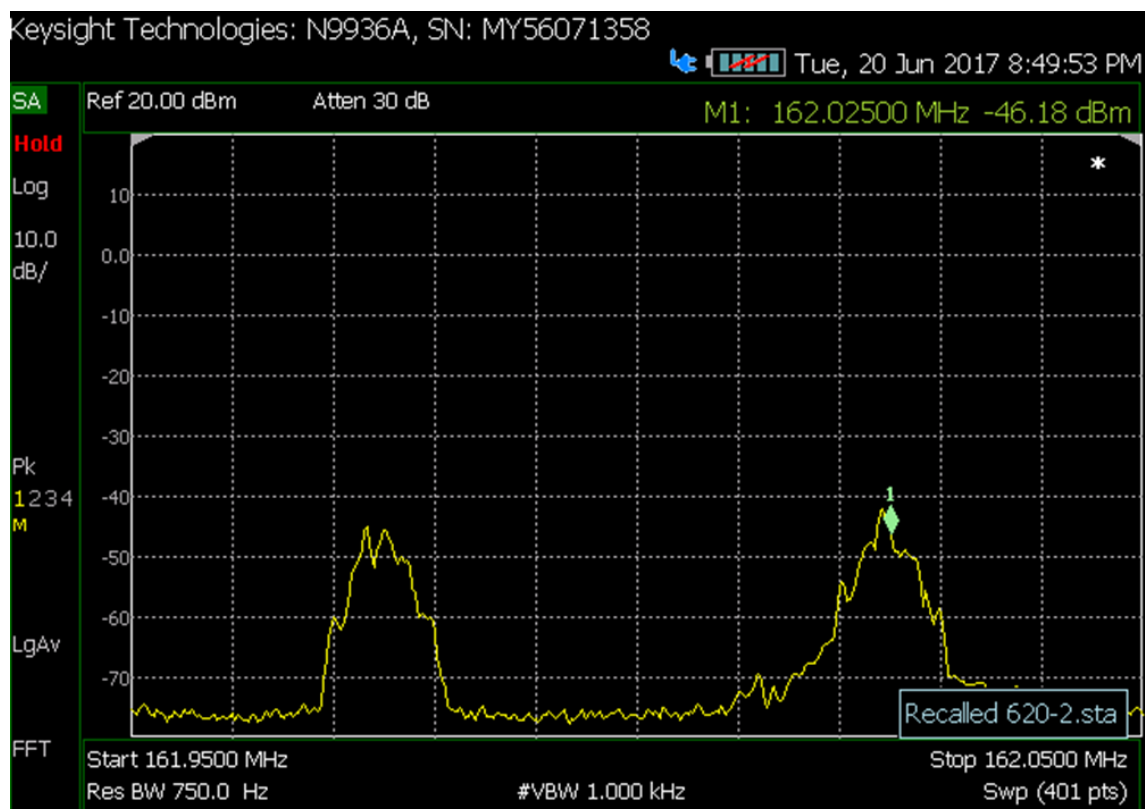
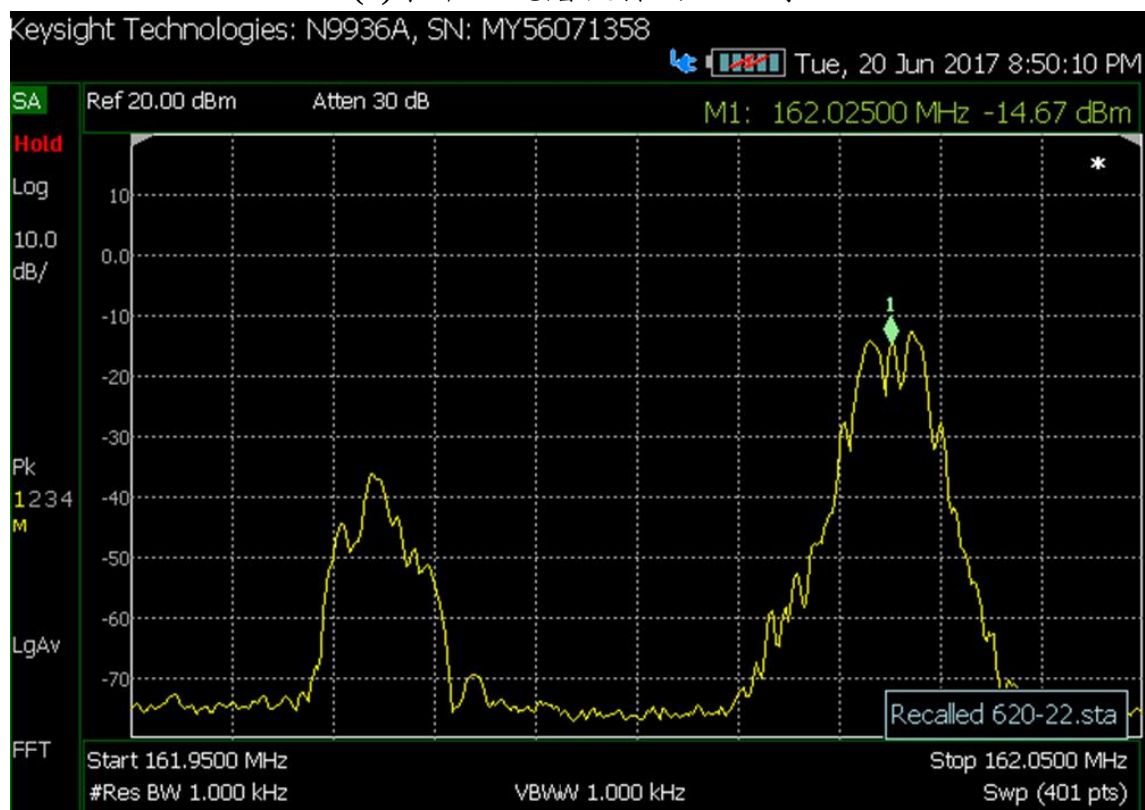


圖 5.20 本中心頂樓量測



(a)本中心現階段採用之天線



(b)本研究所提出之 AIS 接收端天線

圖 5.21 訊號量測結果(本中心頂樓)

另外，還使用了 AIS 發射機作為固定 AIS 信號來源來進行測試，並在 20 公尺外架設兩款天線來測試遠場 AIS 訊號接收效能，在頻率掃描範圍內有兩個峰值(Peak)產生，分別落在 161.975MHz 與 162.025MHz 為 AIS channel 1、2 通信頻率點，而本中心現階段採用之天線信號所量測到的信號強度為-43.23dBm 如圖 5.22(a)所示，本研究所提出之 AIS 基站天線所量測到的信號強度為-30.18dBm 如圖 5.22(b)所示，可以看出在改善天線增益及輻射場型等特性後 AIS 訊號接收效能上獲得大幅度的提升，達到臺灣海域船舶自動識別系統通訊效能之優化。

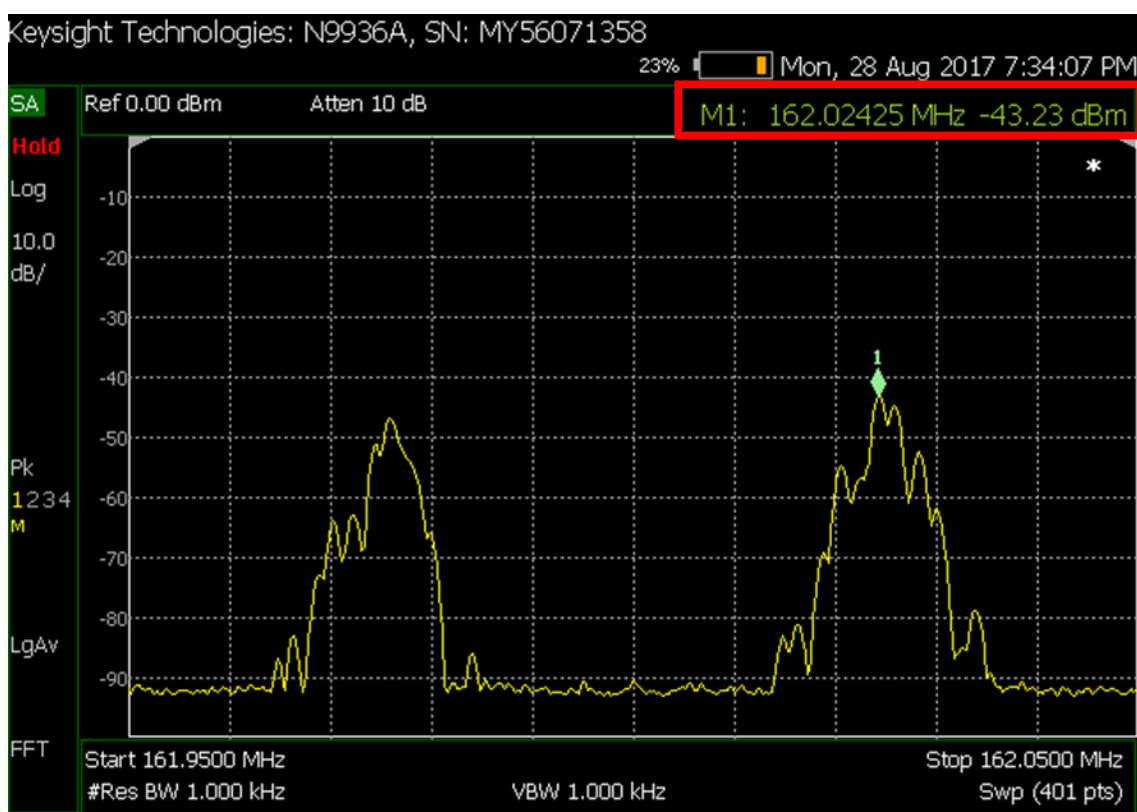


圖 5.22 固定 AIS 信號源之訊號量測結果

最後，本研究在同一時間以及相同之測試環境之下分別使用兩款天線建置 AIS 接收系統模擬 AIS 岸台基站運作方式接收 AIS 訊號，並利用本中心所開發之電子海圖服務與資料安全系統來顯示接收到的船舶資訊，整體架構如圖 5.23 所示。

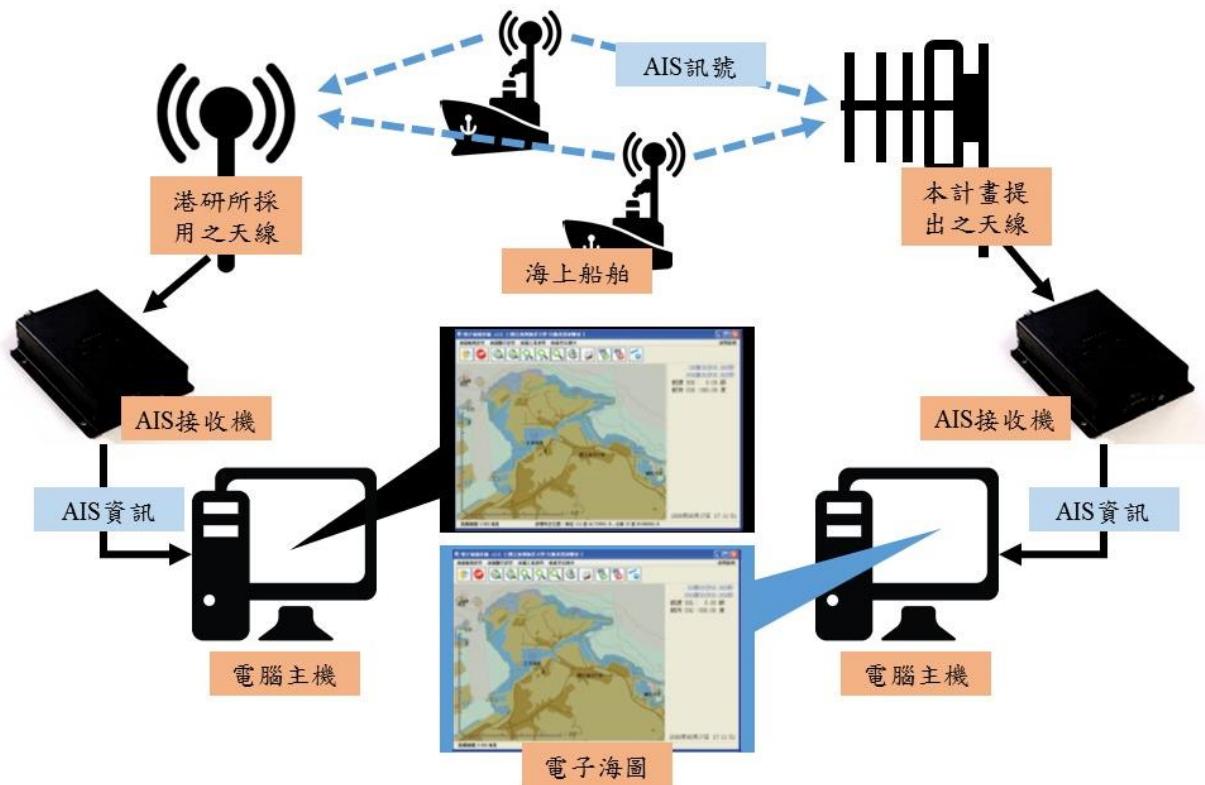
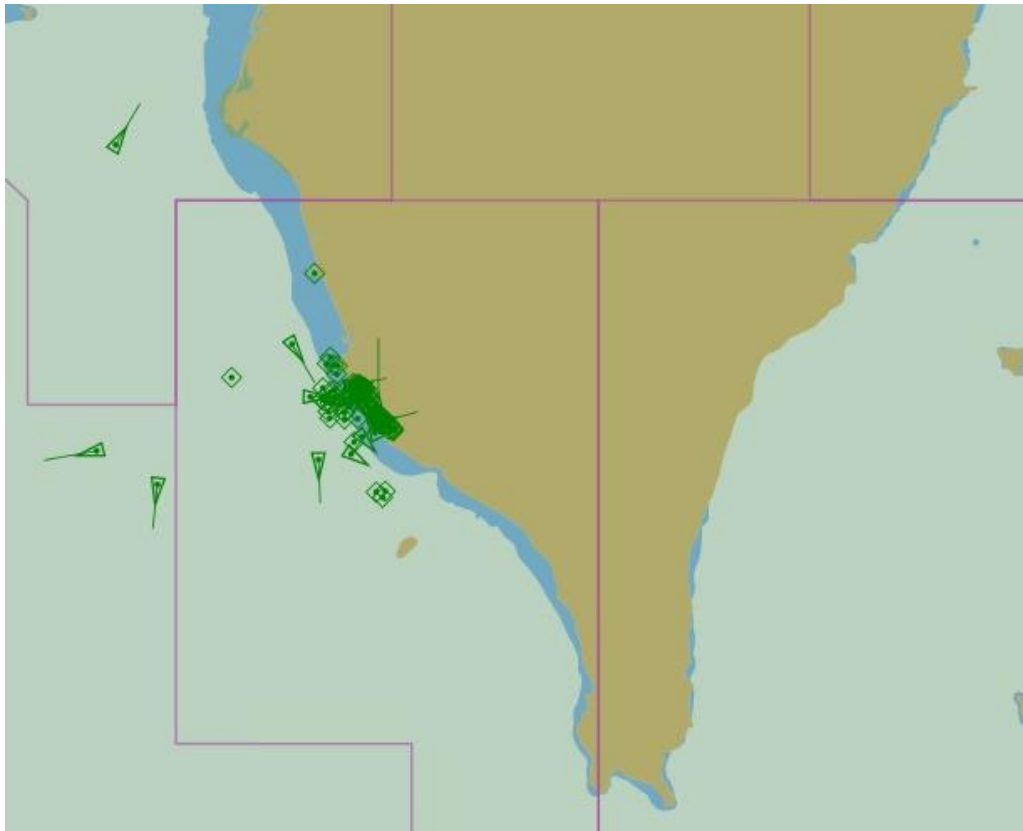
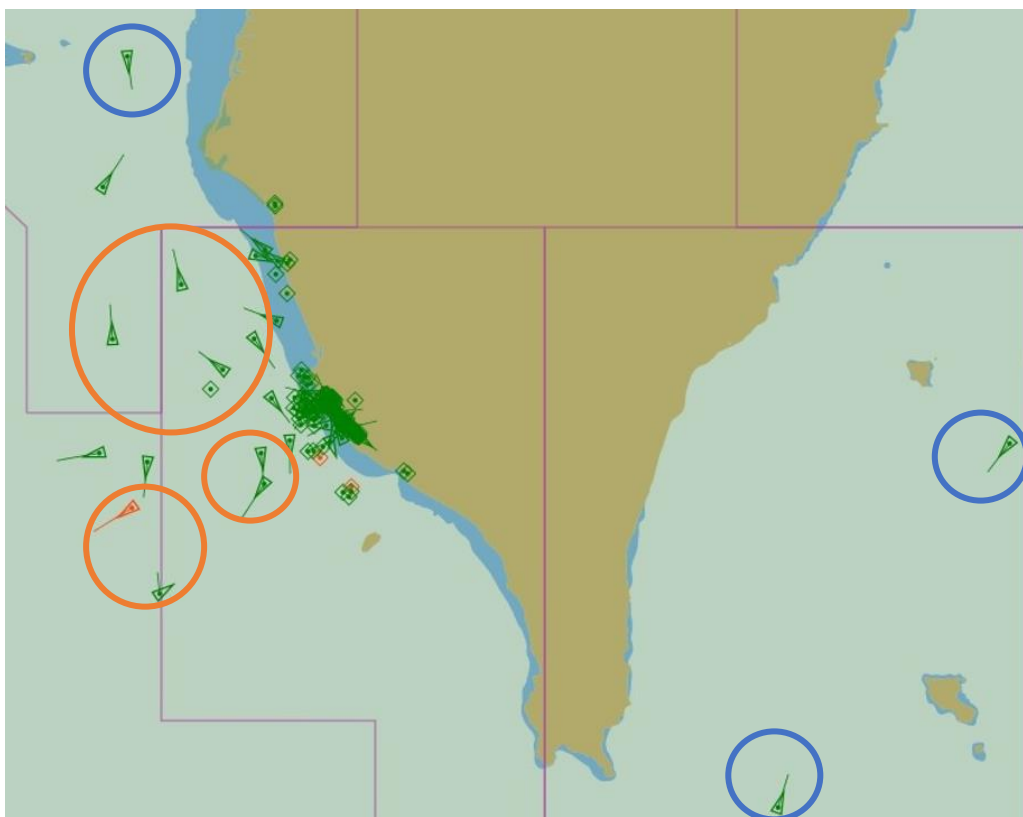


圖 5.23 AIS 接收系統測試架構

兩款天線接收 AIS 訊號後經過 AIS 接收機解析，並將解析出之船舶資訊顯示於電腦上之海圖系統如圖 5.24 所示，藉由海圖比對可以看出相同訊號來源，因為天線增益使接收訊號強度增加，原本較弱而無法被原天線接收之 AIS 訊號在本研究所提出之 AIS 接收端天線測試中獲得改善如圖 5.24(b)中橘色標示所示，故相對的可判斷當傳輸距離延長而衰減之 AIS 訊號一定程度內仍可被解析出來如圖 5.24(b)、5.25(b)中藍色標示所示，進而提升 AIS 系統接收效能及傳輸距離。

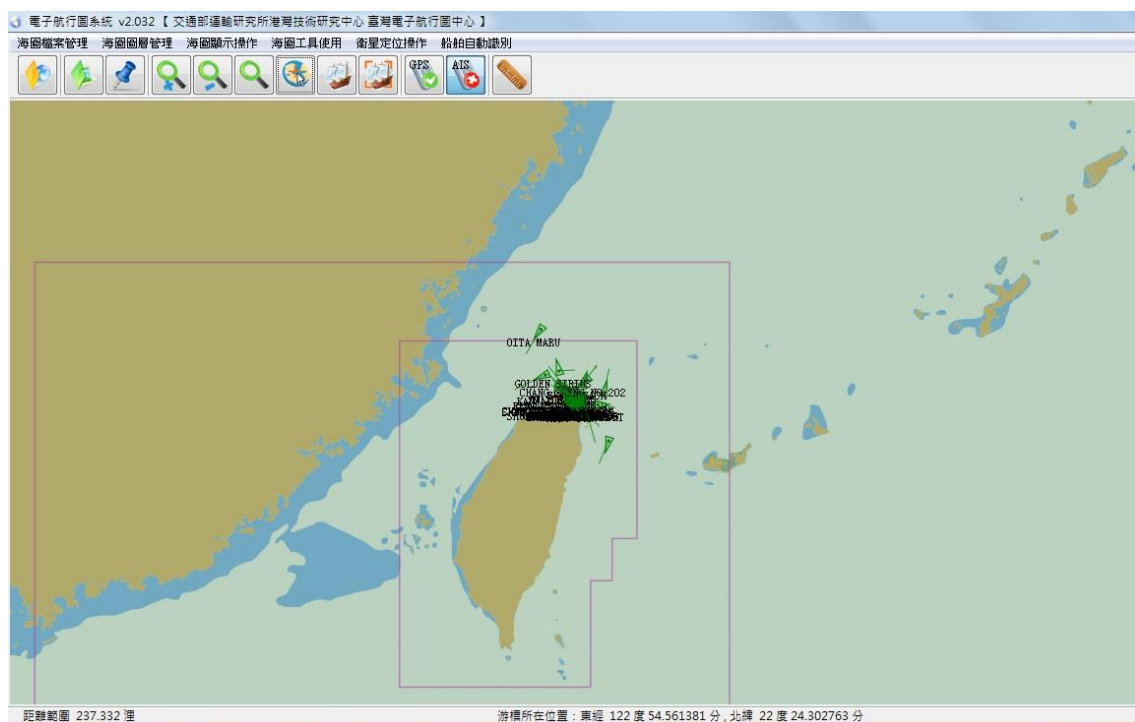


(a) 本中心現階段採用之天線

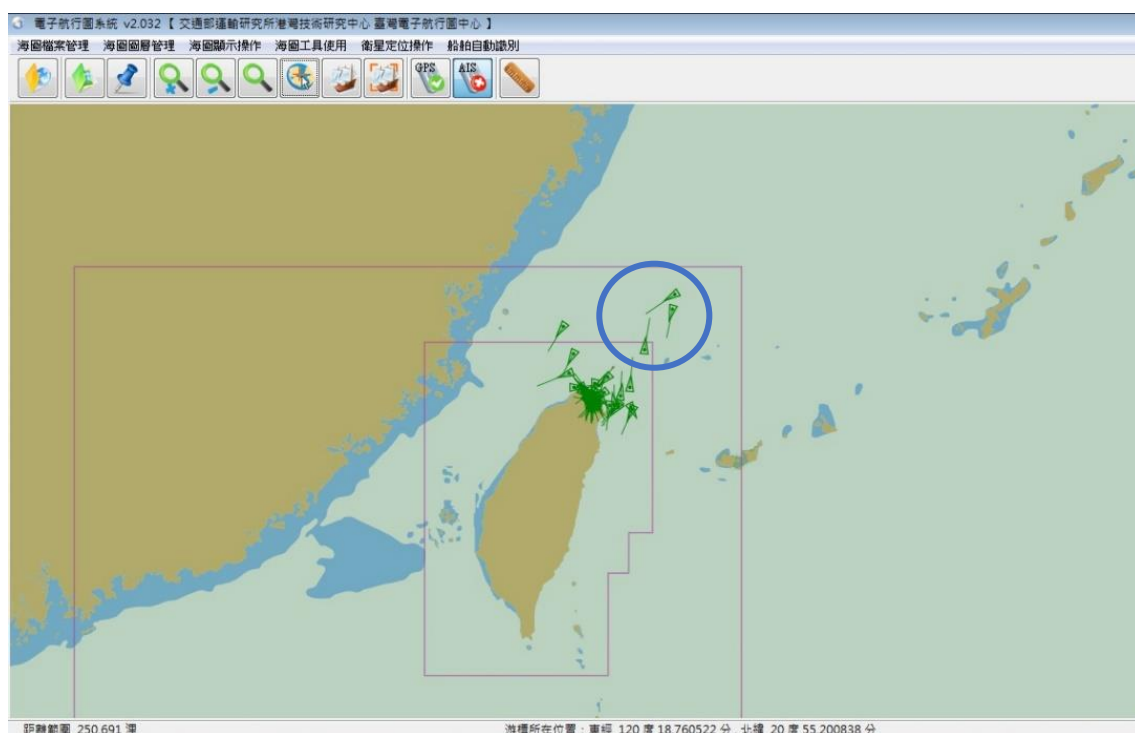


(b) 本研究所提出之 AIS 接收端天線

圖 5.24 利用海圖系統進行接收效能比對(量測位置：高海科大)



(a) 本中心現階段採用之天線



(b) 本研究所提出之 AIS 接收端天線

圖 5.25 利用海圖系統進行接收效能比對(量測位置：海洋大學)

5.1.4 AIS 接收端天線涵蓋角度與架設規劃

本研究利用 HFSS 軟體進行 AIS 接收端天線設計，並模擬出 3D 輻射場型圖如 5.1.2 節所述，接下來透過參數設定繪製出 2D 輻射場形如圖 5.26 所示，檢視 E-plane 和 H-plane 及其涵蓋角度，可以看出此款天線之峰值增益為 7.4dB，增益大於 5dB 之涵蓋角度約為 88° ，而增益大於 2dB 之涵蓋角度約為 128° 。

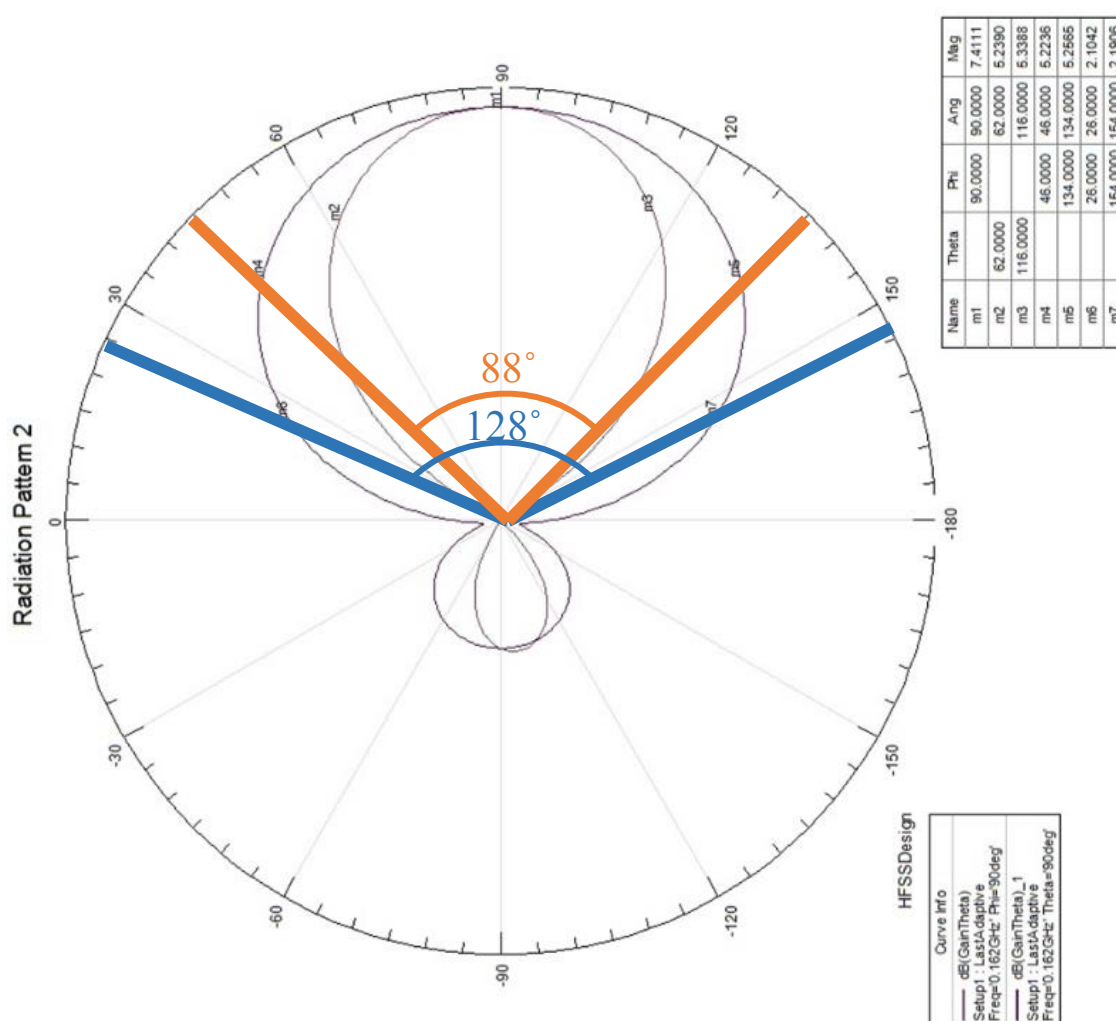


圖 5.26 AIS 接收端天線 2D 場型圖

確認 AIS 接收端天線涵蓋角度之後，在天線方向角度的規劃，理論上以 AIS 接收端天線最高增益方向與海岸線呈現垂直為準則如圖 5.27 所示，如此將能達到最大海平面覆蓋範圍予以提升天線利用率。然而若想擴大 AIS 接收端天線涵蓋範圍，則可利用天線分接頭及兩支天線，以多重輸入(Multiple-Input)的形式進行架設，即可增加涵蓋角度予以擴大 AIS 資訊接收範圍。

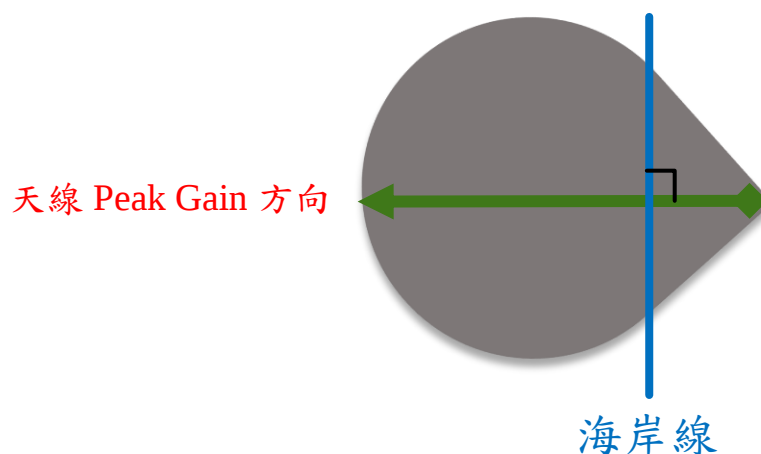


圖 5.27 天線方向角度之規劃

接下來探討其 AIS 天線接收角度，調整天線方向角、高度及俯仰角為有效達成傳輸系統優化的方法之一，尤其適用在改善岸台基站接收、傳遞訊號之效能。因為本研究評估以高增益、指向特性顯著之天線為設計基準，故天線裝設之角度對天線效益之影響甚大，因此須參照經過上述步驟流程所設計之天線特性參數規劃 AIS 接收端天線之俯仰角，俯仰角度公式如下：

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{H}{D}\right) + \frac{\beta}{2} \quad (5-1)$$

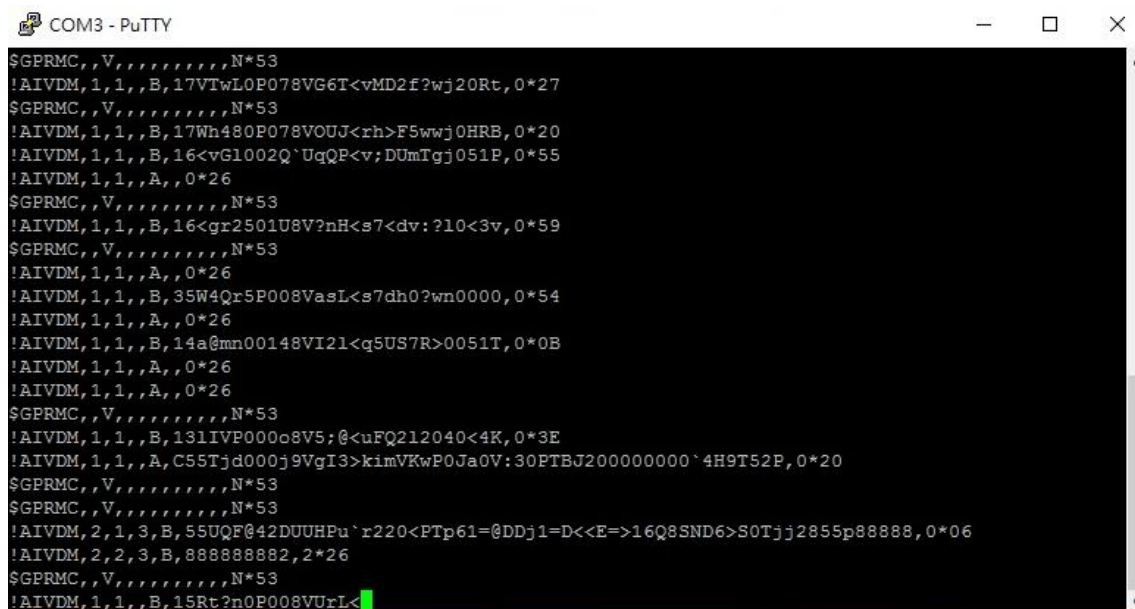
(5-1)式中， α 為傾角， H 為天線裝設高度， D 為覆蓋半徑， β 為垂直半功率角。此外，在天線架設的過程亦需將環境因素納入考量，進而避免天線因受風造成結構損壞、淋雨氧化致使阻抗不匹配或遭雷擊等問題，使整體天線場地、角度之設置規劃能以實際應用為主。

5.2 AIS 行動中繼傳輸技術研發

AIS 行動中繼傳輸系統，包括 AIS 資訊擷取、AIS 資練演算處理、序列埠傳輸、中繼傳輸等技術研發項目。其中在 AIS 中繼訊號資料處理的部分，因為需要透過 AIS 資料類型判定並加以區分格式欄位和資料內容以進行 AIS 資料處理，因此該流程較為繁瑣、複雜，故此階段透過實際測試來檢驗 AIS 中繼訊號轉換結果。同時針對中繼傳輸設備進行有效傳輸距離的測試，分析行動中繼傳輸系統所能涵蓋的通訊範圍。

5.2.1 AIS 資料演算處理結果

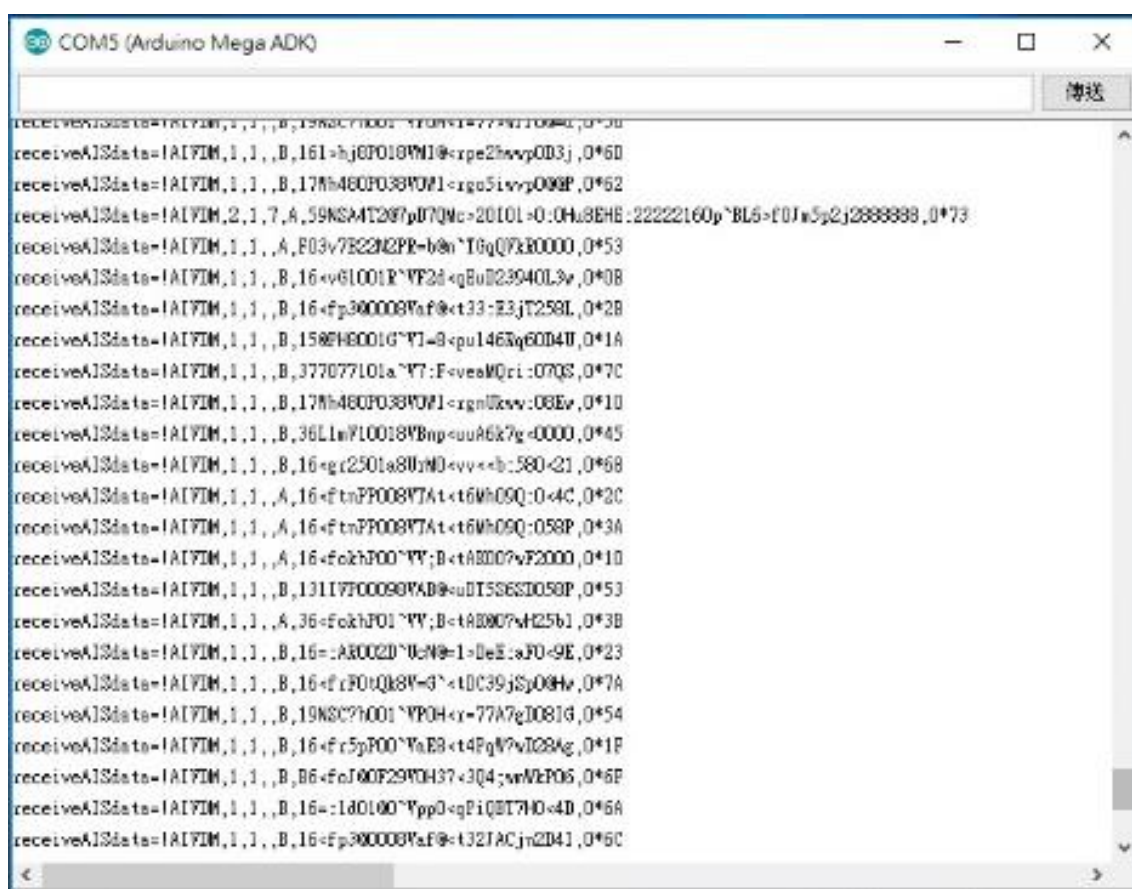
根據 4.2 節所述，本研究運用 Arduino 微控制器由 AIS 接收機擷取 AIS 資訊，然而從序列埠檢視該封包資訊如圖 5.28 所示，可以明顯看出其中夾雜了接收機本身之 GPS 資訊及格式不完整之 AIS 資訊。



```
COM3 - PuTTY
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,17VIwL0P078VG6T<vMD2f?wj20Rt,0*27
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,17Wh480P078VOUJ<rh>F5wwj0HRB,0*20
!AIVDM,1,1,,B,16<vG1002Q`UqQP<v;DUmTgj051P,0*55
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,16<gr2501U8V?nH<s7<dv:2l0<3v,0*59
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,B,35W4Qr5P008VasL<s7dh0?wn0000,0*54
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,B,14a@mn00148VI2l<q5US7R>0051T,0*0B
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,131IVP000o8V5;@<uFQ212040<4K,0*3E
!AIVDM,1,1,,A,C55Tjd000j9VgI3>kimVKwP0Ja0V:30PTBJ200000000`4H9T52P,0*20
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,2,1,3,B,55UQF@42DUUHPu`r220<FTp61=@DDj1=D<<E=>16Q8SND6>S0Tjj2855p88888,0*06
!AIVDM,2,2,3,B,888888882,2*26
$GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,15Rt?n0P008VUxL<
```

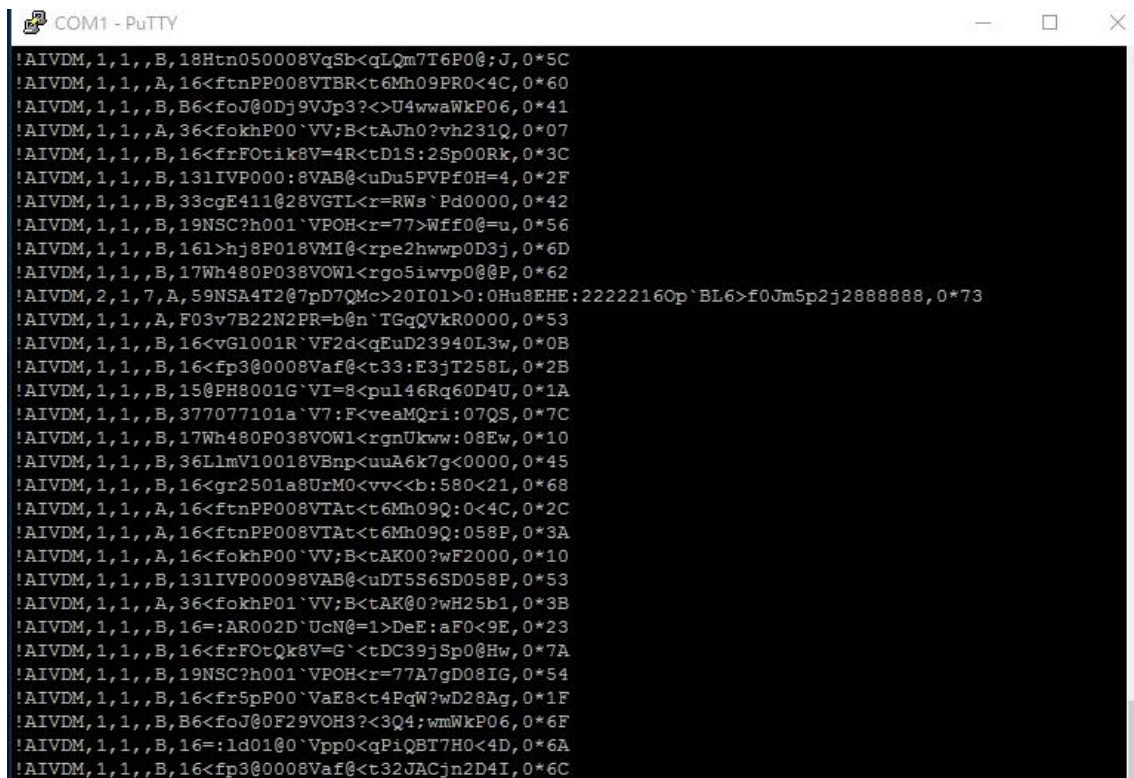
圖 5.28 由 AIS 接收機所擷取的 AIS 資訊

經過本研究所設計之資料處理演算法後，刪減了非 AIS 資訊並過濾錯誤訊息如圖 5.29 所示，接下來即透過序列埠將 AIS 資料傳輸至中繼傳輸設備，然而之間必須經過傳輸介面的轉換，由微控制器之電晶體邏輯(Transistor-Transistor Logic, TTL)轉換為中繼傳輸設備專用之 DB-25 介面。由於先前中繼傳輸設備以及中繼基站已經過相關設定，故當中繼傳輸設備監聽到序列埠有資料輸入時即會進行資料轉發，而中繼基站所接收到的 AIS 資料如圖 5.30 所示，與圖 5.29 進行比對可以看出 AIS 資料完整的被轉發至中繼基站。



```
COM5 (Arduino Mega ADK)
receiveAISdata=MMSI=1,1,1,B,1962C7001~Y0H*1=77*W10680,0*30
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,161>hj0P010W1I<xrpe2hwvpOD3j,0*6D
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,17Ab480P038V0W1<rgo5iwyqO98P,0*62
receiveAISdata=1AIVDM,2,1,7,A,59NSAT207pD7QWc>20101>0:0H8EHE:22222160p`BL6>f01w5p2j2888888,0*73
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,A,E03v7E22N2PE=b0n`Y6qQ7kR0000,0*53
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<v61001F~VF2d<qEuD2394OL3v,0*08
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<fp300008Vaf@<t33>E3jT258L,0*2B
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,158FH6001G~YJ=>8<pu1463q60D4U,0*1A
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,377077101a~Y7:F=vesMQri:07Q3,0*7C
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,17Ab480P038V0W1<rgnUkxv:08Ev,0*10
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,36L1m710018VBnp<uuA6k7g<0000,0*45
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<gr2501a8UjND<vvv<<b:580<21,0*68
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,A,16<ftnPP008V7At<t6Wb09Q:0<4C,0*2C
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,A,16<ftnPP008V7At<t6Wb09Q:058P,0*3A
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,A,16<fozhPO0~VY;B<tAB00?wF2000,0*10
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,131I7F00090VAD@<uDT5S6SD058P,0*53
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,A,36<fozhPO1~VY;B<tAB00?wH25b1,0*3B
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16=:A3002D~UcN@=1>DeE:aFO<9E,0*23
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<frFOtQk8V=3~<tDC39jSp08Hv,0*7A
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,19NSC7h001~YPOH<v=77A7gD081G,0*54
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<fr5pPO0~VaE8<t4PgV?wI28Ag,0*1F
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,B6<foJ60F29V0H37<3Q4;wVtEP06,0*6F
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16=:1d0100~Ypp0<qPiQBT7ND<4D,0*6A
receiveAISdata=1AIVDM,1,1,,B,16<fp300008Vaf@<t32TACjn2D41,0*6C
```

圖 5.29 經由 Arduino 微控制器進行資料處理後的 AIS 資料



```
!AIVDM,1,1,,B,18Htn050008VqSb<qLQm7T6P0@;J,0*5C
!AIVDM,1,1,,A,16<ftnPP008VTBR<t6Mh09PR0<4C,0*60
!AIVDM,1,1,,B,B6<foJ@0Dj9VJp3?<>U4wwaWkP06,0*41
!AIVDM,1,1,,A,36<fokhP00`VV;B<tAJh0?vh231Q,0*07
!AIVDM,1,1,,B,16<frFOtik8V=4R<tD1S:2Sp00Rk,0*3C
!AIVDM,1,1,,B,131IVP000:8VAB@<uD5PVPf0H=4,0*2F
!AIVDM,1,1,,B,33cgE411@28VGTl<r=RWs`Pd0000,0*42
!AIVDM,1,1,,B,19NSC?h001`VPOH<r=77>Wff0@=u,0*56
!AIVDM,1,1,,B,161>hj8P018VMI@<rpe2hwwp0D3j,0*6D
!AIVDM,1,1,,B,17Wh480P038VOWl<rgo5iwwp0@P,0*62
!AIVDM,2,1,7,A,59NSA4T2@7pD7QMc>20I01>0:0Hu8EHE:2222216Op`BL6>f0Jm5p2j2888888,0*73
!AIVDM,1,1,,A,F03v7B22N2PR=b@n`TGqQVkr0000,0*53
!AIVDM,1,1,,B,16<vG1001R`VF2d<qEuD23940L3w,0*0B
!AIVDM,1,1,,B,16<fp3@0008Vaf@<t33:E3jT258L,0*2B
!AIVDM,1,1,,B,15@PH8001G`VI=8<pul46Rq60D4U,0*1A
!AIVDM,1,1,,B,377077101a`V7:F<veaMQri:07QS,0*7C
!AIVDM,1,1,,B,17Wh480P038VOWl<rgnUkww:08Ew,0*10
!AIVDM,1,1,,B,36LlmV10018VBnp<uuA6k7g<0000,0*45
!AIVDM,1,1,,B,16<gr2501a8Urm0<vv<b:580<21,0*68
!AIVDM,1,1,,A,16<ftnPP008VTAt<t6Mh09Q:0<4C,0*2C
!AIVDM,1,1,,A,16<ftnPP008VTAt<t6Mh09Q:058P,0*3A
!AIVDM,1,1,,A,16<fokhP00`VV;B<tAK00?wF2000,0*10
!AIVDM,1,1,,B,131IVP00098VAB@<uDT5S6SD058P,0*53
!AIVDM,1,1,,A,36<fokhP01`VV;B<tAK0?wH25b1,0*3B
!AIVDM,1,1,,B,16=:AR002D`UcN@=1>DeE:aF0<9E,0*23
!AIVDM,1,1,,B,16<frFOtQk8V=G`<tDC39jSp0@Hw,0*7A
!AIVDM,1,1,,B,19NSC?h001`VPOH<r=77A7qD08IG,0*54
!AIVDM,1,1,,B,16<fr5pP00`VaE8<t4PqW?wD28Ag,0*1F
!AIVDM,1,1,,B,B6<foJ@0F29VOH3?<3Q4;wmWkP06,0*6F
!AIVDM,1,1,,B,16=:ld01@0`Vpp0<qPiQBT7H0<4D,0*6A
!AIVDM,1,1,,B,16<fp3@0008Vaf@<t32JACjn2D4I,0*6C
```

圖 5.30 中繼基站所擷取的 AIS 資料

5.2.2 AIS 行動中繼傳輸系統實體

AIS 行動中繼傳輸系統實體如圖 5.31 所示，即採用序列埠監聽的方式，將經資料處理演算的 AIS 資料以及經中繼傳輸之 AIS 資料於 PC 端進行比對，實際測試 AIS 資料傳輸結果。確認 AIS 資料傳輸可正確執行後，則將 AIS 行動中繼傳輸系統的傳送端與接收端分別架設於兩處如圖 5.31、圖 5.32 及圖 5.33 所示，並接上假負載進行傳輸，並同時將接收端之 AIS 資料匯入至本中心所開發之電子海圖來檢視 AIS 資料是否可正確判讀和顯示。測驗結果為 AIS 行動中繼傳輸系統能夠正確動作。



圖 5.31 AIS 行動中繼傳輸系統實體圖

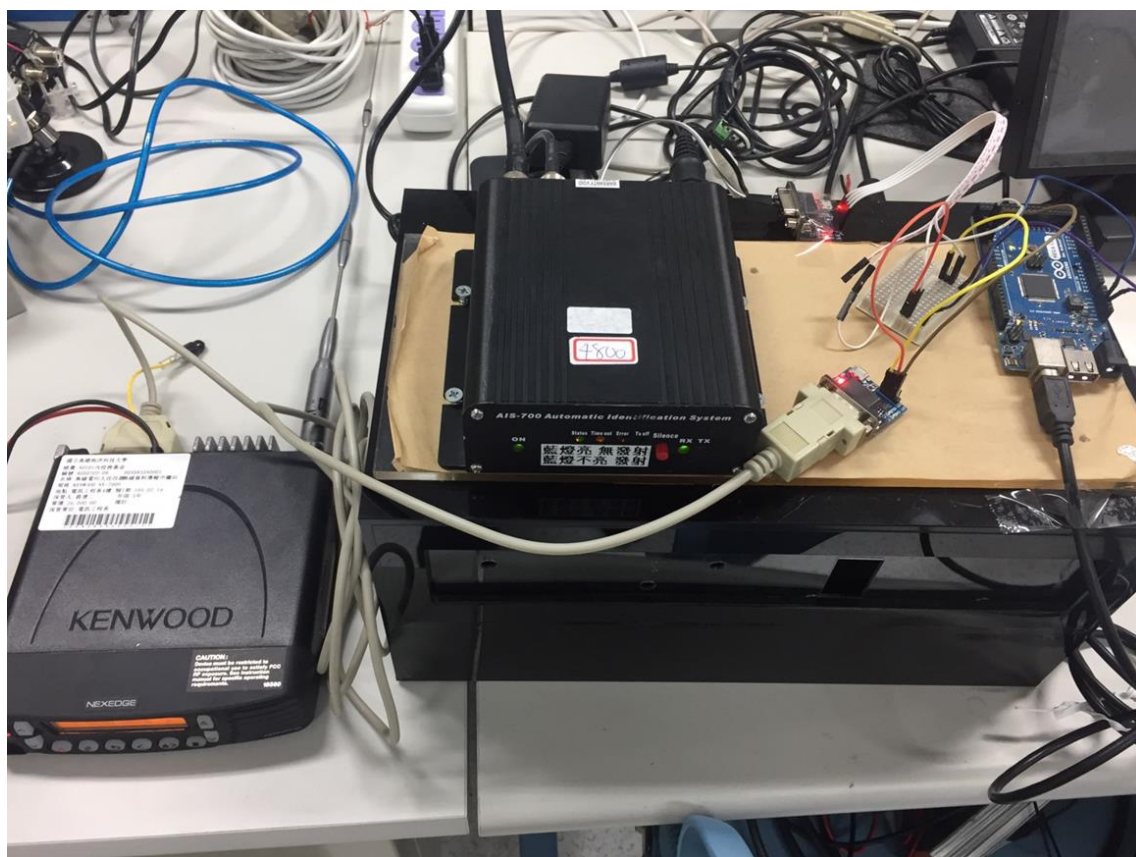


圖 5.32 AIS 行動中繼傳輸系統傳送端

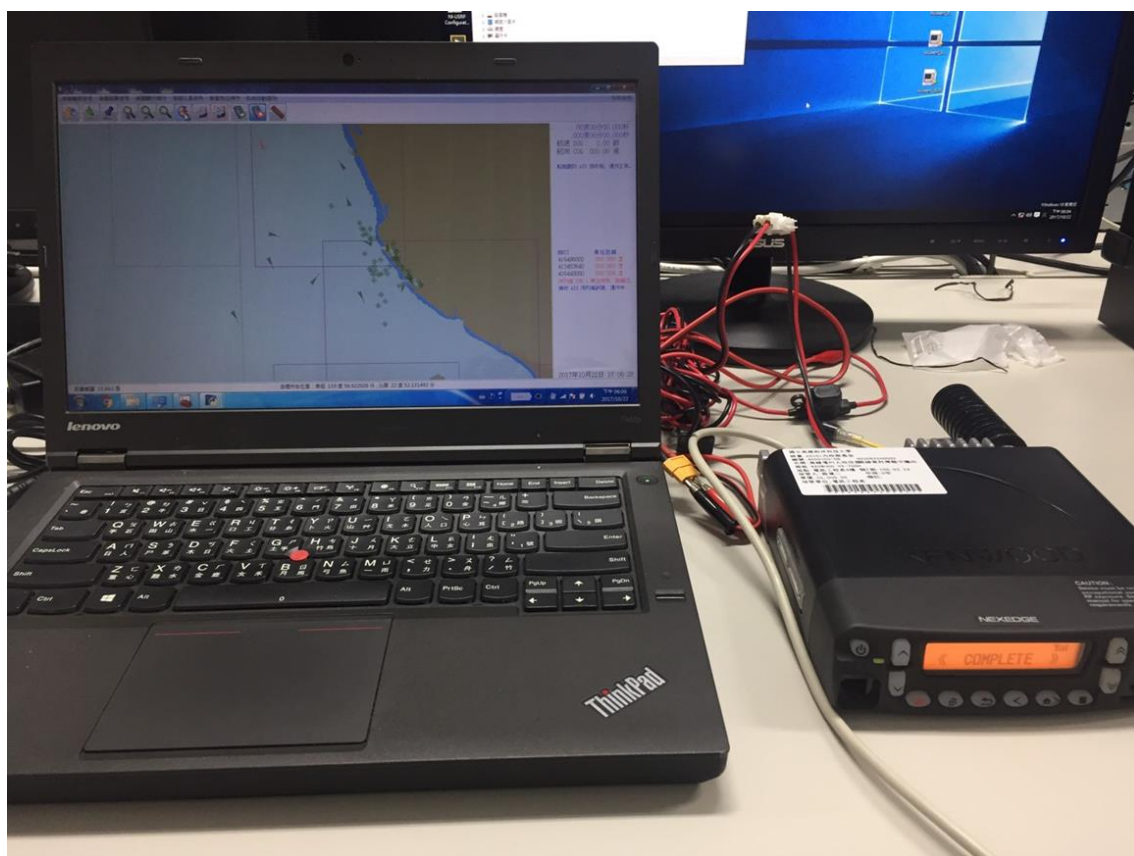


圖 5.33 AIS 行動中繼傳輸系統接收端匯入至電子海圖

由系統實體圖可以了解 AIS 行動中繼傳輸系統所需之設備及配置(不含 AIS 接收設備及電子海圖系統)，以下分別以中繼傳送、中繼接收端敘述，而系統所需之設備、材料含施工費用概估為 15 萬。

中繼傳送端：中繼傳輸設備、中繼傳輸天線、電源供應器、微控制器、訊號傳輸線及序列埠傳輸線

中繼接收端：中繼傳輸設備、中繼傳輸天線、電源供應器、微控制器、訊號傳輸線及序列埠傳輸線

5.2.3 AIS 行動中繼傳輸系統效能測試

於 AIS 行動中繼傳輸系統試驗完成後，則開始進行中繼傳輸設備有效傳輸距離的測試，分析行動中繼傳輸系統所能涵蓋的通訊範圍。為模擬 AIS 行動中繼傳輸系統運作在海上之情形，研究人員將 AIS 行動中繼傳輸系統之傳送端架設於琉球國小同時運用本研究所設計之

AIS 接收端天線來接收 AIS 訊號，並於臺灣西南沿岸包含:枋寮國小、枋山會館、楓港漁港及關山觀景台四個測試地點如圖 5.34 所示，分別架設 AIS 行動中繼傳輸系統接收端進行傳輸測試，並以本中心所開發之電子海圖來檢視 AIS 資料，從而驗證 AIS 行動中繼傳輸系統有效傳輸距離。



圖 5.34 AIS 行動中繼傳輸系統測試地點

然而於 AIS 行動中繼傳輸系統中，本研究所採用的天線為 BC100 全向性天線如圖 5.35 所示，以中心頻率 155MHz 為基準，故導電銅芯的採用長度約為 1,130mm。



圖 5.35 BC100 全向性天線

圖 5.36、圖 5.37 為位於琉球國小頂樓之 AIS 行動中繼傳輸系統之傳送端架設情況，圖 5.38 為架設完成之實體圖。



圖 5.36 AIS 行動中繼傳輸系統架設情況



圖 5.37 AIS 行動中繼傳輸系統天線架設情況



圖 5.38 AIS 行動中繼傳輸系統傳送端實體圖(琉球國小)

第一個測試地點位於枋寮國小旁之海堤，距離傳送端 23.09 公里約 12.48 海浬，經由中繼傳輸並匯入至電子海圖之 AIS 資料如圖 5.39 所示。AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體如圖 5.40 所示。

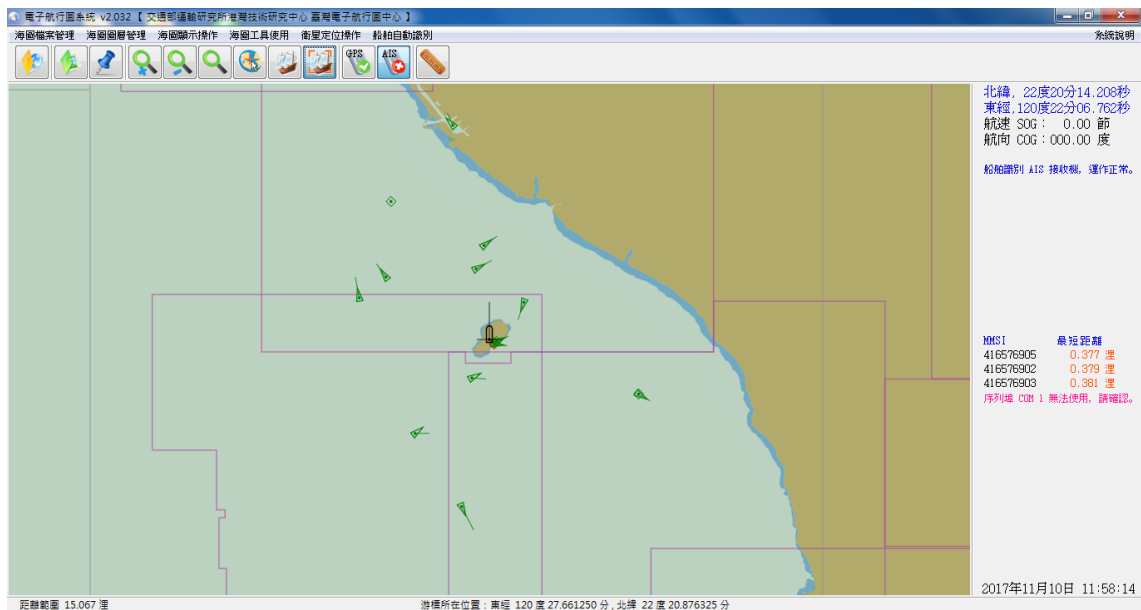


圖 5.39 AIS 中繼資料接收情形(枋寮國小)



圖 5.40 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(枋寮國小)

第二個測試地點位於枋山會館入口，距離傳送端 30.34 公里約 16.4 海浬，經由中繼傳輸並匯入至電子海圖之 AIS 資料如圖 5.41 所示。AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體如圖 5.42 所示。

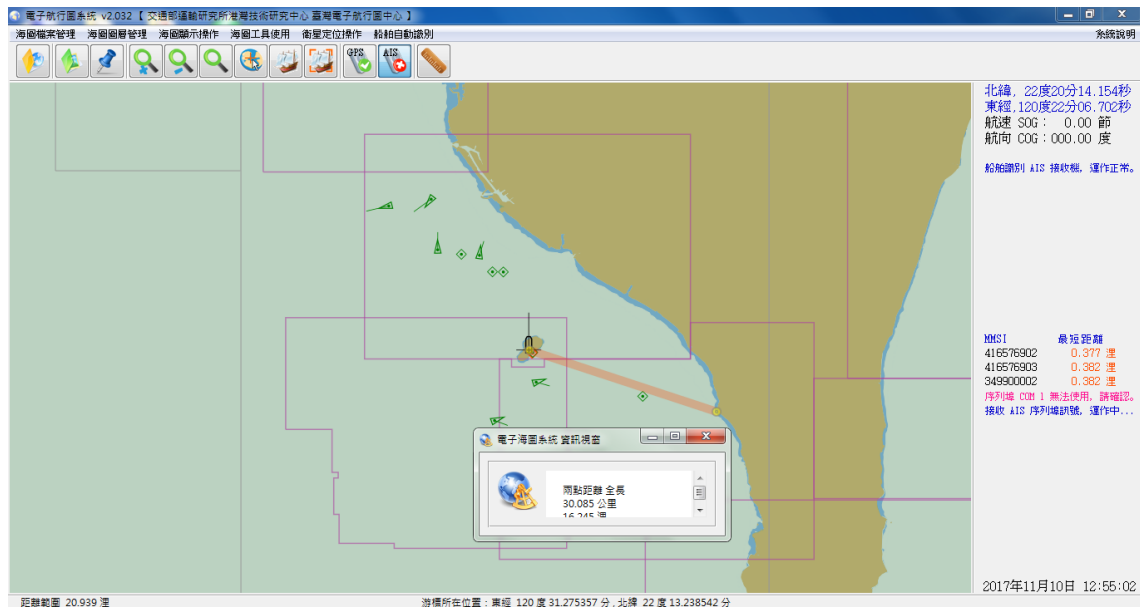


圖 5.41 AIS 中繼資料接收情形(枋山會館)



圖 5.42 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(枋山會館)

第三個測試地點位於楓港漁港，距離傳送端 36.97 公里約 19.98 海浬，經由中繼傳輸並匯入至電子海圖之 AIS 資料如圖 5.43 所示。AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體如圖 5.44 所示。

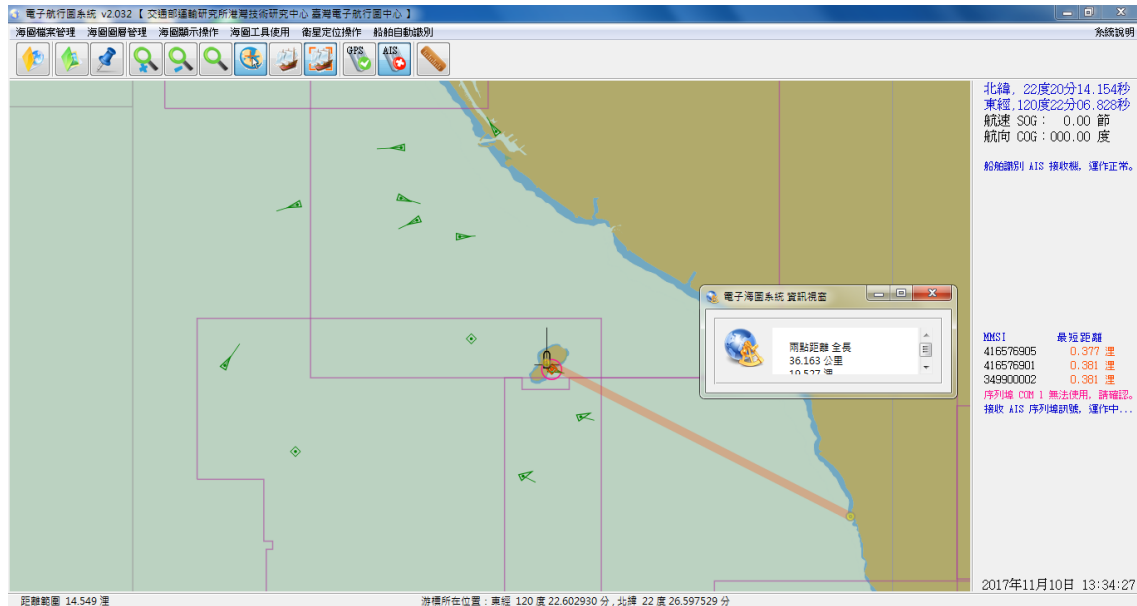


圖 5.43 AIS 中繼資料接收情形(楓港漁港)



圖 5.44 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(楓港漁港)

第四個測試地點位於關山觀景台，距離傳送端 54.91 公里約 29.68 海浬，經由中繼傳輸並匯入至電子海圖之 AIS 資料如圖 5.45 所示。AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體如圖 5.46 所示。

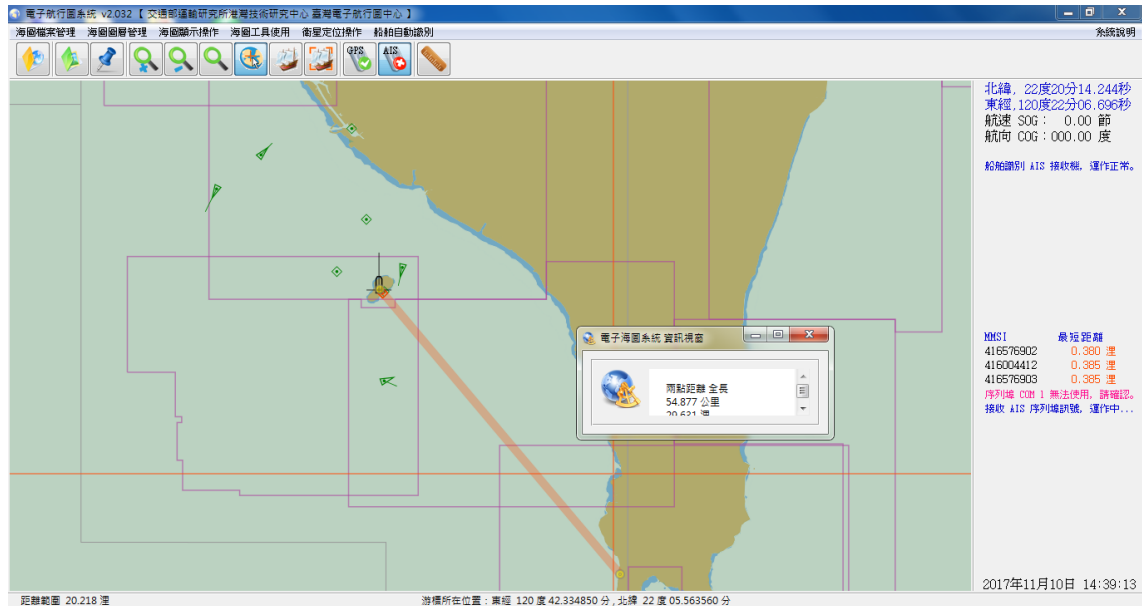


圖 5.45 AIS 中繼資料接收情形(關山觀景台)



圖 5.46 AIS 行動中繼傳輸系統接收端實體圖(關山觀景台)

由以上的測驗結果可以得出，AIS 行動中繼傳輸系統之有效傳輸距離為大於 30 海浬，並能將 AIS 資料透過中繼傳輸的方式正確地回傳至岸台基站予以顯示於電子海圖平台。

5.2.4 AIS 行動中繼傳輸系統於臺馬之星上之效能實測

於前一小節中，本研究於小琉球與臺灣西南沿岸幾處地點進行 AIS 行動中繼傳輸系統傳輸效能實測，其目的為模擬中繼傳輸系統運作在海上之情形，測試結果為中繼傳輸系統之有效傳輸距離約為 30 海浬，並能正確將 AIS 資料轉發且在電子海圖平台上顯示。接下來則將 AIS 行動中繼傳輸系統建置於臺馬之星上進行傳輸效能實際測驗，並於航行過程中持續監控 AIS 訊號轉發回基站的情況，以測試 AIS 行動中繼傳輸系統搭載於航行船舶上所能達到的中繼傳輸效果。

測試方法為在臺馬之星上建置 AIS 中繼傳送端，並以中繼傳輸的方式將臺馬之星所接收到的 AIS 資訊轉傳至陸地上的 AIS 中繼接收端，再利用電子海圖平台來檢視其傳輸距離。圖 5.47、圖 5.48 為 12 月 6 日在臺馬之星航控室內進行 AIS 中繼傳送端設備架設之情形與實體，圖 5.49、圖 5.50 則為在臺馬之星第一甲板上進行 AIS 中繼傳送端天線架設之情形與實體。



圖 5.47 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端設備架設情形



圖 5.48 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端設備實體



圖 5.49 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端天線架設情形

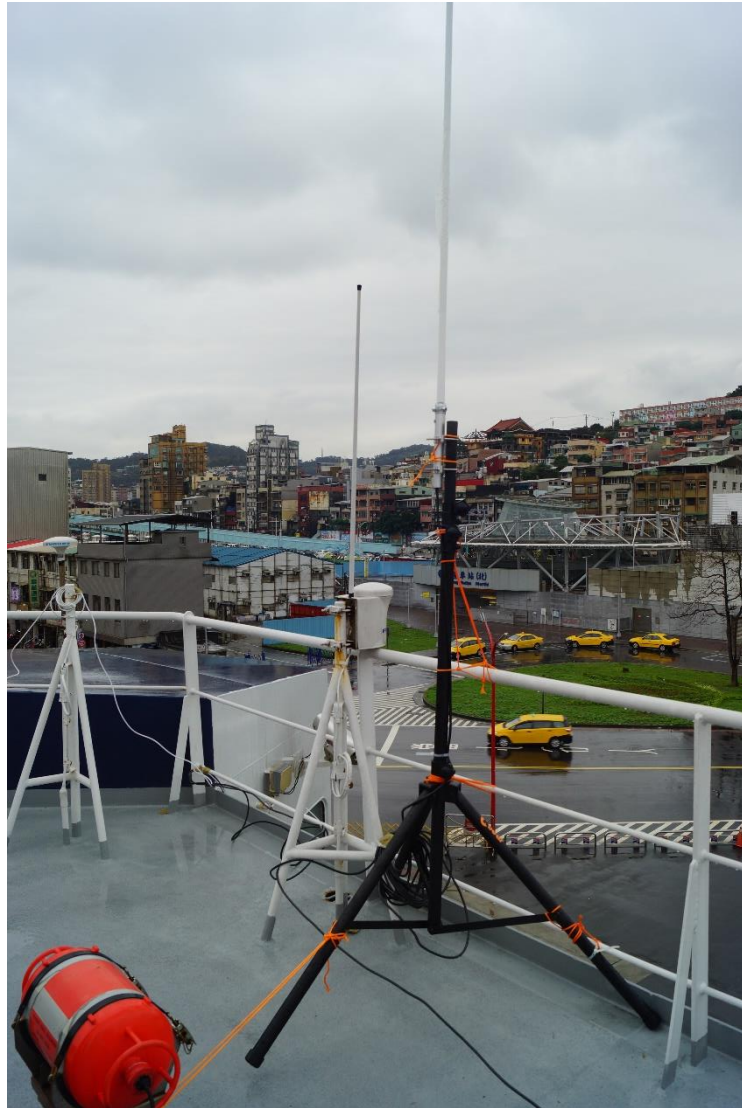


圖 5.50 臺馬之星上 AIS 中繼傳送端天線實體

然而 AIS 中繼接收端之架設位置選址於交通部基隆港航管中心如圖 5.51 所示，圖 5.52 為在航管中心室內進行 AIS 中繼接收端設備架設之實體圖，圖 5.53 則為在航管中心頂樓進行 AIS 中繼接收端天線架設之實體圖。



圖 5.51 交通部基隆港航管中心

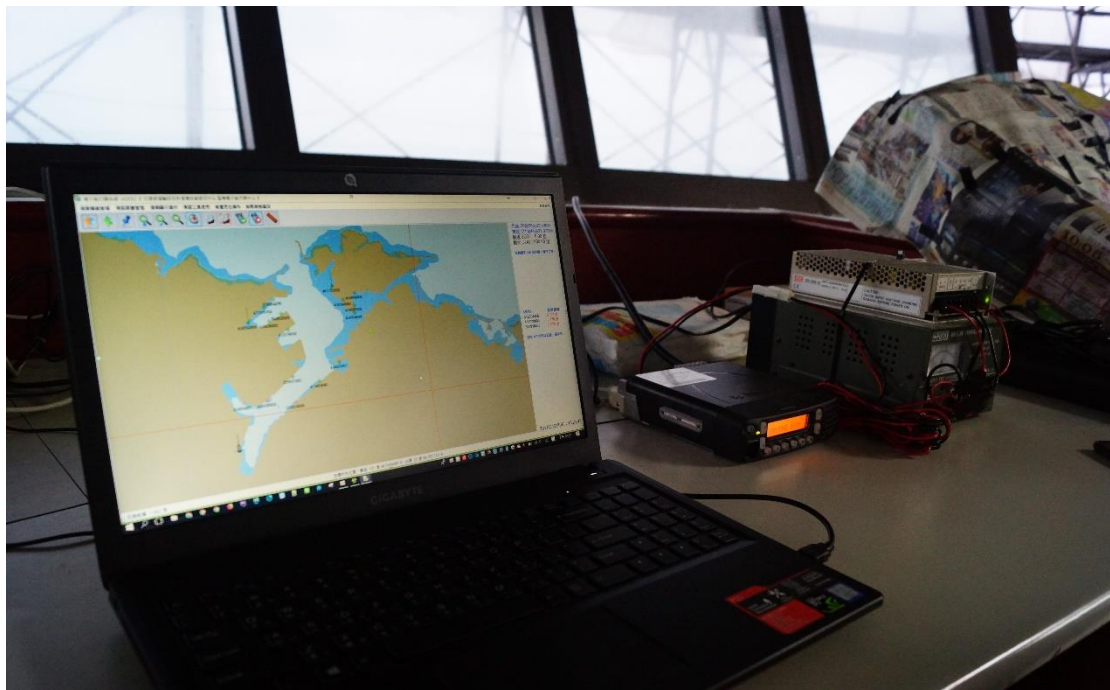


圖 5.52 航管中心 AIS 中繼接收端設備實體



圖 5.53 航管中心 AIS 中繼接收端天線實體

完成 AIS 行動中繼傳輸系統之架設後，於當天由基隆開往馬祖的航程中，下圖即研究人員於航管中心監測 AIS 中繼接收端的訊號接收情形，如圖 5.54 所示，測試結果則如圖 5.55、圖 5.56 所示。



圖 5.54 於航管中心監測 AIS 中繼接收端的訊號接收情形



圖 5.55 AIS 行動中繼傳輸測試結果

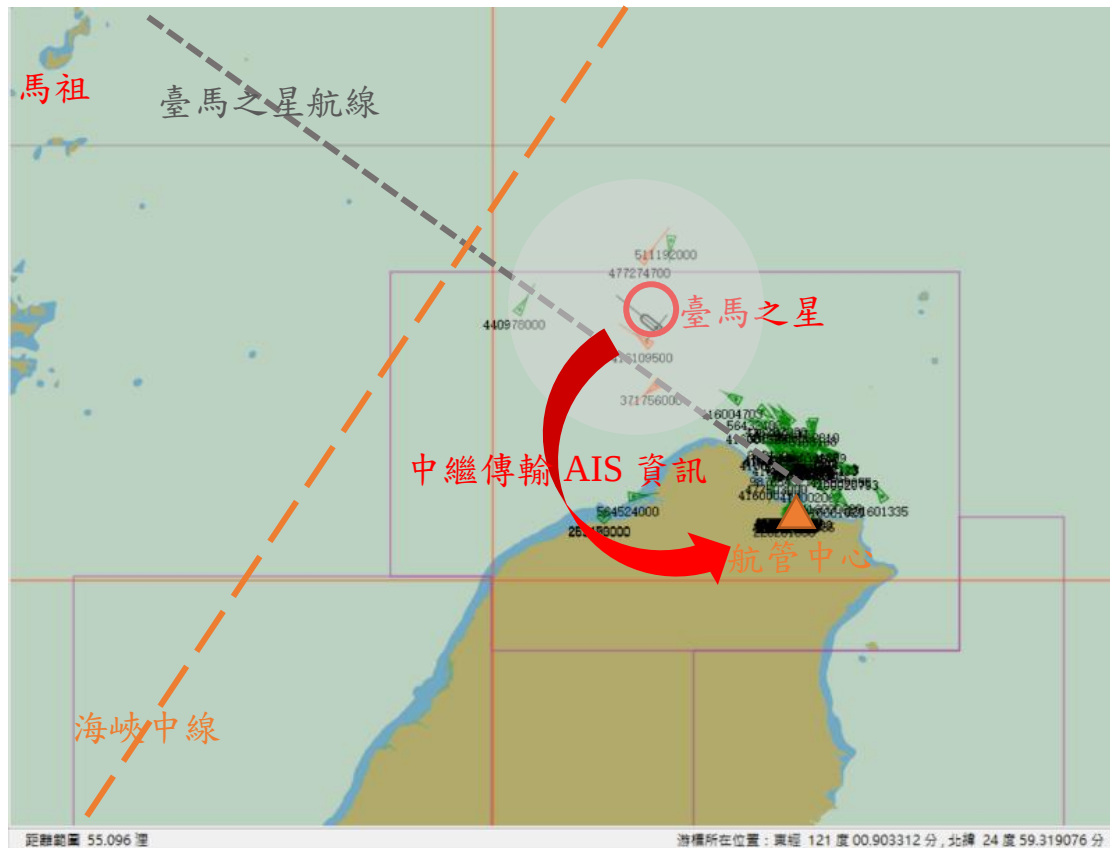


圖 5.56 AIS 行動中繼傳輸測試結果

由圖 5.55 可以看出由中繼傳輸所轉傳之臺馬之星最遠位置，與交通部基隆航管中心之距離約為 56 公里即 30.23 海浬，圖 5.56 則表示臺馬之星航線中 AIS 行動中繼傳輸系統有效傳輸範圍接近於海峽中線，實能彌補岸台基站接收效果達到延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離之目的。然而藉由 AIS 行動中繼傳輸系統所能達到的 AIS 資訊接收距離，包含船舶上 AIS 接收距離 25 海浬及中繼傳輸距離 30 海浬，預計能達到 55 海浬如圖 5.57 所示。

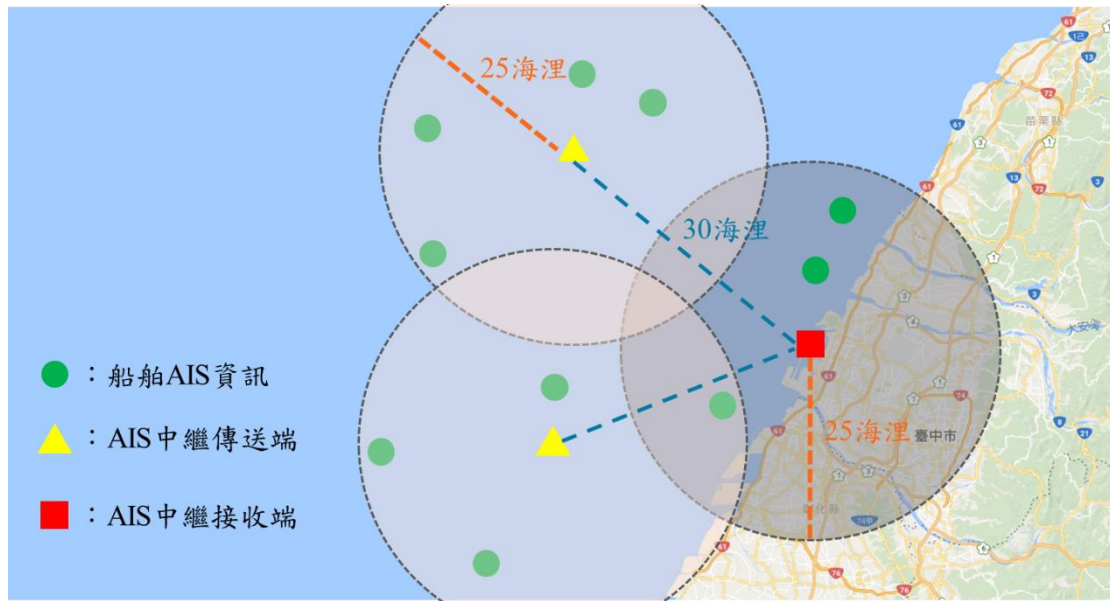


圖 5.57 AIS 行動中繼傳輸系統所能達到的 AIS 資訊接收距離

第六章 結論

6.1 結論

海洋事務管理體系之建立以維持船舶航行秩序進而提升航運安全與航行效率，一直以來都被列為智慧海洋科技發展之指標方向，本研究以擴大船舶自動化識別系統資訊覆蓋範圍為研究目的，探討船舶自動識別系統發展與應用現況，並針對擴展 AIS 資訊覆蓋範圍提出 AIS 基站天線改善設計及中繼傳輸技術開發兩種方法，來達成 AIS 系統資訊覆蓋範圍之延伸。

藉由資料蒐集及研析掌握目前 AIS 涵蓋範圍並評估本中心原有 AIS 接收端天線之效能，透過理論推導以及模擬試驗並參考數據來對天線結構進行調整、修正，進而得出指向性、高增益的 AIS 接收端天線離型架構。天線實體製作完成後，隨即安排幾處地點進行實測比對本中心舊有天線及本研究所設計天線之天線效能，透過 S 參數、阻抗匹配等數據來驗證此款天線適用於 AIS 系統且符合規格要求，最後利用 AIS 訊號接收效能的實際量測，可以看出本研究所提出之 AIS 接收端天線明顯改善了接收訊號強度，從電子海圖的測試方法中也能驗證 AIS 訊號在有效傳輸範圍內達到最佳的接收效益。

於中繼傳輸技術的部份，本研究運用 Arduino 微控制器擷取 AIS 資訊並完成資料處理後，利用中繼傳輸設備進行 AIS 資料的自動轉發予以延伸 AIS 系統資訊覆蓋範圍約 30 海浬。

透過上述之成果，本研究成果改善了 AIS 系統資訊收發距離受限因而導致 AIS 系統資訊不完全的狀況，進而優化 AIS 系統資訊覆蓋範圍，藉由掌握我國所轄海域內船舶資訊動態達到有效監測、管理海

上航行狀況，落實海上交通安全保障之目的，深化海洋科技能量以回應國家在海洋發展上之需求。

6.2 工作建議與未來展望

臺馬之星為往返馬祖與基隆的海運客貨船，其航行直線距離約為 214 公里，經換算約為 115 海浬已大幅超出一般 AIS 通訊範圍的極限，目前臺馬之星所搭載的 AIS 系統為利用衛星通訊的傳輸方式以克服傳輸距離的限制，然而臺馬之星總噸位約為 4,958 公噸，根據 IMO 相關條例必須裝載性能標準規範較嚴謹的 Class A AIS 收發設備，又依 IMO 所規範之 Class A 船舶動態回傳週期可以見得 AIS 資訊傳輸量多，故採用衛星傳輸將臺馬之星的 AIS 資訊封包回傳至岸台基站，所耗費的資料傳輸費用相當高昂，且台馬之星利用衛星傳送 AIS 訊號只能傳送自己的船位相關資訊，並無法提供鄰近船舶的相關資訊。

然而本研究提出以中繼傳輸的方式將 AIS 資料回傳至岸台基站，若能於臺馬之星上建置本研究之行動中繼站一來可以大幅縮減衛星資料傳輸所耗費之成本，二來透過 AIS 中繼傳輸技術能夠將臺馬之星以及鄰近船舶之 AIS 資料皆回傳至岸台基站，如此延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離，予以建立更廣泛的 AIS 系統資訊覆蓋區域。

此外，近年來離岸風電產業備受關注，而 AIS 與離岸風電的結合應用具有相當發展潛力，例如利用 AIS 來判斷風場附近之船舶流量進有效達到監測管理船舶動態資訊予以提升航行安全。就本研究而言，離岸風機設置地點是否能作為 AIS 中繼站以提升 AIS 資訊覆蓋範圍，皆是值得後續進行討論研究的方向。

6.3 成果效益及應用情形

1. 本研究提出適用於岸台基站之高增益且具指向特性的接收端天線，能在有效距離內發揮天線最佳效益來提升 AIS 系統資訊接收效能。
2. 透過於臺馬之星與基隆航管中心建置 AIS 行動中繼傳輸系統之實際試驗，佐證該系統能夠延伸 AIS 系統資訊覆蓋範圍大約 30 海浬，達成本研究之核心目標。
3. 藉由本研究向外延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離，能夠更加有效的監測及管理海上航行環境狀況予以提升航安資訊管理水準。
4. 研究成效之應用包含需要進行改善接收端天線之岸台基站或 AIS 行動中繼傳輸系統的架設船舶、場域將於後續進行相關研擬、規劃和管理權責商討。

參考文獻

- [1] 臺灣港務股份有限公司，臺灣地區國際商港進出港船舶艘次，2016
- [2] 海運的經濟體項究竟有多大？，航運信息網，取自 (<http://news.csi.com.cn/e5bae0e4-3398-4fd1-831e-eba44402cc07.html>)
- [3] 林書廷，2027 年的中國即將翻轉世界，三分鐘搞懂【一帶一路】，2017
- [4] The Daily Star, CHINA PRESSES ON WITH NEW SILK ROAD PLAN, 2015
- [5] Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band, Recommendation ITU-R M.1371-5, 2014
- [6] Technical characteristics for a VHF data exchange system in the VHF maritime mobile band, Recommendation ITU-R M.2092-0, 2015
- [7] AIS MESSAGES, U.S. COAST GUARD NAVIGATION CENTER, from (<http://www.navcen.uscg.gov/>)
- [8] 邱永芳、張富東、蔣敏玲、張淑淨、李良輝、薛憲文，智慧型航行與監測系統之研究，交通部運輸研究所，2012
- [9] 邱永芳、張淑淨、張富東、蔣敏玲，智慧化海運系統建立之研究，交通部運輸研究所，2012
- [10] 蔡瑞舫、邱永芳、張富東、張景森，臺灣海域船舶自動識別系統 (AIS) 整體規劃，第 34 屆海洋工程研討會論文集，2012
- [11] 黃茂信、邱永芳、陳子健、張立農，臺灣海域船舶自動識別系統 (AIS) 之研究，2016
- [12] SATELLITE - AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (SAT-AIS), ESA, from (<http://m.esa.int/ESA>)

- [13] Antenna Gain Explained, Marc's Technical Pages, from
(<http://www.marcspages.co.uk/tech/antgain.htm>)
- [14] Antenna Patterns and Their Meaning, CISCO, from
(http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-antennas-accessories/prod_white_paper0900aecd806a1a3e.html)
- [15] 認識天線 - 規格與特性，聯強 e 城市，取自
(http://www.synnex.com.tw/asp/fae_qaDetail.asp?from_prg=&topic=FAE&group=&parent=&classifyid=01534&seqno=17711)
- [16] Cheng-Hsing Hsu，天線工程導論，國立聯合大學電機工程學系
- [17] 八木天線 (Yagi-Uda Antennas)，全華·科友，取自
(cc.ee.ntu.edu.tw/~skjeng/ElectromagneticWaveBook/ch06.ppt)
- [18] 林茂榮，往業餘無線電數據通訊之路，取自
(<http://www.qsl.net/bv3fg/cqm/07/07096.htm>)
- [19] NXDN™ -Forum, from
(<http://www.nxdn-forum.com/>)

附 錄 一

期中審查意見及辦理情形說明表

期中審查意見及辦理情形說明表

計畫編號：MOTC-IOT-106-H2DB002b

計畫名稱：行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發

執行單位：國立高雄海洋科技大學

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
1. 海洋大學 林 炤 圭 委員	1. 報告的撰寫請參考一般慣用的敘述方式，例如第 24 頁，倒數第三行出現「然而由本中心研究員指出…」不太恰當。 2. 本系統主要是想彌補現有固定式 AIS 接收站的不足，消除盲點。因此，想利用海巡署出勤的艇艦建置行動中繼站。建議是否增加收集海巡署從事海上巡防的涵蓋範圍與任務區，以確保每一個區域都隨時有海巡艇艦出勤。再者，艇艦之間有關中繼站的任務交接是否也列入規劃？在傳輸的編碼上有沒有要調整的地方？例如艇艦編號？ 3. 由於在第 5 頁最後一段文字提到，除了有效強化我國海域內船舶航行之安全與救援目的外，對於促成學研界之合作機會(應該不是本研究)，更進	1. 謝謝委員指教，已將該文字敘述方式進行修正(如修正報告 P.24)。 2. 謝謝委員的建議，中繼傳輸技術的部分主要著重在中繼系統的開發包含訊號擷取和資料格式轉換，於開發階段結束後會進行相關的架設規劃，屆時會將海巡的船艦或臺馬之星航行路線納入考量，而中繼系統功能在於 AIS 資訊轉發，與艇艦編號並無關聯。 3. 謝謝委員指教，此段文字敘述已進行修正(如修正報告 P.5)。	1. 符合 2. 依處理情形辦理 3. 符合

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
	一步推動海洋科學研究與海洋教育的發展，進而強化海洋人才之培育等部分，建議增加說明，以免落入口號。 4. 第 8 頁，第一段文字所述：「而此階段工作...並針對分析出的弱項運用本研究研究開發成果進行強化改善。」是否能在報告中增加說明，分析出來的弱項有哪些？本研究要改善哪些？ 5. 由於 AIS 接收端天線主要是接收訊號，因此報告中所述陸地涵蓋範圍過大(接收陸地方向的訊號忽略不計？或花費太多時間？)、利用率低(只要有訊號就接收？如何界定利用率？)或訊號接收效能不佳(這不是選擇天線的基本要求嗎？)與接收天線有甚麼關係，應進一步說明。是與接收的效率或頻度有關嗎？ 6. 期末報告中使否會就天線的改善前與改善後做綜合評估比較？	4. 謝謝委員指教，這一段主要敘述工作內容提要，實際改善項目從檢索 AIS 資訊覆蓋範圍、分析港研所所採用的天線型式之缺點或者實際測試的訊號強度的差異皆可比對出改善前後的效果。 5. 謝謝委員指教，目前本中心所採用之天線為全向性，接收功率會平均分布，但岸台基站因當著重於海面上的 AIS 訊號，把接收效率集中於海上，故本研究提出指向性之天線，提高天線方向增益進而提升接收效率。 6. 謝謝委員指教，在期中修正報告中，已補充了天線改善前後在海圖系統上所顯示的船舶	4. 依處理情形辦理 5. 同上 6. 同上

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2. 成功大學 劉景毅 委員	7. 第二章船舶自動辨別系統部分目前似乎僅止於資料收集，沒看到目前設站不足的進一步說明與分析，僅見少數文字敘述。	資料，呈現本研究所提出之天線效益(如修正報告 P.69-P.70)。 7. 謝謝委員指教，本研究主要以提升 AIS 資訊接收效率及傳輸距離為考量，並無設站的相關規劃。	1. 同上
	1. 國內船舶自動識別系統的發展現況，應增加蒐集港研中心 24 組 AIS 岸台基站相關資料，尤其是天線型式。	1. 謝謝委員指教，港研中心 24 組 AIS 岸台基站之架設位置在 2.2 節中有提及，至於天線型式如圖 3.19 所示，其天線特性參數量測數據亦在第四章中與本論文所提出之天線一起呈現以方便比對。	1. 依處理情形辦理
	2. AIS 的應用可否擴及未來離岸風電產業。	2. 謝謝委員指教，AIS 確實可應用於離岸風電，例如利用 AIS 來判斷風場附近之船舶流量，詳細應用方式將會在本研究完成後提出相關未來展望。	2. 同上
	3. 港研中心已設 24 個岸台基站，有哪些岸台基站的天線有改善的需求，本研究是否只針對台中的基站做改善。	3. 本研究是以測試數據為基準呈現天線之效能，至於有哪些岸台基站需要進行天線改善及成本考量等問題尚待後續	3. 同上

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
3. 李忠潘 委員	4. AIS 接受端天線的改善成果呈現，能否以資訊系統的成果展現，以利於比較，AIS、Marine Traffic 與原來系統之差異。	討論。 4. 謝謝委員指教，在期中修正報告中，已補充了天線改善前後在海圖系統上所顯示的船舶資料，呈現本研究所提出之天線效益(如修正報告 P.69-P.70)。	4. 同上
	1. 已達進度。 2. 請於表 1.2 加入期中報告的進度。 3. 漁船多已裝設 GPS，可否併入 AIS。	1. 謝謝委員。 2. 謝謝委員指教，已於表 1.2 中補充期中報告進度。 3. GPS 與 AIS 資料格式不同，若要將 GPS 併入 AIS 需重新規劃系統整合方式。	1. 符合 2. 依處理情形辦理 3. 同上
	1. 引用圖表請加註出處。 2. P67 圖 4.20 港研中心位置不符。 3. 改善前後之覆蓋範圍及未來佈設是否會變動。	1. 謝謝委員指正，已於各引用圖表下方加註資料來源。 2. 謝謝委員指正，已修正圖 4.20 港研中心位置(如修正報告 P.67)。 3. 謝謝委員指教，改善後所提升之傳輸距離將在完成實際測試後於期末報告中提出，而天線架設的部分則不考慮更動架設地點僅需規劃天線安裝	1. 依處理情形辦理 2. 同上 3. 同上

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5. 蔡立宏 委員	1. 目前改善後之天線，接收強度可獲改善，強度提高是否接收距離可增加嗎？又增加多少？是否辨識度增加。 2. 改良後對於惡劣天氣是否亦可增加強度。 3. 天線有角度問題，是否每一站均須現地測試，或可提出不同地區均適用的建議設置方式。 4. 中繼傳輸技術目前工作進度	角度。 1. 謝謝委員指教，在期中修正報告中，已補充了天線改善前後在海圖系統上所顯示的船舶資料，藉由海圖比對可以看出相同訊號來源，因為天線增益使接收訊號強度增加，原本無法被原天線接收之訊號在本研究所提出天線有獲得改善，故相對的可判斷傳輸距離將會提升(如修正報告 P.69-P.70)，至於改善後所提升之傳輸距離將在完成實際測試後於期末報告中提出。 2. 謝謝委員指教，在惡劣天氣時因為傳輸介質改變所造成的訊號衰減程度以及對本天線所產生之影響需要進一步進行實際測驗。 3. 謝謝委員指教，天線角度問題將在下一個工作階段進行試驗，建議的設置方式將於期末報告中提出。 4. 謝謝委員指教，中繼傳輸技術	1. 依處理情形辦理 2. 同上 3. 同上

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
6. 蔣敏玲 委員	如何? 1. 期中報告著重天線設計與接收訊號實測，宜再加強接收角度與架設場地規劃之建議。 2. 請說明設計天線之訊號。覆蓋範圍之改善效益?客製化天線之生產成本?成效益比如何 3. 「台灣」改成「臺灣」，「本論文」改成「本研究」。 4. P60 表 4.3 黑白圖表看不清楚，建議用形狀區分。	目前已進行至 AIS 訊號擷取。 1. 謝謝委員指教，天線接收角度與架設場地規劃將於下一個工作階段進行試驗，建議的設置方式將於期末報告中提出。 2. 謝謝委員指教，在期中修正報告中，已補充了天線改善前後在海圖系統上所顯示的船舶資料，至於改善後所提升之傳輸距離將在完成實際測試後於期末報告中提出，至於天線客製化之性價比尚待後續討論。 3. 謝謝委員指正，已逾期中修正報告中進行勘誤。 4. 謝謝委員指教，已於期中修正報告中改用彩色印刷。	4. 符合 1. 依處理情形辦理 2. 同上 3. 符合 4. 依處理情形辦理

附 錄 二

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

計畫編號：MOTC-IOT-106-H2DB002b

計畫名稱：行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發

執行單位：國立高雄海洋科技大學

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
1. 林炤圭 委員	1. 本研究計畫成果相當務實且可行。 2. 為使研究成果能被廣泛運用，建議補列 a.所需之設備及配置 b.作業程序 c.估價(含設備及施工費用) 3. 是否可能進行雜訊干擾的評估。 4. 中繼站未來除可設置在固定航線之交通船上外也可以固定方式設站但可以是遙控方式之無人中繼站，其可行性如何？	1. 謝謝評審肯定。 2. 謝謝評審指教，此部分已於 5.2.2 章節中補述。 3. 謝謝評審指教，本研究之中繼傳輸系統所採用之傳輸通道依據海上 VHF 相關規範進行操作，相較於陸地無線電較無雜訊干擾的問題。 4. 謝謝評審指教，若架設地點能提供穩定電源及架設場域即能建置中繼傳輸系統，這部分可於後續商討。	1. 符合。 2. 同上 3. 依處理情形辦理 4. 同上
2. 溫志宏 委員	1. 執行成效豐碩，符合預期目標。 2. 天線設計採方向性天線有效改善了接收天線之增益，惟 3-db 被寬度明顯縮小，宜思考如何克服覆蓋範圍之需求。	1. 謝謝評審肯定。 2. 謝謝評審指教，本研究所提出之指向性、高增益天線適用於岸台基站，然而克服涵蓋角度的方法可以採用多隻天線(多重輸入)的形式進行架設增加	1. 符合 2. 依處理情形辦理

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
		AIS 訊號接收角度。	
	3. 可試著評估 AIS 中繼站之處理容量(capacity)。	3. 謝謝評審指教，據設備規格得知中繼傳輸設備之資料處理速度高於 AIS 訊號接收設備，故訊號能夠準確被處理轉傳。	3. 同上
	4. 中繼傳輸技術目前工作進度如何？	4. 謝謝評審指教，目前已完成中繼傳輸系統於臺馬之星上之效能測試。	4. 符合
3. 李忠潘 委員	1. 執行成效不錯，無意見。	1. 謝謝評審肯定。	1. 符合
4. 蔡立宏 委員	1. 報告格式請依本所規定撰寫。 2. 結論中建議依天線改善效能及中繼傳輸分開撰寫，另建議能以強度或距離說明成效。 3. 本所目前 AIS 站有哪些建議改善，費用約需多少？ 4. AIS 中繼站僅以小琉球做測試分析，計畫初步構想為安裝船舶上若有實驗分析結果，亦請納入比較。	1. 謝謝評審指導，已依照格式補齊期中、期末審查意見。 2. 謝謝評審指教，相關成效數據已於第五章節中補述。 3. 謝謝評審指教，需要改善之 AIS 基站尚待後續進行討論。 4. 謝謝評審指教，此部分已於 5.2.4 節中補述。	1. 同上 2. 依處理情形辦理 3. 同上 4. 依處理情形辦理
5. 蔣敏玲 委員	1. 圖表的呈現請用不同形狀或彩色列印才看得出差異，例如表	1. 謝謝評審指導，於修正報告中已採用彩色列印。	1. 符合

審查委員	審查意見	處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
6. 廖慶堂 委員	5.2、表 5.3		
	2. 第五章建議更具體說明天線及中繼站之改善效益，可增加多少接收離？	2. 謝謝評審指教，相關成效數據已於第五章節中補述。	2. 依處理情形辦理
	3. 第六章結論應更具體說明研究成果不宜只有”預期可改善...”並增加效益與未來情形。	3. 謝謝評審指教，此部分用詞已作修正。	3. 符合
	1. 本研究可達成 AIS 系統資訊覆蓋範圍之延伸，對我國導入 e 化航行的服務有服務有正面的幫助，值得肯定。	1. 謝謝評審肯定。	1. 符合
	2. 未來計畫在台馬之星上建置行動中繼站專設管理權責單位，建議宜事先協商。	2. 謝謝評審指教，相關建置流程以及管理權責將於後續進行討論。	2. 依處理情形辦理

附 錄 三

期中審查會議報告-簡報資料

交通部運輸研究所研究計畫

行動中繼傳輸技術 應用於AIS系統之研發

期中審查會議報告

國立高雄海洋科技大學 微電/電訊工程系

計畫主持人：楊奇達

協同主持人：翁健二



Intelligent Communication and Control Laboratory



目 錄

- 研究目的
- 預定進度甘特圖
- AIS接收端訊號效能分析
- AIS接收端天線設計
- 工作階段小結



Intelligent Communication and Control Laboratory



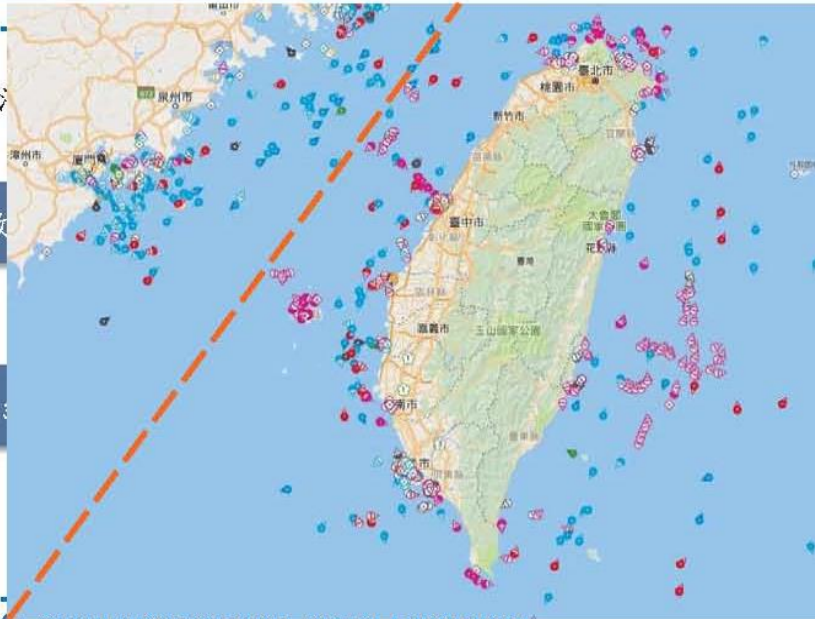
研究目的

■ 優化臺灣海峽

AIS接收

AIS中

的接收效能



Intelligent Communication and Control Laboratory



預定進度甘特圖

工作項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
相關研究資料蒐集									
AIS接收端訊號效能分析									
AIS接收端天線改善分析與評估									
AIS接收端天線設計與效能分析									
AIS接收端天線場地規劃									
AIS接收端天線接收角度規劃與架設									



Intelligent Communication and Control Laboratory



AIS接收端訊號效能分析

- AIS物理層特性要求 Recommendation ITU-R M.1371 :

Symbol	Parameter name	Units	Low setting	High setting
PH.CHS	Channel spacing (encoded according to RR Appendix 18 with footnotes)	kHz	25	25
PH.AIS1	AIS 1 (default channel 1)	MHz	161.975	161.975
PH.AIS2	AIS 2 (default channel 2)	MHz	162.025	162.025
PH.BR	Bit rate	bit/s	9,600	9,600
PH.TS	Training sequence	Bits	24	24
PH.TXP	Transmit output power	W	1	12.5

Minimum Receiver Sensitivity : 20% PER @ -107 dBm



Intelligent Communication and Control Laboratory



- 3/27 台中港研所訊號測量情況：



Intelligent communication and control laboratory



測試場地：
台中港研所機房內



Intelligent communication and control laboratory



測試場地：
台中港研所頂樓



Intelligent communication and control laboratory



AIS接收端天線設計

■ 弗林斯(Friis)傳輸公式：
$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2}$$

P_T ：發射功率

G_T ：發射端天線增益



R

R ：發射接收端距離

λ ：波長

P_R ：接收功率

G_R ：接收端天線增益

$P_R \propto G_R$

$$\lambda = c / f = \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{162 \times 10^6 \text{ (Hz)}} \approx 1.8 \text{ (m)}$$

→ 高增益且指向特性顯著之天線為設計基準



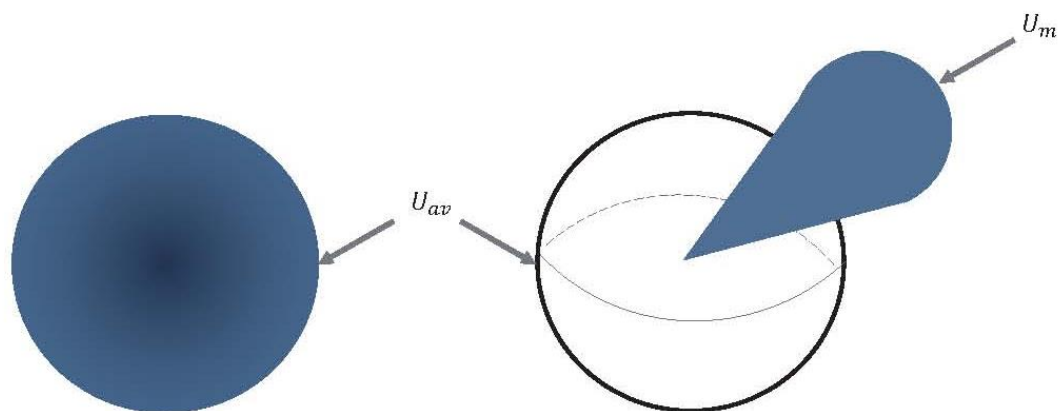
Intelligent Communication and Control Laboratory



■ 天線增益(Gain)：

✓ 天線最強輻射方向強度的比對數據 $\frac{U(\theta, \psi)}{U_{av}}$

✓ 可視為無源現象且並不會增加功率而是分配輻射能量形成指向性特徵

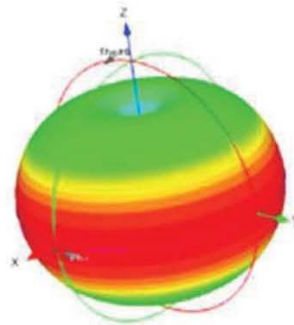
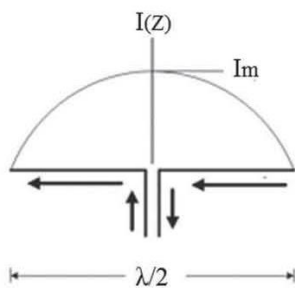


Intelligent communication and control laboratory



■ 港灣研究中心現階段所使用之天線特性：

- ✓ 為1/2波長雙極天線
- ✓ 增益(Gain) $\approx$ 3dB
- ✓ 輻射場型趨近於全向性(Omni-directional)

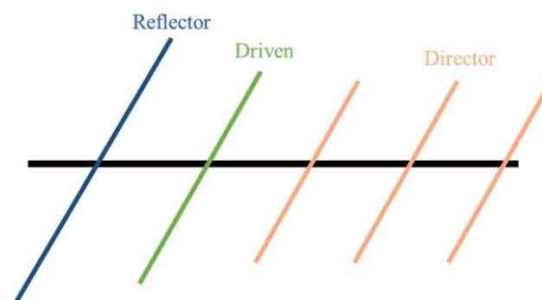


Intelligent communication and control laboratory



■ 八木宇田天線特性：

- ✓ 激勵器長度為1/2波長
- ✓ 增益(Gain) $>$ 6dB
- ✓ 輻射場型為指向性(Directional)
- ✓ 由激勵器(Driven Element)、反射器(Reflector)及導波器(Director)元件組成

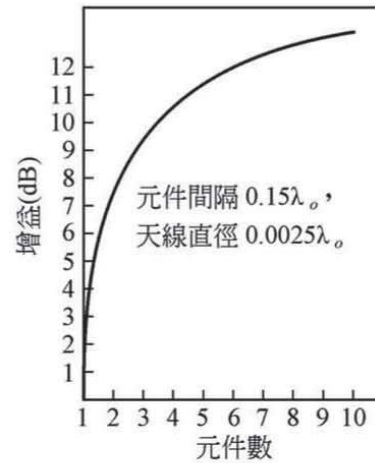


Intelligent communication and control laboratory



■ 八木宇田天線特性

- ✓ 八木宇田天線之方向增益與作用距離實際反映在導波元件數

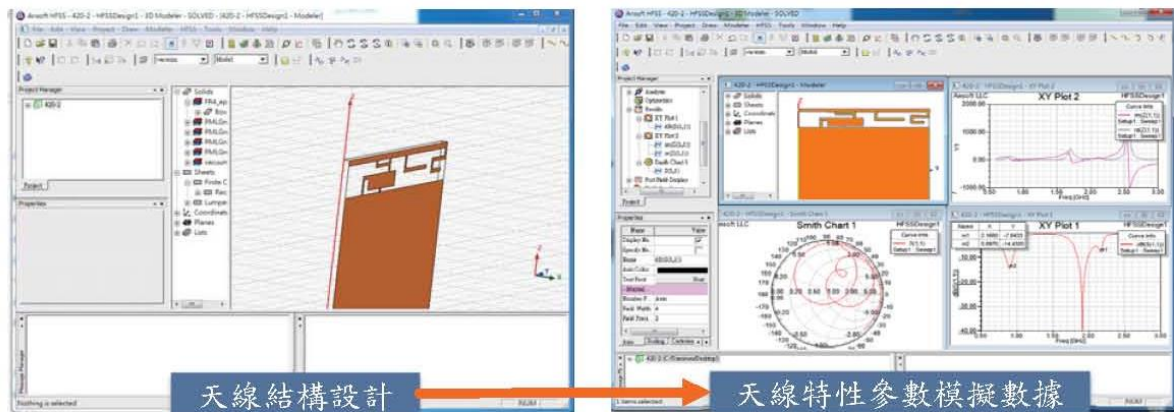


Intelligent communication and control laboratory



■ AIS基站天線設計流程

- ✓ 高頻結構模擬器(High Frequency Structural Simulator, HFSS)
- 廣泛使用在天線設計，模擬準度備受業界認可的3D模擬工具

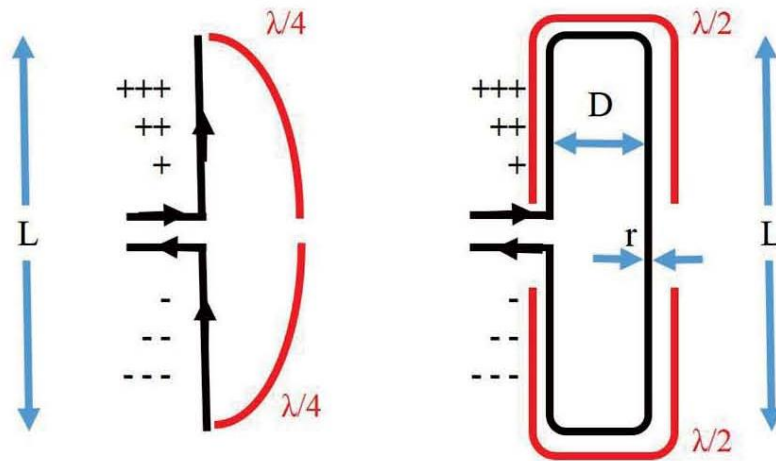


Intelligent communication and control laboratory



■ 激勵器結構設計

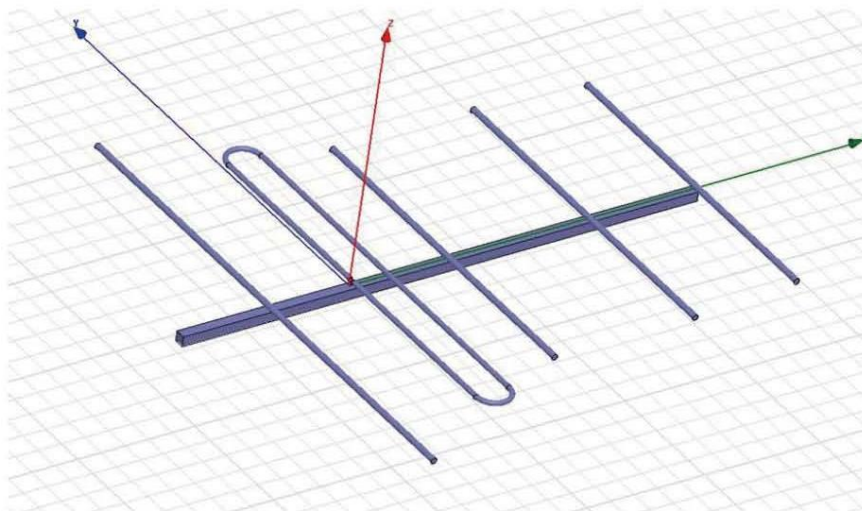
- ✓ 採用雙極天線摺疊(folded)成為環形(loop)之型式



Intelligent communication and control laboratory



■ AIS基站天線離型

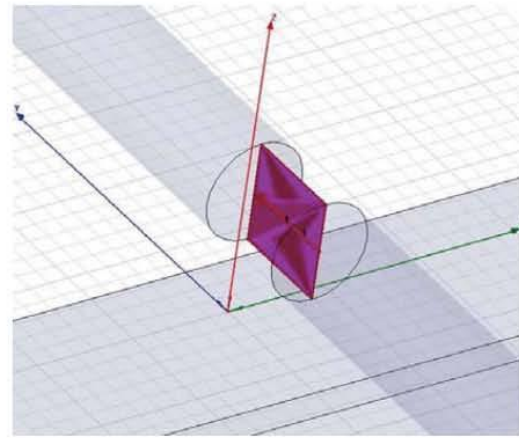
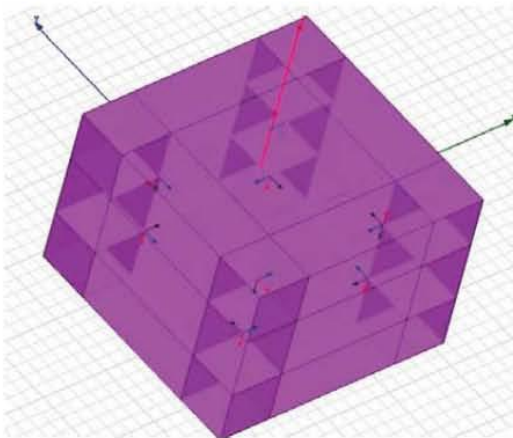


Intelligent communication and control laboratory



■ 相關參數設定

- ✓ 完美匹配層(Perfectly matched layer, PML)
- ✓ 天線饋入(feed)

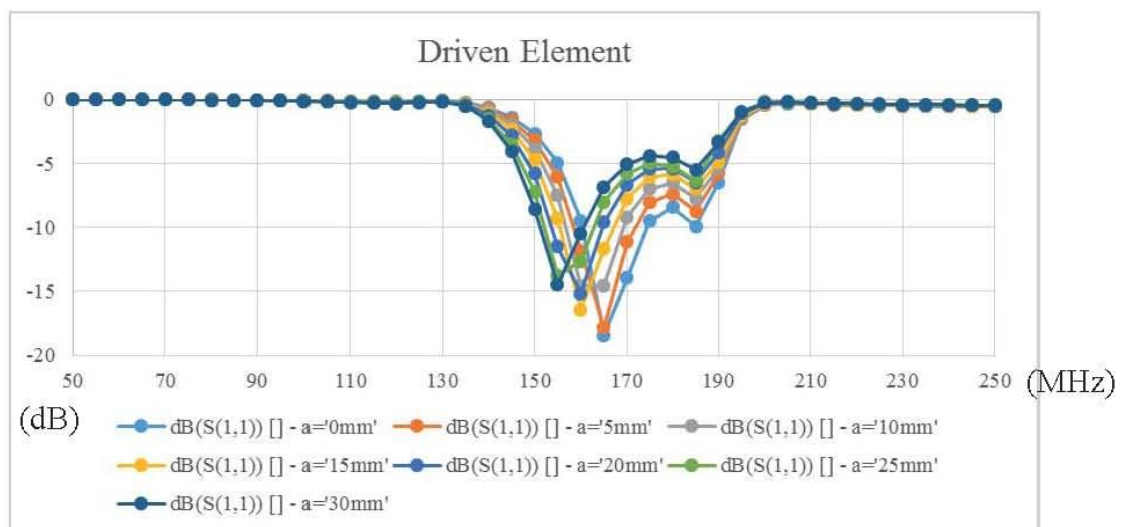


Intelligent communication and control laboratory



■ 激勵器結構參數(L)

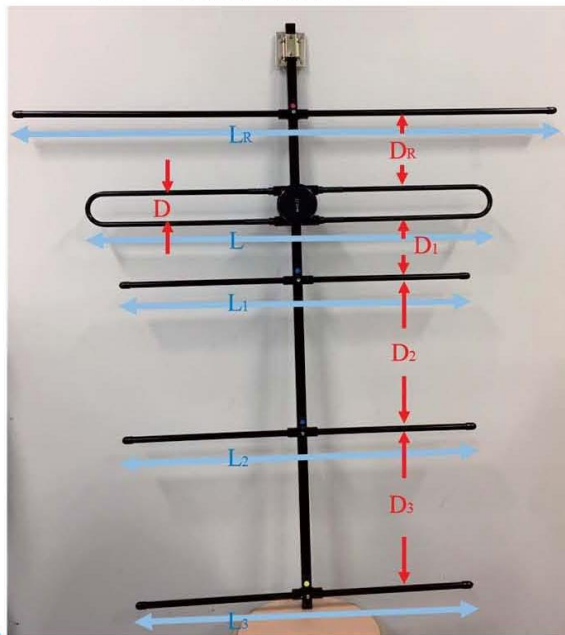
- ✓ Scale = 5mm



Intelligent communication and control laboratory



■ AIS基站天線實作成果



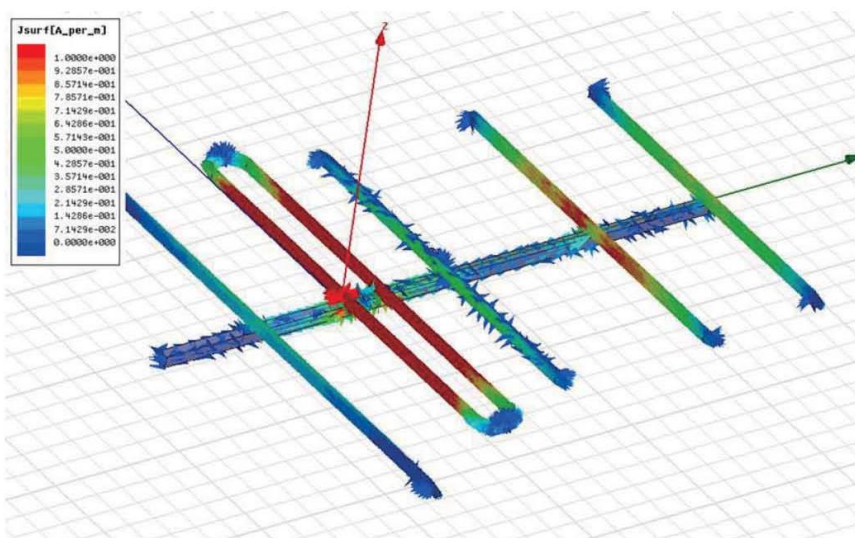
Parameter	L_R	L	L_1	L_2	L_3
Value(mm)	1060	810	700	700	660
Parameter	D_R	D	D_1	D_2	D_3
Value(mm)	180	50	200	300	30

Intelligent communication and control laboratory



■ 反射器與導波器結構參數(L_R 、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 D_2)探討

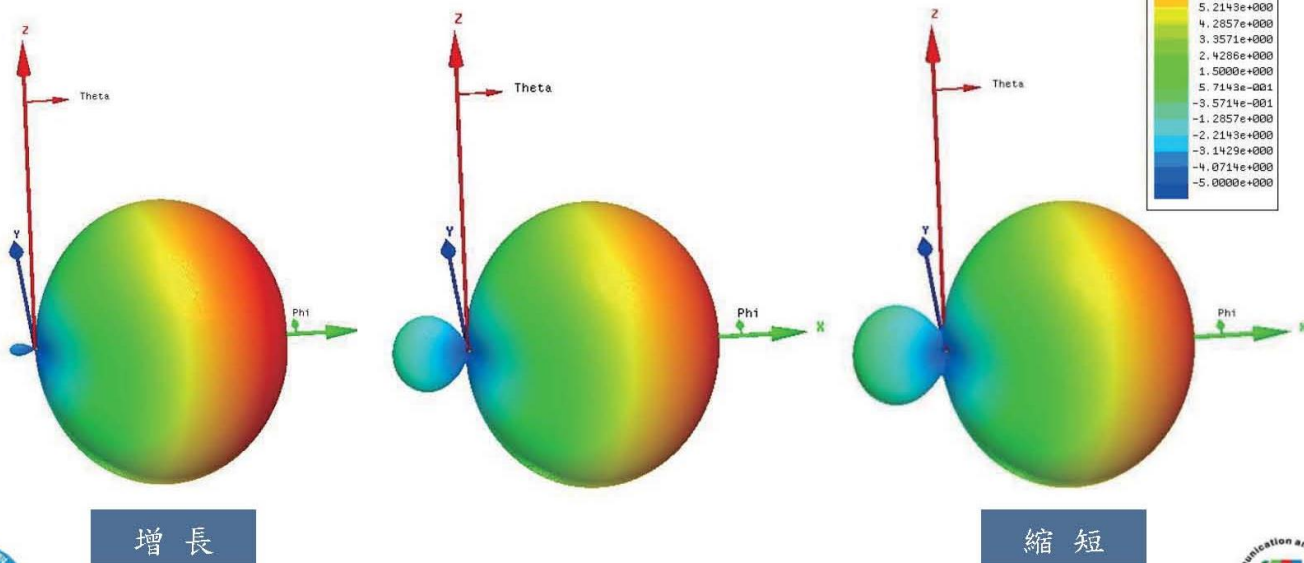
✓ 表面電流分布



Intelligent communication and control laboratory



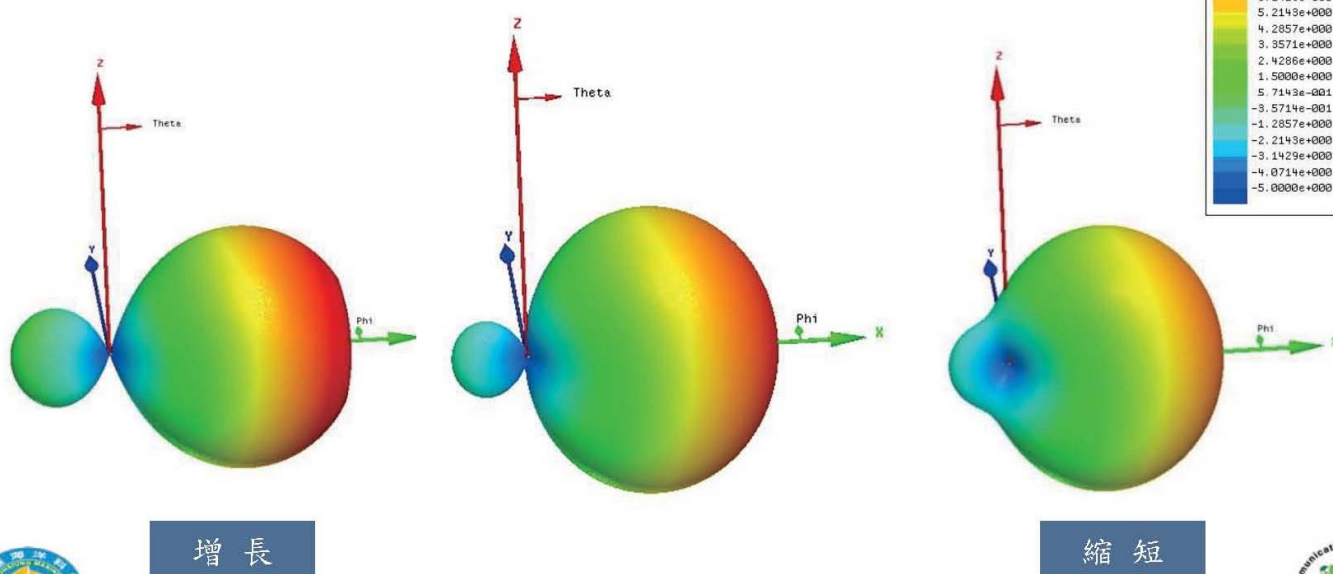
■ 反射器結構參數 L_R 探討



Intelligent communication and control laboratory



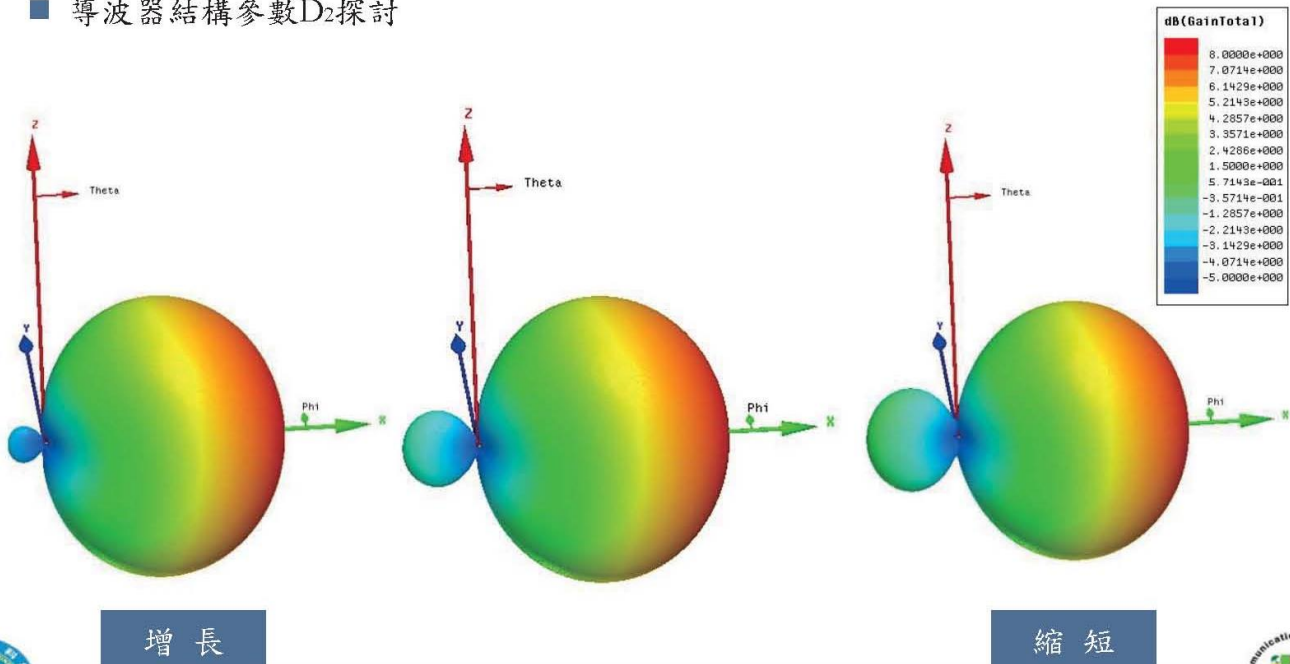
■ 導波器結構參數 L_1 、 L_2 、 L_3 探討



Intelligent communication and control laboratory



■ 導波器結構參數D₂探討

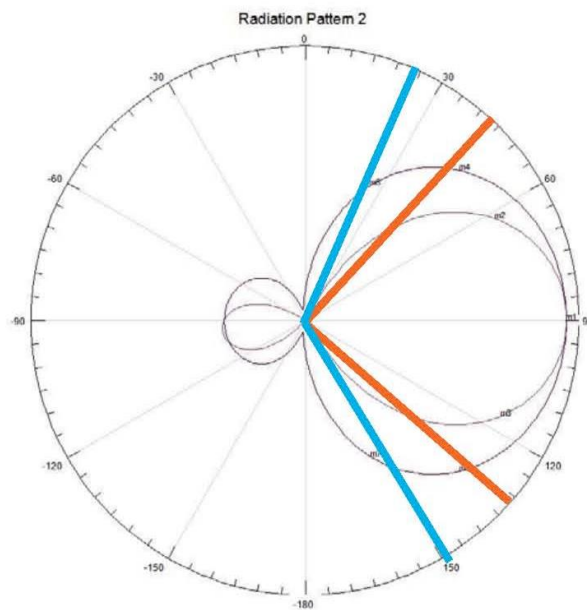


Intelligent communication and control laboratory



■ AIS接收端天線涵蓋角度

Name	Theta	Phi	Ang	Mag
m1	90.0000	90.0000	7.4111	
m2	62.0000	62.0000	5.2390	
m3	118.0000	118.0000	5.3388	
m4	48.0000	48.0000	5.2236	
m5	134.0000	134.0000	5.2565	
m6	26.0000	26.0000	2.1042	
m7	154.0000	154.0000	2.1906	



HFSSDesign1

Curve Info
dB(Gain(Theta))
Setup1: Lossless
Freq=0.162GHz; Phi=90deg
dB(Gain(Theta))_1
Setup1: Lossless
Freq=0.162GHz; Theta=90deg

✓ Peak Gain = 7.4dB

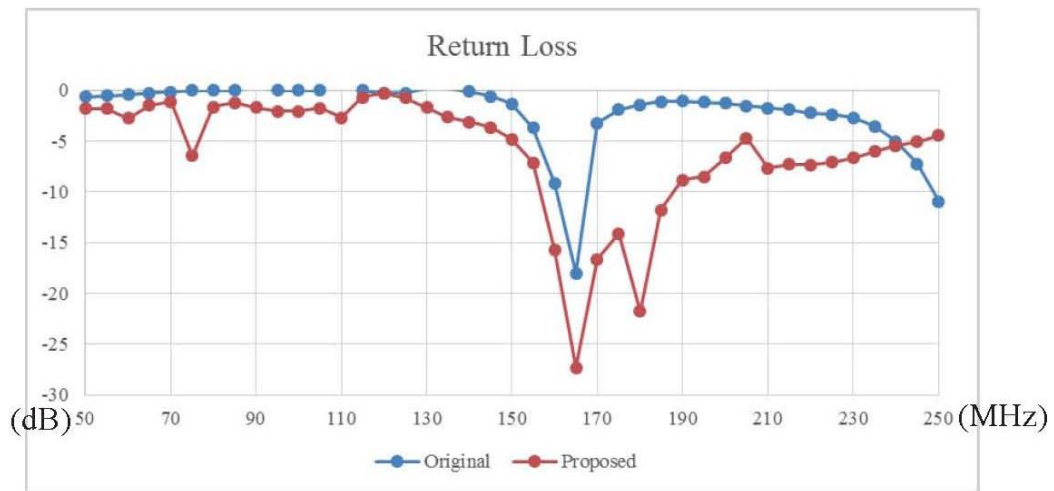
✓ 大於5dB $\cong 88^\circ$

✓ 大於2dB $\cong 128^\circ$

Intelligent communication and control laboratory



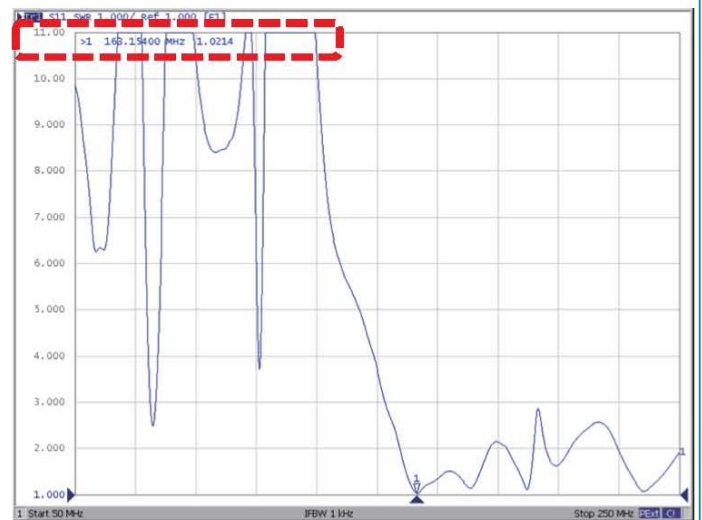
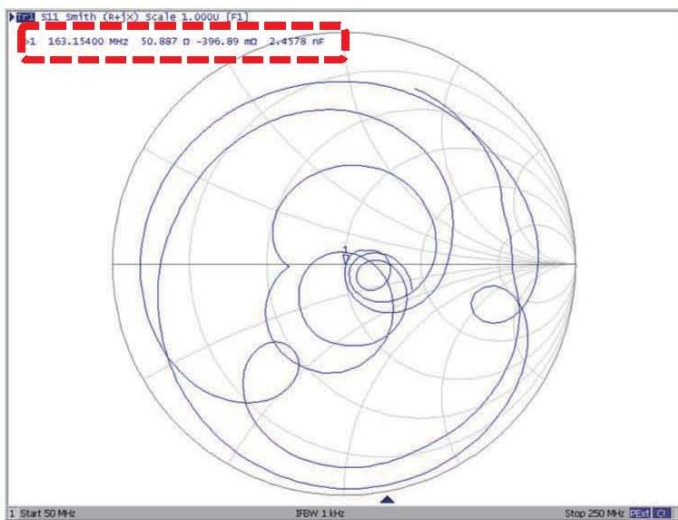
■ AIS接收端天線之反射損失比較



Intelligent communication and control laboratory



■ 天線阻抗及VSWR

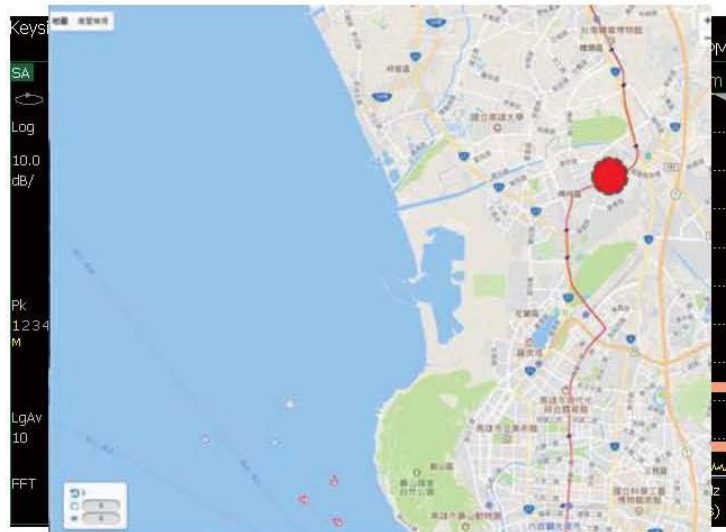


Intelligent communication and control laboratory



■ 信號強度量測結果

✓ 測試時間、場地：6/13海科大立誠樓頂樓



-78.56 dBm

-94.97 dBm

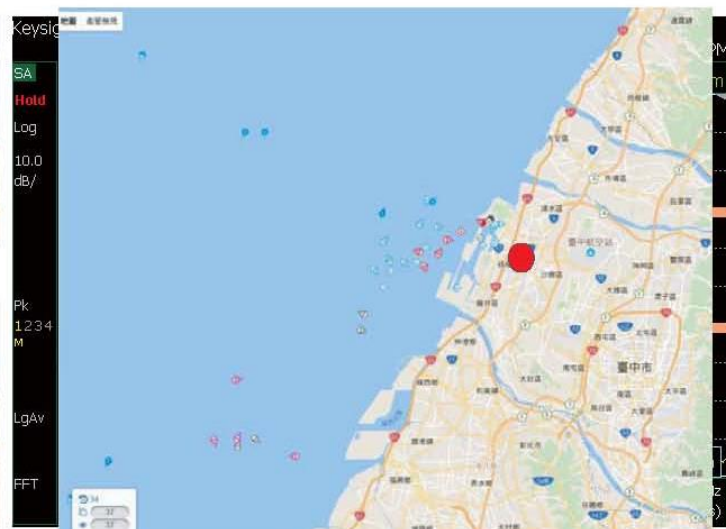


Intelligent communication and control laboratory



■ 信號強度量測結果

✓ 測試時間、場地：6/20台中港灣研究中心頂樓



-14.67 dBm

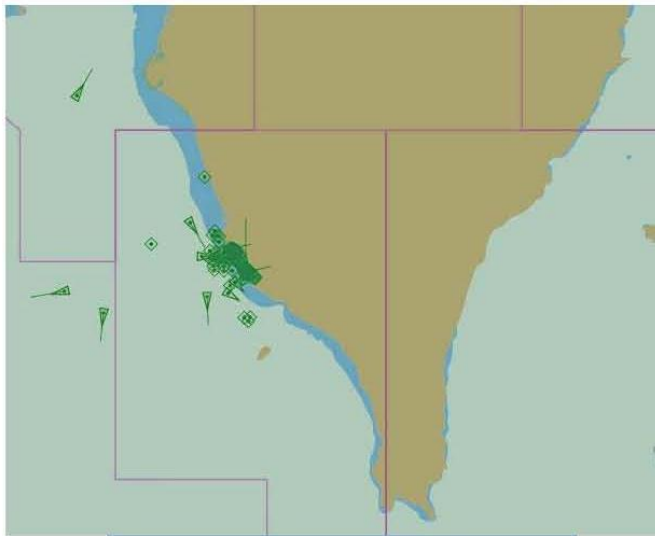
-46.18 dBm



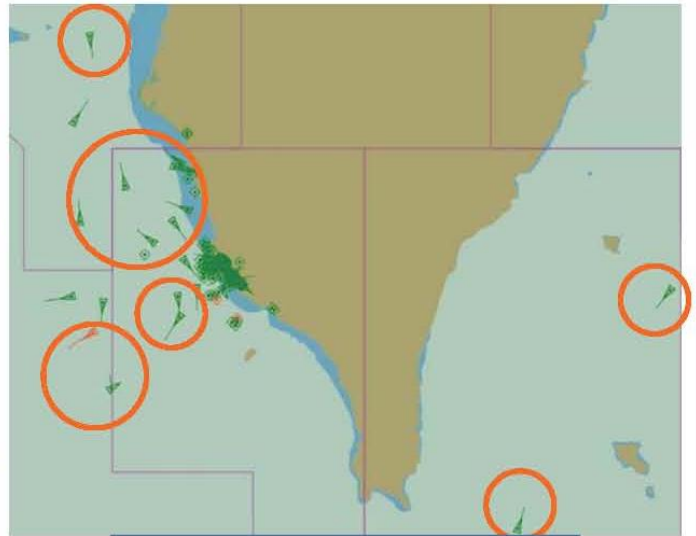
Intelligent communication and control laboratory



■ 運用海圖比對接收效能



港灣研究中心現階段所使用之天線



本計畫所提出之天線



Intelligent communication and control laboratory



期中小結

- 本計畫完成AIS接收端天線設計，使AIS訊號在有效傳輸距離內達到最佳接收效益
- 未來將進一步與港灣研究中心探討AIS基站天線架設方式
- 對此款天線所提升的傳輸距離進行實際測驗



Intelligent Communication and Control Laboratory



感謝各位聆聽



Intelligent communication and control laboratory



附 錄 四

期末審查會議報告-簡報資料

交通部運輸研究所研究計畫

行動中繼傳輸技術 應用於AIS系統之研發

期末審查會議報告

國立高雄海洋科技大學 微電/電訊工程系

計畫主持人：楊奇達

協同主持人：翁健二



Intelligent Communication and Control Laboratory



目 錄

- 研究目的
- 完成事項
- AIS接收端訊號效能分析
- AIS接收端天線之效能改善設計
- AIS行動中繼傳輸技術研發
- 結論



Intelligent Communication and Control Laboratory



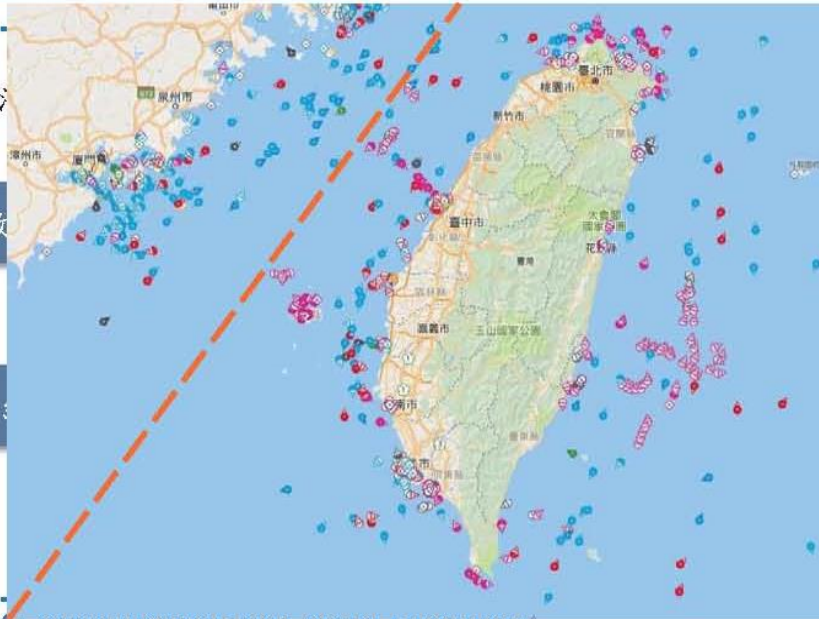
研究目的

■ 優化臺灣海峽AIS系統

AIS接收

AIS中繼

的接收效能



Intelligent Communication and Control Laboratory



完成事項

- 完成AIS系統接收端雙極天線量測分析及效能評估
- 完成AIS系統接收端天線建置
- 完成AIS系統中繼端訊號擷取與解碼
- 完成岸邊AIS系統中繼站訊號接收系統建置
- 完成AIS系統中繼站訊號與AIS系統整合



Intelligent Communication and Control Laboratory



AIS接收端訊號效能分析

- AIS物理層特性要求 Recommendation ITU-R M.1371 :

Symbol	Parameter name	Units	Low setting	High setting
PH.CHS	Channel spacing (encoded according to RR Appendix 18 with footnotes)	kHz	25	25
PH.AIS1	AIS 1 (default channel 1)	MHz	161.975	161.975
PH.AIS2	AIS 2 (default channel 2)	MHz	162.025	162.025
PH.BR	Bit rate	bit/s	9,600	9,600
PH.TS	Training sequence	Bits	24	24
PH.TXP	Transmit output power	W	1	12.5

Minimum Receiver Sensitivity : 20% PER @ -107 dBm



Intelligent Communication and Control Laboratory



- 3/27 台中港研所訊號測量情況：



Intelligent communication and control laboratory



測試場地：
台中港研所機房內



Intelligent communication and control laboratory



測試場地：
台中港研所頂樓



Intelligent communication and control laboratory



AIS接收端天線之效能改善設計

■ 弗林斯(Friis)傳輸公式：
$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi R)^2}$$

P_T ：發射功率

G_T ：發射端天線增益



R

R ：發射接收端距離

λ ：波長

P_R ：接收功率

G_R ：接收端天線增益

$P_R \propto G_R$

→高增益且指向特性顯著之天線為設計基準

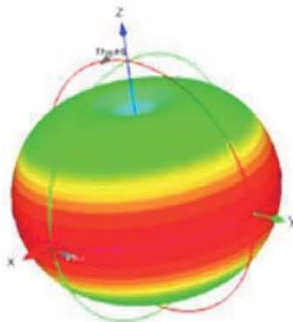
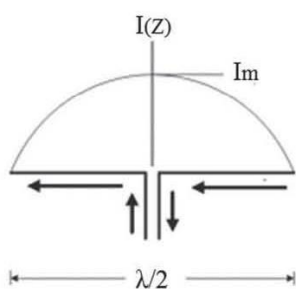


Intelligent Communication and Control Laboratory



■ 港灣研究中心現階段所使用之天線特性：

- ✓ 為1/2波長雙極天線
- ✓ 增益(Gain) $\approx$ 3dB
- ✓ 輻射場型趨近於全向性(Omni-directional)

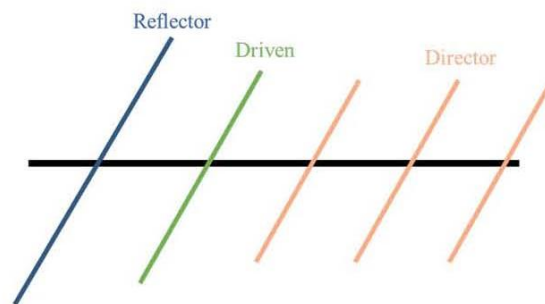


Intelligent communication and control laboratory



■ 八木宇田天線特性：

- ✓ 激勵器長度為1/2波長
- ✓ 增益(Gain) > 6dB
- ✓ 輻射場型為指向性(Directional)
- ✓ 由激勵器(Driven Element)、反射器(Reflector)及導波器(Director)元件組成

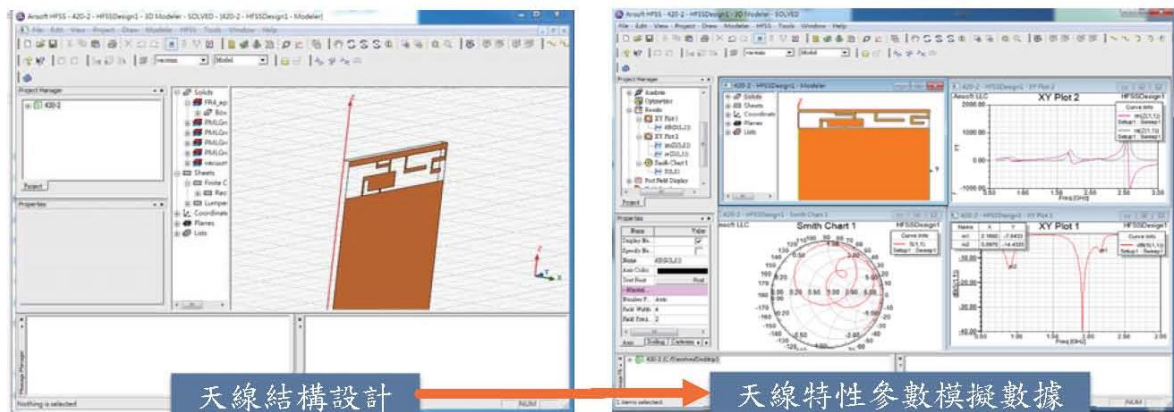


Intelligent communication and control laboratory



■ AIS基站天線設計流程

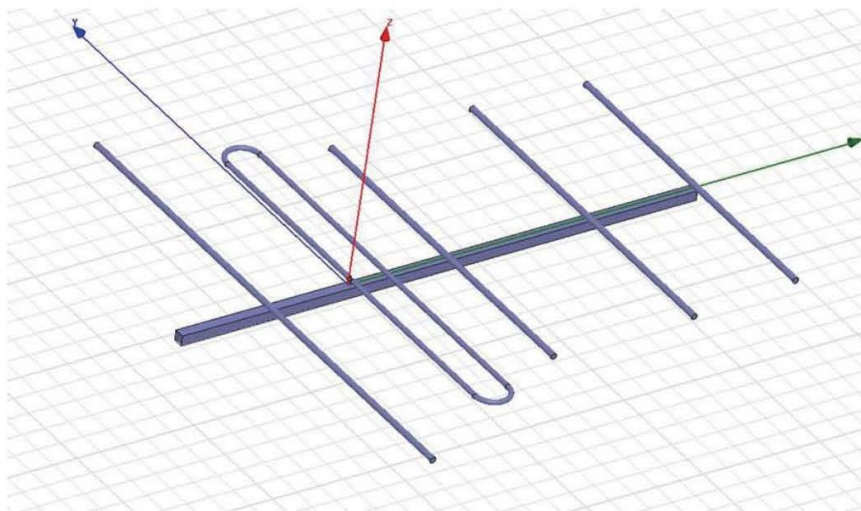
- ✓ 高頻結構模擬器(High Frequency Structural Simulator, HFSS)
- 廣泛使用在天線設計，模擬準度備受業界認可的3D模擬工具



Intelligent communication and control laboratory



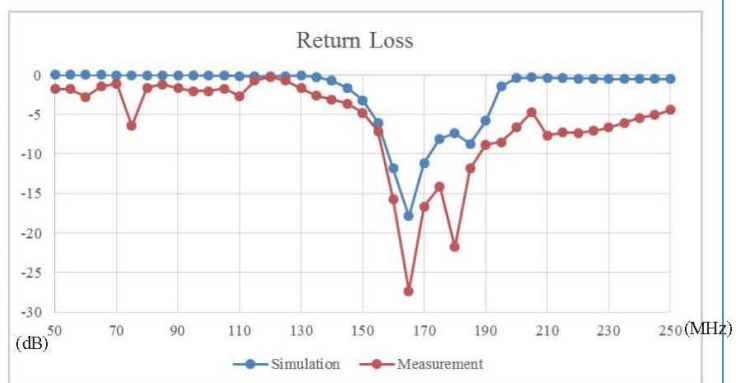
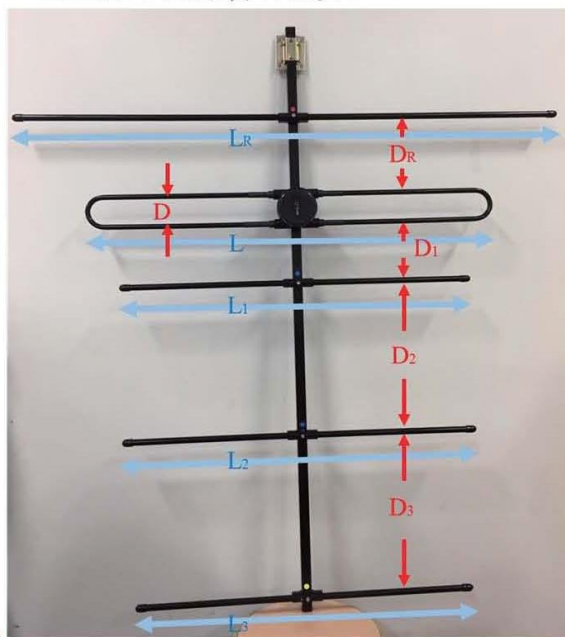
■ AIS基站天線雛型



Intelligent communication and control laboratory



■ AIS基站天線實作成果



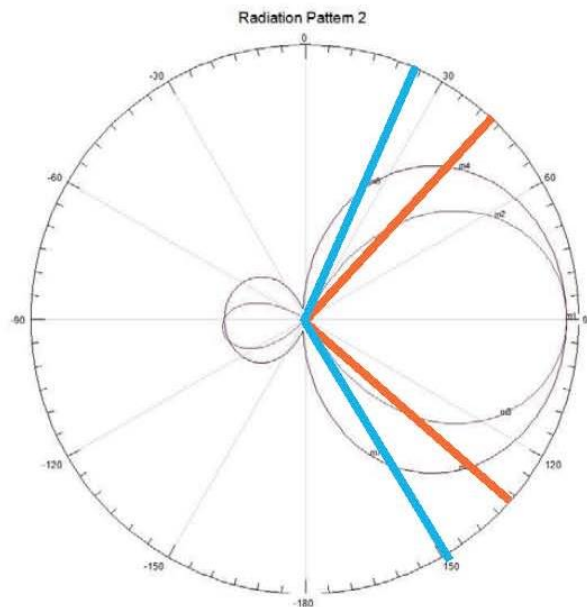
Parameter	L_R	L	L_1	L_2	L_3
Value(mm)	1060	810	700	700	660
Parameter	D_R	D	D_1	D_2	D_3
Value(mm)	180	50	200	300	30

Intelligent communication and control laboratory



■ AIS接收端天線涵蓋角度

Name	Theta	Phi	Ang	Mag
m1		90.0000	90.0000	7.4111
m2	62.0000		62.0000	5.2290
m3	118.0000		118.0000	5.3388
m4	48.0000	48.0000	48.0000	8.2238
m5	134.0000	134.0000	134.0000	5.2666
m6	26.0000	26.0000	26.0000	2.1042
m7	154.0000	154.0000	154.0000	2.1906



Curve Info
dB(GainTheta)
Setup1: Last Adaptive
Freq=0.162GHz; Phi=90deg
dB(GainTheta)_1
Setup1: Last Adaptive
Freq=0.162GHz; Theta=90deg

✓ Peak Gain = 7.4dB

✓ 大於5dB $\cong$ 88°

✓ 大於2dB $\cong$ 128°

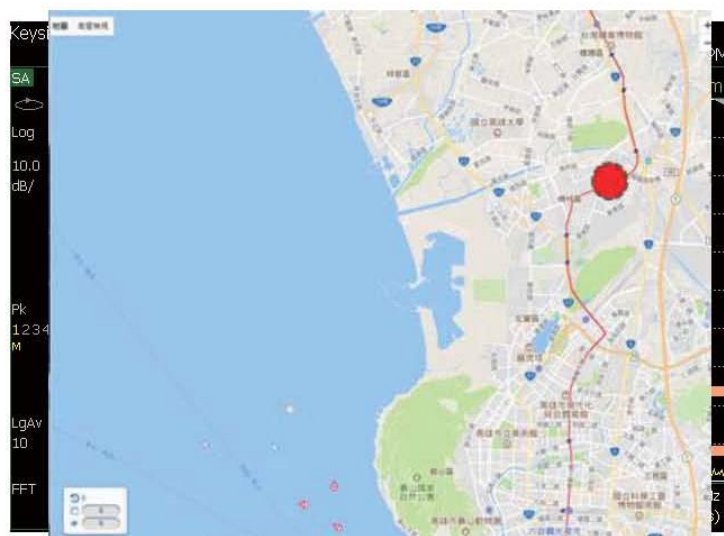


Intelligent communication and control laboratory



■ 信號強度量測結果

✓ 測試時間、場地：6/13海科大立誠樓頂樓



-78.56 dBm

-94.97 dBm

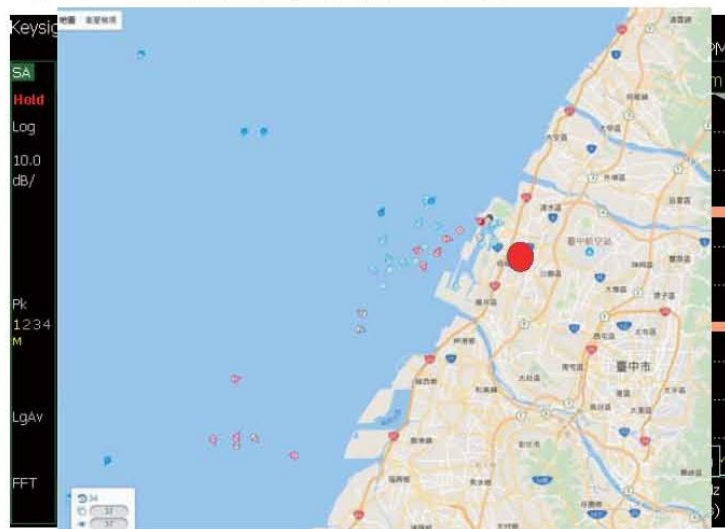


Intelligent communication and control laboratory



■ 信號強度量測結果

✓ 測試時間、場地：6/20台中港灣研究中心頂樓



-14.67 dBm

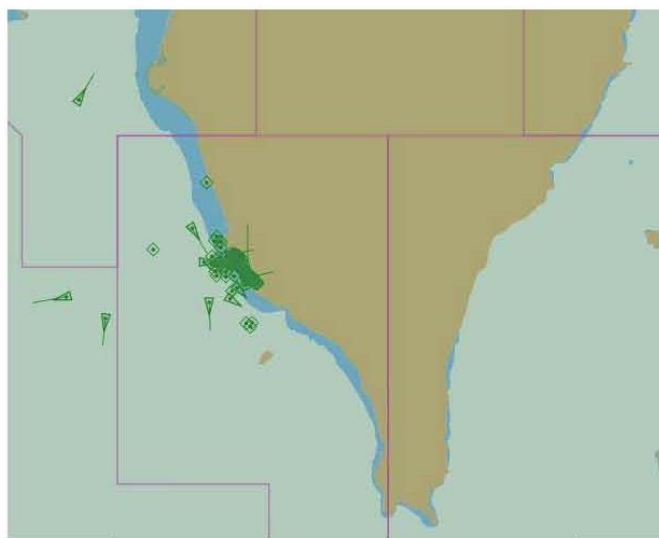
-46.18 dBm



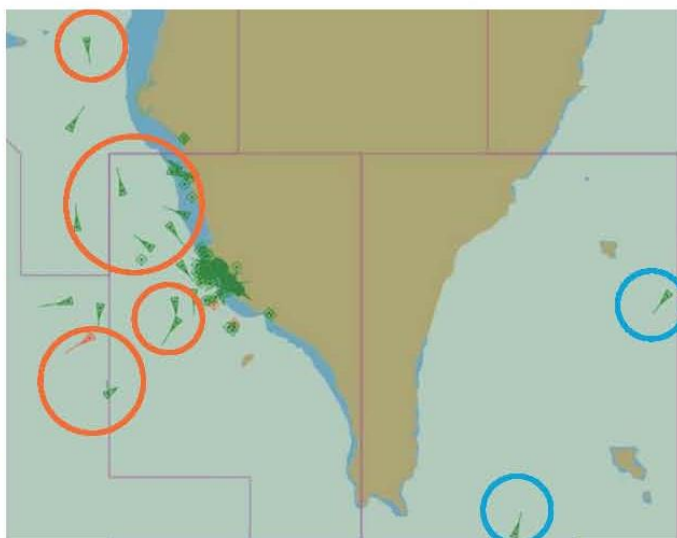
Intelligent communication and control laboratory



■ 運用海圖比對接收效能(7/17於高海科大)



港灣研究中心現階段所使用之天線



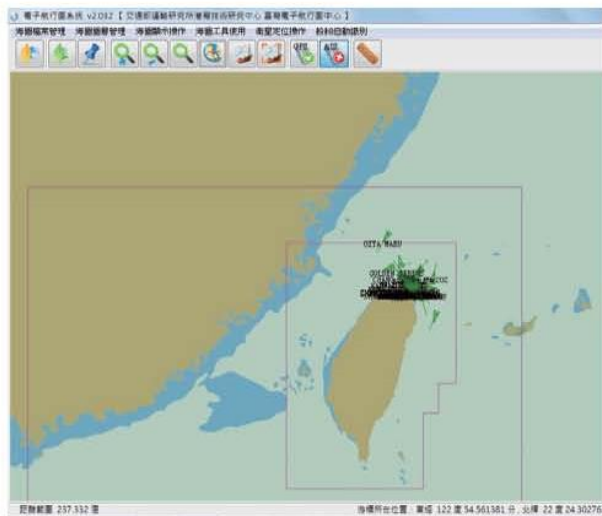
本計畫所提出之天線



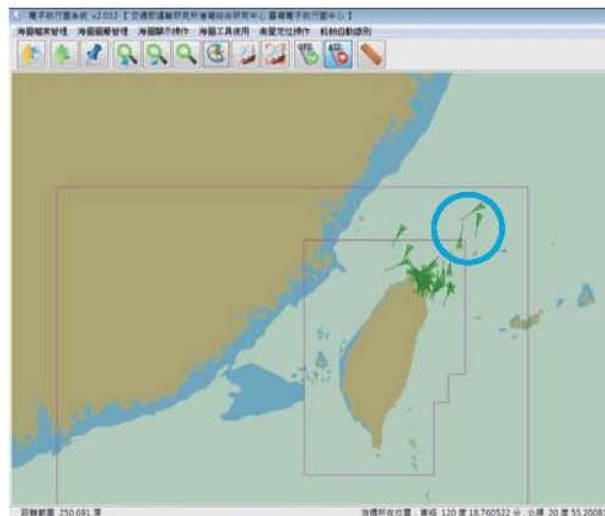
Intelligent communication and control laboratory



■ 運用海圖比對接收效能(8/21於海洋大學)



港灣研究中心現階段所使用之天線



本計畫所提出之天線

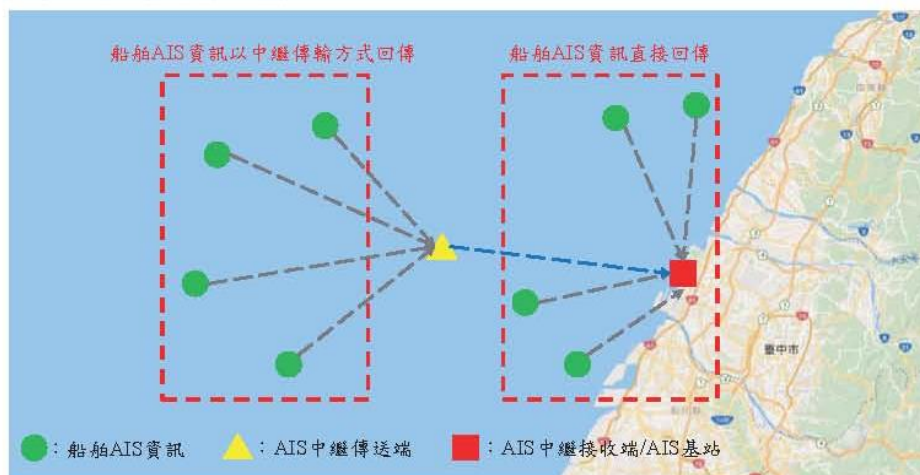


Intelligent communication and control laboratory



AIS行動中繼傳輸技術研發

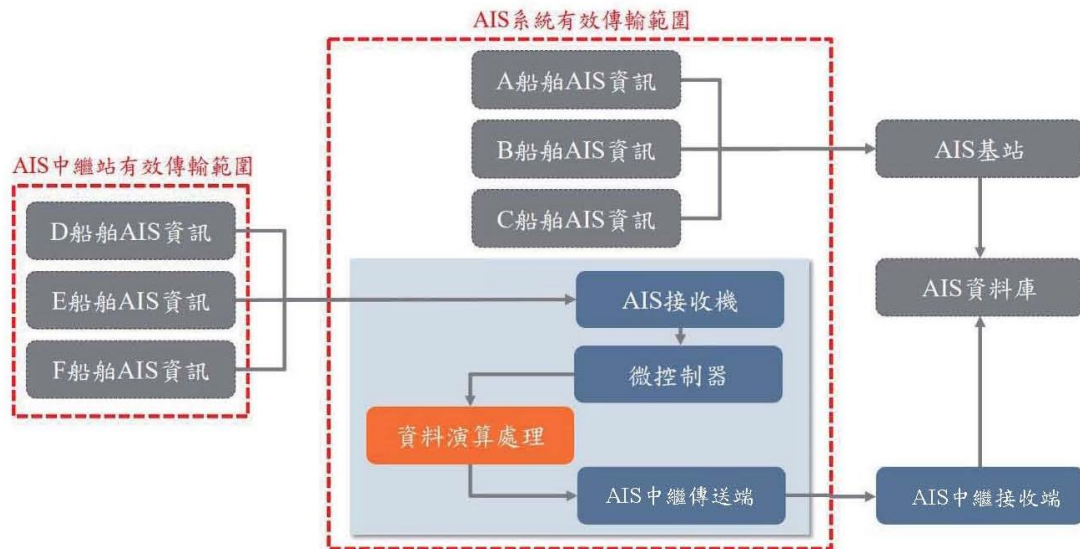
■ AIS行動中繼傳輸技術概念



Intelligent Communication and Control Laboratory



■ AIS行動中繼傳輸系統架構



Intelligent communication and control laboratory



■ 利用微控制器進行AIS資料擷取

AIS接收機



Arduino



● VDM Message Format

6 Bits ASCII編碼

`!--VDM,x1,x2,x3,a,s--s,x*hh<CR><LF>`

- x1 = Total number of sentences needed to transfer the message , 1 to 9
- x2 = Sentence number, 1 to 9
- x3 = Sequential message identifier, 0 to 9
- a = AIS Channel, "A" or "B"

● VDO、ACA、AIS Alarm Messages



Intelligent communication and control laboratory



■ 微控制器所擷取的AIS資訊

```

$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,17VTwL0P078VG6T<vMD2f?wj20Rt,0*27
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,17Wh480P078VOUJ<rh>F5swj0HRB,0*20
!AIVDM,1,1,,B,16<vG1002Q`UqQP<v;DUmTgj051P,0*55
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,16<gr2501U8V?nH<s7<dv:??10<3v,0*59
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,B,35W4Qr5P008VasL<s7dh0?wn0000,0*54
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,B,14a@mn00148VI21<q5US7R>0051T,0*0B
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
!AIVDM,1,1,,A,,0*26
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,131IVP000o8V5;@<uFQ212040<4K,0*3E
!AIVDM,1,1,,A,C55Tjd000j9VgI3>k1mVKwP0Ja0V:30PTBJ200000000`4H9T52P,0*20
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,2,1,3,B,55UQF@42DUUHPu`r220<PTp61=@DDj1=D<<E=>16Q8SND6>S0Tjj2855p88888,0*06
!AIVDM,2,2,3,B,8888888882,2*26
$GPRMC,V,,,,,,,,,N*53
!AIVDM,1,1,,B,15Rt?n0P008VUxL<

```



Intelligent communication and control laboratory



■ AIS資料封包格式

✓ CLASS A AIS POSITION REPORT (MESSAGES 1, 2, AND 3)

Parameter	Bits	Parameter	Bits
Message ID	6	Latitude	27
Repeat indicator	2	COG	12
User ID	30	True heading	9
Navigational status	4	Time stamp	6
Rate of turn ROT _{AIS}	8	Special manoeuvre indicator	2
SOG	10	Spare	3
Position accuracy	1	RAIM-flag	1
Longitude	28	Communication state	19
		Number of bits	168

AIS 訊息資料類型

AIS 訊息長度

AIS 訊息標頭格式

設計資料處理
演算法

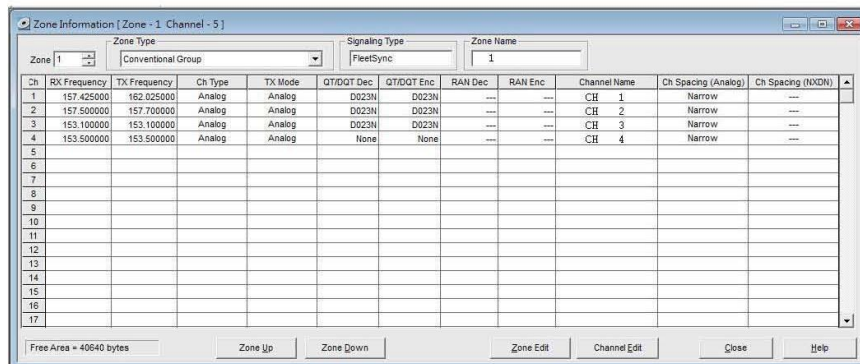


Intelligent communication and control laboratory



■ 中繼傳輸設備

- ✓ KENWOOD NX-700 Series
- ✓ 透過KPG軟體進行設定
- ✓ 可用通信頻段136-174 MHz



Intelligent communication and control laboratory

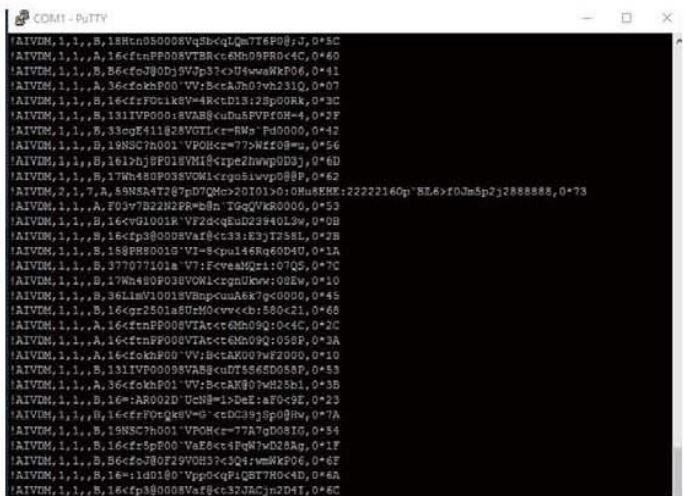


■ AIS行動中繼傳輸系統實體



Intelligent communication and control laboratory





附 4-14

■ AIS行動中繼傳輸系統傳輸距離測試



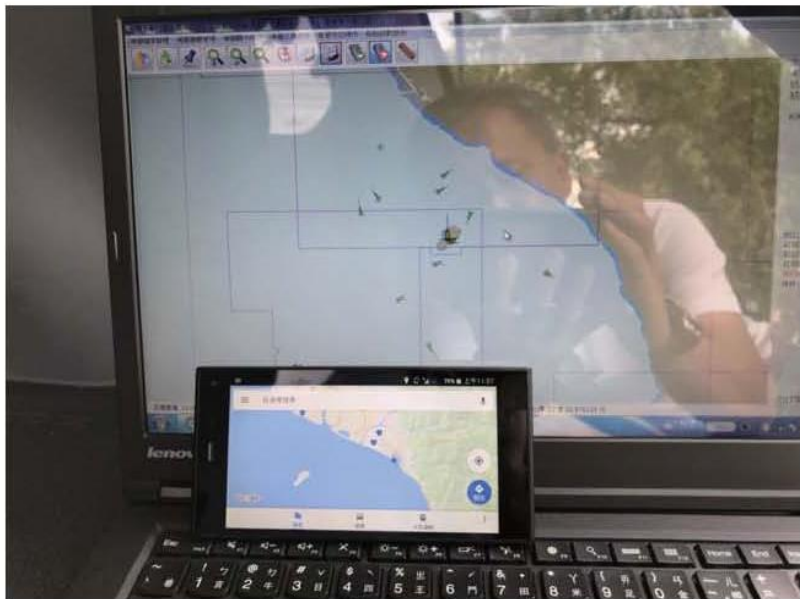
Intelligent communication and control laboratory

■ AIS中繼傳送端(琉球國小)



Intelligent communication and control laboratory

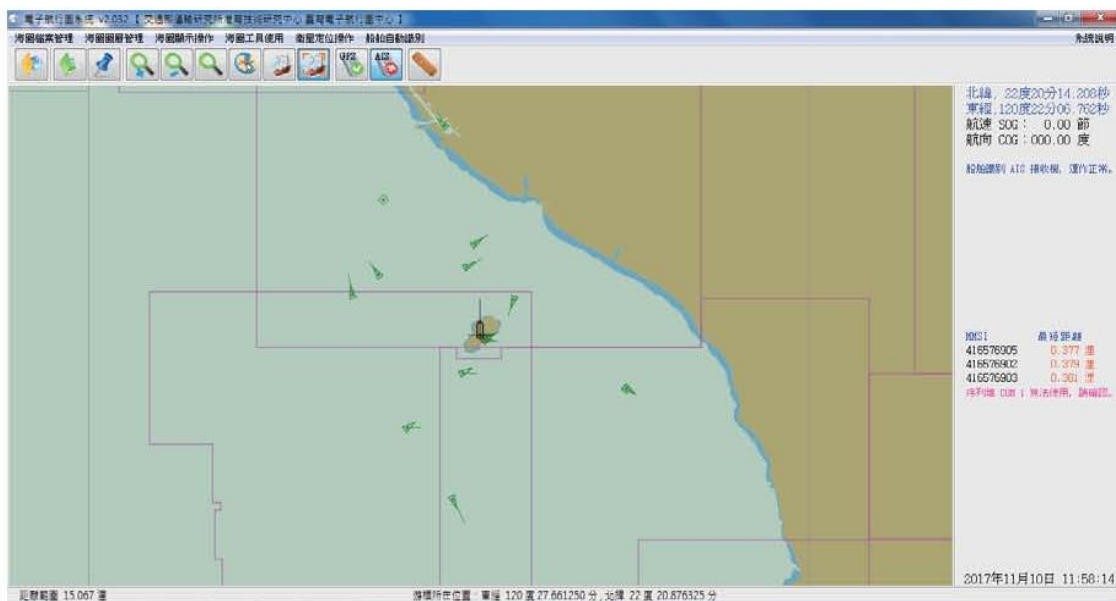
■ AIS中繼接收端(枋寮國小)



Intelligent communication and control laboratory



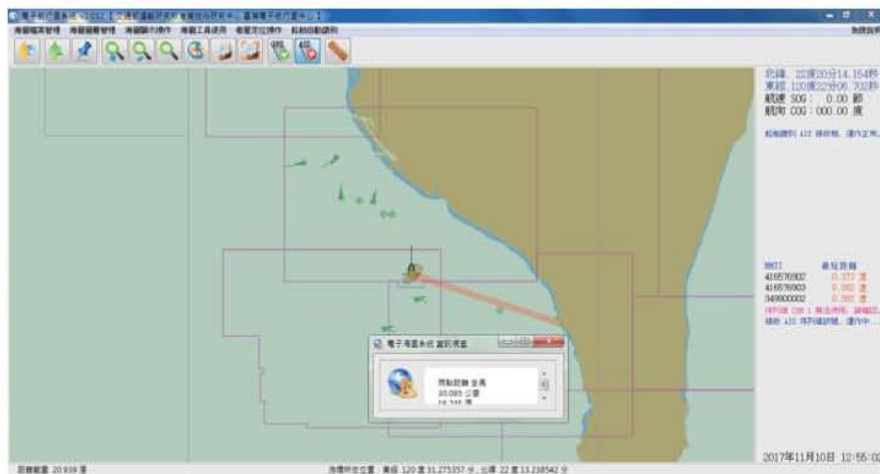
■ AIS中繼接收端(枋寮國小)



Intelligent communication and control laboratory



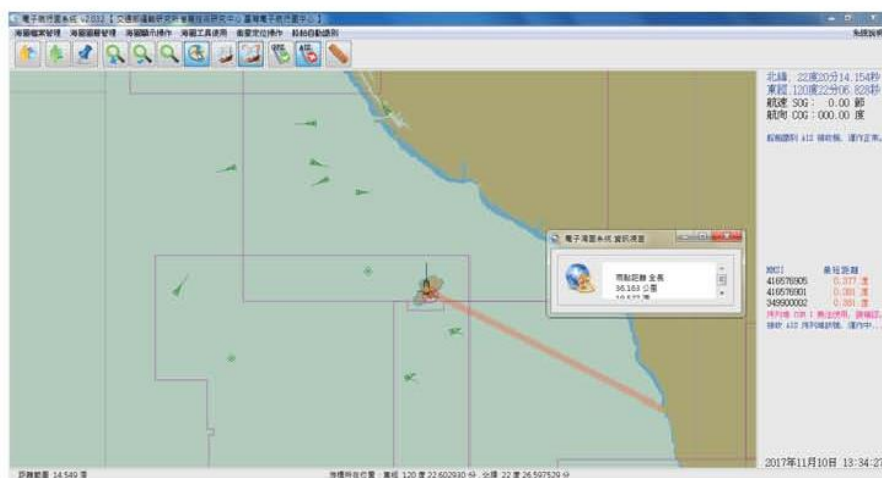
■ AIS中繼接收端(枋山會館)



Intelligent communication and control laboratory



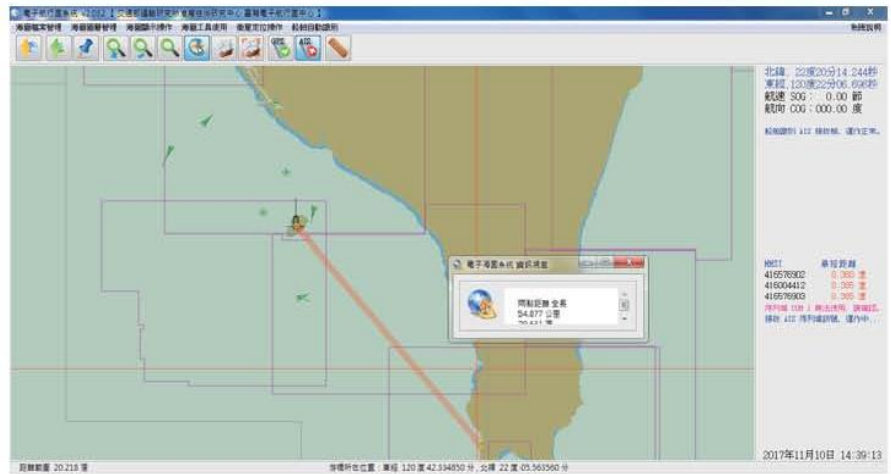
■ AIS中繼接收端(楓港漁港)



Intelligent communication and control laboratory



■ AIS中繼接收端(關山觀景台)

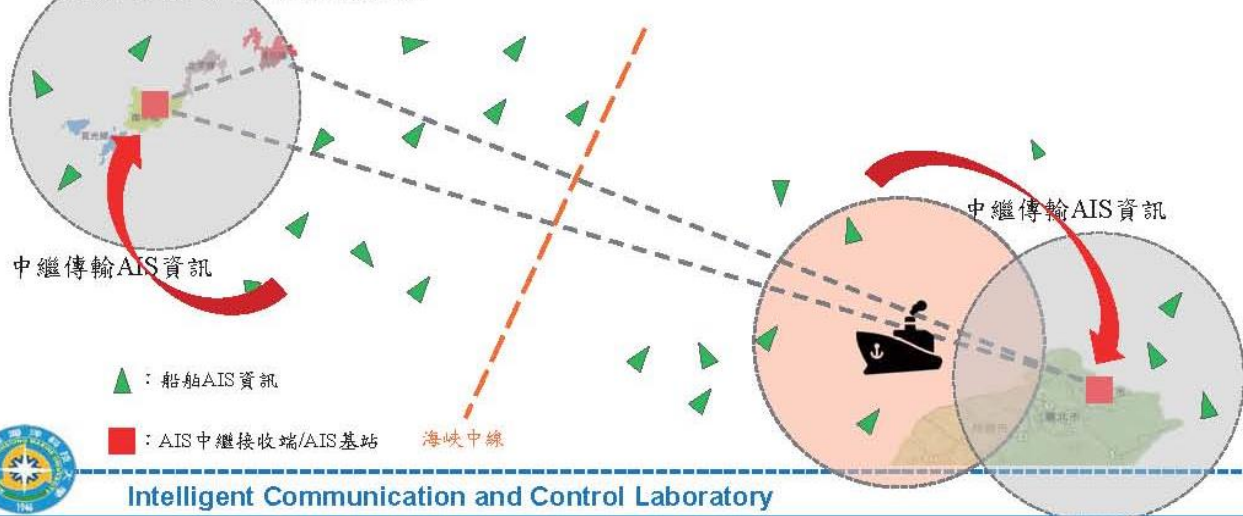


Intelligent communication and control laboratory



未來規劃

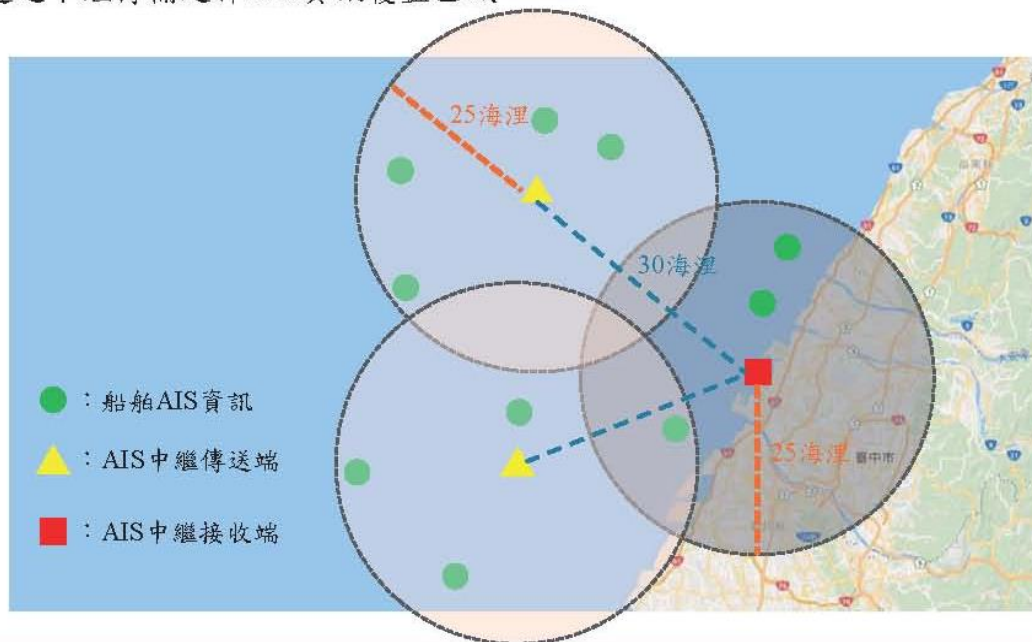
- 於臺馬之星上建置行動中繼站予以縮減衛星資料傳輸所耗費之成本以及延伸我國海域內船舶位置資訊的監測距離



Intelligent Communication and Control Laboratory



■ 透過中繼傳輸延伸AIS資訊覆蓋區域



Intelligent communication and control laboratory

結 論

- 透過多方測試驗證本計畫所提出之AIS接收端天線實可延伸AIS系統資訊覆蓋範圍
- 透過AIS行動中繼系統，能夠完成AIS資訊的傳輸
- 後續探討離岸風機設置地點是否能作為AIS中繼站

Intelligent Communication and Control Laboratory

感謝各位聆聽



Intelligent communication and control laboratory

