

100 年委託研究報告

新世代電波監測系統之建置規劃與優化分析研究

計畫委託機關：國家通訊傳播委員會

中華民國 100 年 12 月

100 年委託研究報告

PG10006-0328

新世代電波監測系統之建置規劃與優化分析研究

受委託單位

財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人

陳文字

共同主持人

王春清、林易泉、張耀堂

黃光渠、郭文中、曾王道

研究人員

許孟智、謝函君、林俊余、鄭姿伶

張景超、孫培耕、黃祺真、鍾佳宏

徐溥鍵、許仲慶、劉瓊展

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國 100 年 12 月

目 次

表 次	VI
圖 次	X
提 要	XIII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 研究目標	3
第三節 研究架構與方法	3
一、 研究架構	3
二、 研究方法	5
第四節 工作範圍及章節對照表	7
第二章 國內外電波監測概況之蒐集及研析	11
第一節 國際電波監測業務發展趨勢	11
一、 ITU 制訂之電波監測業務	11
二、 英國電波監測業務	16
三、 德國電波監測業務	21
四、 法國電波監測業務	27
五、 美國電波監測業務	31
六、 各國監測設備系統整合之方式	33
第二節 未來新興通訊傳播技術之趨勢調查	34
一、 第四代行動寬頻通訊	34
二、 White Space 應用相關技術與標準	40
三、 車載資通訊	43
四、 無線區域網路	43

五、 數位廣播電視	44
第三節 電波監測情境分析	48
一、 頻譜佔用量測	48
二、 電波涵蓋量測	48
三、 考場監測與定向	49
四、 非法廣播站台之監測與定向	49
五、 固定站覆蓋範圍外之監測	49
六、 低功率站台干擾之定向	50
七、 衛星干擾監測	50
第三章 新世代電波監測系統架構及規格研析	53
第一節 市場趨勢分析	53
一、 SAT 趨勢分享與實機展示	53
二、 Thales 趨勢分享與實機展示	54
三、 Tadiran 發展趨勢與經驗分享	55
四、 Grintek 趨勢分享與實機展示	56
五、 NI 趨勢分享與實機展示	57
六、 TCI 趨勢分享與實機展示	57
七、 Rohde & Schwarz 趨勢分享與實機展示	58
八、 Agilent 實機展示概況	60
第二節 電波監測系統發展建議	60
第三節 新世代電波監測系統架構規劃	64
一、 組織架構	64
二、 網路架構	67
三、 系統架構方案研析	68
第四節 系統規格之研析	75

一、 軟體需求規格	75
二、 硬體需求規格	79
第五節 電波監測系統預算估計	88
一、 監測系統預算之估計	88
二、 軟體系統成本預估	95
第六節 新世代監測系統之人力需求	101
第四章 新世代電波監測系統招標規範之研析	102
第一節 採購法規之研析	102
一、 政府採購法（GPL）概述	102
二、 政府採購協定（GPA）概述	102
三、 GPL 與 GPA 比較	105
第二節 招標方式	106
一、 邀標公告與公開決標資訊	107
二、 招標文件	107
三、 廠商資格條件	108
四、 投標與履約之期限	108
五、 投標、收標、開標、決標	108
六、 協商	109
第三節 決標方式	109
一、 決標機制方法整理分析	109
二、 最有利決標評選方法	112
第四節 新世代電波監測系統適用最有利標理由分析	115
第五節 汰換時程規劃	119
一、 系統現況	119
二、 汰換時程	119

三、 配套措施	122
第五章 新世代電波監測系統測試程序與驗證方法	123
第一節 系統測試程序與驗證方法	123
第二節 接收機測試程序	124
一、 線性度測試程序	124
二、 雜訊指數(Noise Figure).....	125
三、 掃描速度	129
四、 相位雜訊	131
五、 假象拒斥(Image Rejection)	131
六、 選擇性(Selectivity)	132
七、 自動增益控制	133
第三節 定向處理器測試程序	133
一、 定向靈敏度	135
二、 定向精確度	136
三、 定向實際測量程序	137
四、 定向最小信號持續時間	138
第四節 實地測試驗測結果	138
一、 量測結果-經由接收天線接收訊號.....	139
二、 直接由天線輸入端輸入訊號	145
第六章 電波監測站之查勘作業及改善建議	151
第一節 監測站簡介	151
第二節 查勘項目	152
一、 地理位置	152
二、 鐵塔	156
三、 避雷與設備接地	158

四、 電力與空調設備	160
五、 電信網路	161
六、 電波背景環境	164
七、 查勘作業記錄表	166
第三節 監測/定向功能評估	166
第四節 綜合改善建議	170
第七章 結論與建議.....	174
第一節 重要結論	174
第二節 立即可行建議	176
第三節 中長期建議	177
參考書目	178
附錄.....	181
附件一 電波監測站查勘作業記錄表	181
附件二 監測/定向功能評估表	182
附件三 公共工程委員會訪談紀錄	183
附件四 測試程序專家訪談記錄.....	184
附件五 各區處需求回應表.....	186

表 次

表 1-1	工作項目與章節對照表	7
表 1-2	工作進度甘特圖	10
表 2-1	先進國家之整合情況	34
表 2-2	IEEE 802.16M 支援頻段	36
表 2-3	基地台之輻射電功率	38
表 2-4	基地台之輻射電功率	39
表 2-5	LTE 標準比較表	39
表 2-6	各國 WHITE SPACE 之運作頻道數量與頻段	42
表 2-7	FM IBOC 標準比較表	46
表 2-8	AM IBOC 標準比較表	47
表 3-1	AOA 系統與 TDOA 系統比較表	62
表 3-2	各國行動監測車設備	63
表 3-3	各類監測站數量統計表	66
表 3-4	WEB-BASED 架構支援狀況	71
表 3-5	三層式架構支援狀況	73
表 3-6	系統架構優缺點分析	73
表 3-7	各類型站台採用監測及測向天線頻段	80
表 3-8	ITU 與各家廠商接收機線性度規格	83
表 3-9	ITU 與各家廠商接收機雜訊指數規格	84
表 3-10	ITU 與各家廠商接收機掃描速度規格	84
表 3-11	ITU 與各家廠商接收機 IF 規格	85
表 3-12	ITU 與各家廠商定向靈敏度規格	86
表 3-13	ITU 與各家廠商定向精確度規格	86
表 3-14	ITU 與各家廠商最小訊號期間規格	86

表 3-15	電波監測設備之報價	88
表 3-16	控制中心主要設備	89
表 3-17	監測與定向型固定監測站主要設備	90
表 3-18	第一類行動監測站主要設備	91
表 3-19	第三類行動監測站主要設備	92
表 3-20	可運載式監測台主要設備	93
表 3-21	可攜式監測台主要設備	94
表 3-22	電波監測系統主要硬體價格	94
表 3-23	電波監測系統主要軟體價格	94
表 3-24	新世代監測系統預估價格	95
表 3-25	基本功能需求功能點數	97
表 3-26	特殊情境需求功能點數	98
表 3-27	軟體工作量調整因素設定	98
表 3-28	軟體工作量預估	99
表 3-29	系統工程基本元素估算數量	99
表 3-30	系統工程工作量調整因素評估	100
表 3-31	系統工程工作量預估	100
表 3-32	軟體系統成本預估	100
表 4-1	最低標決標及最有利標決標之優缺點比較	112
表 4-2	最有利標之參考評選項目	113
表 4-3	最有利決標評選方法比較	115
表 4-4	本案適用最有利標評選項目	117
表 4-5	現有監測站數量分佈狀況	119
表 5-1	接收機驗證方式	123
表 5-2	定向處理器驗證方式	124
表 5-3	IP3 量測結果(南區行動監測車).....	140

表 5-4	掃描速度量測結果(南區行動監測車).....	141
表 5-5	掃描速度量測結果(中區行動監測車).....	141
表 5.6	最小信號持續時間量測結果(南區監理處之行動監測車).....	141
表 5-7	最小信號持續時間量測結果(中區監理處之行動監測車).....	141
表 5-8	最小信號持續時間量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516).....	141
表 5-9	最小信號持續時間量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517).....	141
表 5-10	測向靈敏度量測結果(南區行動監測車).....	142
表 5-11	測向靈敏度量測結果(中區行動監測車).....	143
表 5.12	精確度量測結果(南區行動監測車).....	143
表 5-13	精確度量測結果(中區行動監測車).....	144
表 5-14	精確度量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516).....	144
表 5-15	精確度量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517).....	144
表 5-16	IP3 量測結果(南區行動監測車).....	145
表 5-17	IP3 量測結果(中區行動監測車).....	145
表 5-18	IP3 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516)	146
表 5-19	IP3 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517)	146
表 5-20	IP2 量測結果(南區行動監測車).....	147
表 5-21	IP2 量測結果(中區行動監測車).....	147
表 5-22	IP2 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516)	147
表 5-23	IP2 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517)	148
表 5-24	雜訊指數量測結果(南區監理處之行動監測車).....	148
表 5-25	雜訊指數量測結果(中區監理處之行動監測車).....	148
表 5-26	雜訊指數量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516).....	148
表 5-27	雜訊指數量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517).....	148
表 5-28	SELECTIVITY 量測結果(南區).....	149
表 5-29	SELECTIVITY 量測結果(中區).....	149

表 5.30	SELECTIVITY 量測結果(北區 BR-516).....	149
表 5.31	SELECTIVITY 量測結果(北區 BR-517).....	149
表 5.32	掃描速度量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516).....	150
表 5.33	掃描速度量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517).....	150
表 5.34	AGC 量測結果(南區).....	150
表 5.35	AGC 量測結果(中區).....	150
表 5.36	AGC 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-516)	150
表 5.37	AGC 量測結果(北區監理處之行動監測車 BR-517)	150
表 6-1	電波監測站查勘位置一覽表	153
表 6-2	「固定監測站」各類型鐵塔型式一覽表	157
表 6-3	接地電阻計與量測方法	158
表 6-4	易受雷擊區的監測定向固定站總覽	159
表 6-5	ITU 新世代監測系統網路速率需求與建置方案.....	162
表 6-6	各固定監測站「電信網路」的查勘實測結果	163
表 6-7	使用儀器之廠牌型號	164
表 6-8	使用天線之廠牌型號	165
表 6-9	測量頻率範圍參數設定	165
表 6-10	各站監測/定向功能評估分析統計表	166
表 6-11	現行既有固定監測站綜合建議一覽表	170

圖 次

圖 1-1	全國無線電電波監測網分佈圖	2
圖 1-2	研究架構圖	4
圖 2-1	雙星定位技術架構圖	15
圖 2-2	英國 OFCOM 組織架構圖	16
圖 2-3	英國電波監測控制中心與固定站站址	17
圖 2-4	無人監測系統 (UMS).....	18
圖 2-5	無人監測系統 (UMS)監測畫面	19
圖 2-6	RMDF 監測站台環境.....	19
圖 2-7	行動監測車	20
圖 2-8	RF SENSORS 系統圖	21
圖 2-9	FNA 監測站規劃情況	22
圖 2-10	FNA 監測站分布圖	23
圖 2-11	慕尼黑遠端遙控工作站	25
圖 2-12	類型一行動監測車及其內裝	25
圖 2-13	類型二行動監測車	26
圖 2-14	類型三行動監測車及其內裝	26
圖 2-15	類型四行動監測車及其內裝	27
圖 2-16	區域監控中心組織架構	28
圖 2-17	典型設備與監測天線實景	30
圖 2-18	行動車監測車及其內裝	31
圖 2-19	FCC 之 EBEB 組織圖	32
圖 2-20	IEEE 802.16M 支援頻譜圖	36
圖 2-21	LTE 支援頻譜圖	40
圖 2-22	SSCR 頻譜運用示意圖	41
圖 3-1	SAT 演講剪影	54

圖 3-2	SAT 實機展示剪影	54
圖 3-3	THALES 演講剪影	55
圖 3-4(A)	THALES 實機展示剪影	55
圖 3.4(B)	場外架設天線機組之情況	55
圖 3-5	TADIRAN 演講剪影	56
圖 3-6	GRINTEK 演講剪影	56
圖 3-7	GRINTEK 實機展示剪影	56
圖 3-8	NI 演講剪影	57
圖 3-9	NI 實機展示剪影	57
圖 3-10	TCI 演講剪影	58
圖 3-11	TCI 實機展示剪影	58
圖 3-12	ROHDE & SCHWARZ 演講剪影	59
圖 3.13	ROHDE & SCHWARZ 實機展示剪影	59
圖 3-14	AGILENT 演講剪影	60
圖 3-15	電波監測組織架構	65
圖 3-16	網路架構	68
圖 3-17	主從式系統架構圖	69
圖 3-18	WEB-BASED 系統架構圖	70
圖 3-19	三層式系統軟體架構圖	72
圖 3-20	系統軟體架構	74
圖 3-21	訊號分析圖	77
圖 4-1	GPL 與 GPA 關係圖	106
圖 4-2	湯姆笙與 TCI 電波監測系統分布圖	120
圖 4-3	第一階段電波監測系統分布圖	121
圖 4-4	第二階段監測系統分布圖	121
圖 4-5	第三階段電波監測系統分布圖	122

圖 5-1	接收機線性度量測架構	125
圖 5-2	增益法量測架構	127
圖 5-3	Y 因子法量測架構	128
圖 5-4	靈敏度與雜訊指數的關係圖	129
圖 5-5	掃描速度量測架構	129
圖 5-6	相位雜訊量測架構	131
圖 5-7	IMAGE REJECTION 量測架構	132
圖 5-8	選擇性量測架構	132
圖 5-9	AGC 量測架構	133
圖 5-10	OATS 測試架構	134
圖 5-11	平台測試架構	134
圖 5-12	行動監測車量測架構	135
圖 5-13	定向實際量測架構圖	137
圖 5-14	中區監理處之行動監測車	139
圖 5-15	南區監理處之行動監測車	139
圖 5-16	北區監理處之行動監測車 BR-516	139
圖 5-17	北區監理處之行動監測車 BR-517	139
圖 6-1	次格山監測站建物外觀	155
圖 6-2	地理位置所使用的 GPS 設備	155
圖 6-3(A)	直立式鐵塔	156
圖 6-3(B)	拉線式鐵塔	156
圖 6-3(C)	鋼骨式鐵塔	156
圖 6-3(D)	RC 結構監測塔	156
圖 6-4	THALES 系統信號落雷阻絕的接地防護	160
圖 6-5	電源避雷示意圖	160
圖 6-6	網路速率實測程式畫面	162

提 要

關鍵詞：電波監測、測向、頻譜、監測車、站臺查勘

一、 研究緣起

自民國 76 年政府解嚴以來，各界對通訊頻率需求殷切，為提升頻譜資源使用效率及有效維護電波秩序，交通部電信總局於民國 85 年 7 月進行「電波偵測能量計畫」建設案。

民國 95 年國家通訊傳播委員會(National Communications Committee, 以下簡稱 NCC) 成立，主要掌理有關通訊傳播、資通安全等事項。鑒於無線電波頻率的稀少性，無線通訊系統對頻譜的需求日益增大。而一些具有商機的頻段，已成為拍賣市場中，各方競相競價的標的物。為了讓我們能夠享受現代通訊科技帶給大眾的便利與暢通的通訊品質，有必要防止非法與不當使用頻率所衍生的干擾問題，因此 NCC 以「持續依法取締、積極開放頻道」為解決非法廣播電台問題之施政方針，繼續延用「電波偵測能量計畫」所建置之電波監測系統，以達成維護電波秩序之目標。

惟 NCC 現有之無線電監測系統，係於民國 87 年採購建置，對於類比之調幅廣播、調頻廣播、電視及專用電信等之訊號源，尚能有效監測。然而，對於日益增加之數位通訊系統及寬頻訊號源，如現今第三代行動通訊系統、數位影像廣播、無線寬頻接取等寬頻訊號，現有電波監測系統已無法滿足上述訊號之監測，實有必要提升系統功能，以因應未來更多新型寬頻訊號源及突發干擾源之監測。

此外，現行電波頻譜監測系統主要採用分階段性的升級與整合，因此，不同設備商所提供的異質性設備的整合愈顯重要，未來的系統應具備開放性及可擴充性之架構。

本研究的主要目標即為：

1. 透過本計畫之綜合整理分析，協助 NCC 掌握國外電波監測最新作法及技術發展趨勢。
2. 藉由本計畫所研提之系統規格、招標規範及測試程序等，做為 NCC

規劃採購新世代電波監測系統之重要依據。

3. 藉由本計畫使我國電波監測系統，符合通訊傳播技術發展及頻譜管理需求，對於有效維護電波秩序及增進頻譜效益有相當大之助益。

二、研究方法及過程

本研究架構執行之研究變項共分為：資料搜集、現況調查、研討會舉辦、監測系統規格研究、測試程序與驗證方法研究、及監測系統招標規範制訂等項目。研究變項間的相關性，透過資料搜集、現況調查、及研討會舉辦，完成舊系統現況分析及釐清，並取得新世代電波監測系統的主客觀資訊，進行新世代系統規格的研究及規劃，進而提出新系統規格的測試程序與驗證方法，及招標規範建議書。

三、重要發現

本研究針對電波監測產業發展趨勢、系統規格架構、採購招標、契約規範及查勘結果等，歸納出以下七點重要結論：

1. 三層式系統架構

考量新世代電波監測系統須能滿足整合性及開放性之需求，及符合市場發展趨勢，以提升系統建置之可行性，因此，本計畫建議採用三層式系統架構，作為軟硬體間溝通的媒介。

2. GPA 採購協定

於研究過程中，公共工程委員會已將 NCC，名列為適用 GPA 採購協定之政府組織，因此，NCC 必須接受 GPA 協定之規範，於國際上公開招標，使各 GPA 會員國皆能參與此系統之招標。

3. 異質最有利標

鑒於新世代電波監測系統於，技術規格、維護合約、功能、過去履約績效及價格合理性等評選項目，各家廠商有其不同之優勢及異質性，同時，為避免有低價搶標之情況發生，故本計畫建議採用異質最有利標，為此建構案之決標方式。

4. 驗收程序

監測系統接收機重要參數如 IP3/IP2 可使用訊號產生器進行量測，測向系統的測試則需要一個滿足 OATS 的環境及相關的測試平台。量測所需設備包括具指向性之發射天線及可產生突短訊號之數位訊號產生

器。測向系統所需測量的重要參數為測向靈敏度、精確度及最小訊號時間。

5. 維護計畫

得標廠商必須提出完善的維修計畫，以審視「得標廠商」後送維修的能力與時程。

6. 具開放性及擴充性

本計畫建議可培養相關人力及投入一定比例經費，來處理將來可能面臨的系統擴充問題，並且在採購及建置系統時，在規格上要做一些必要的要求，在相關介面上做必要的規範，並明令得標廠商需交付相關介面程式及相關文件。

7. 行動上網品質監測

上網品質之監測，要從輻射之電磁波來量測，困難度相當高，若能從電信營運商之網管中心連線，即可容易取得行動上網之品質。因此，電波監測系統不需包含行動上網品質之監控。

四、主要建議事項

本計畫藉由實地查勘、出國訪察與舉辦研討會等方式，進行資料蒐集與分析，並期望 NCC 可就以下之建議，深入思考我國電波監測的未來發展：

1. 立即可行之建議

- (1) 思考電波監測之實際需求
- (2) 需經費支持及人才的培養
- (3) 提升行動監測站之重要性
- (4) 透過 TDOA 與 AOA 定向技術，彌補彼此的不足

2. 中長期性建議

- (1) 委由第三方企業執行各廠商系統之整合
- (2) 逐以簡易監測站取代部分固定監測站

Abstract

Key Words : Radio Monitoring, Direction Finding, Spectrum, Mobile Monitoring Station, Site Survey

I. Research background

There have been strong demands for radio frequency of telecommunication industry since the government lifted up the Martial Law in 1987. To enhance the efficiency of spectrum resources usage and maintain radio regulations effectively, Directorate General of Telecommunications executed the "radio detection energy plan" construction project in July 1986.

National Communications Commission (NCC) was established in 2006 and is in charge of the communications, information and communication security and other issues. Owing to scarcity of radio frequency, demand of radio spectrum is an issue of wireless communication industry. Some high commercial value frequency bands have become expensive targets of radio auction market. In order to enhance public convenience and communication quality of modern communication technology, it is necessary to prevent from illegal and improper usage of frequency and potential arising interference. Therefore, NCC follows the policy of “enforce law continuously but offer as many communication bands for services as possible” to solve the problem of pirate radio stations. The NCC utilizes the radio monitoring systems, which was established by "Radio Energy Detection Project", to achieve the goal of radio frequency regulations.

The NCC established the radio monitoring systems in 1998 and has monitored analogy of AM radio, FM radio, television and the private telecommunications and other sources effectively. However, the old systems is unable to monitoring increasing number of digital communication systems and wireless broadband service, such as the current third-generation mobile communication systems, digital video broadcasting, and some broadband signals of wireless broadband access. It is critical to upgrade and enhance the functionality of the existing radio monitoring systems to cope with new wireless broadband service and detect the source of unexpected interference

monitoring in the future.

In addition, the existing radio spectrum monitoring system is mainly used to upgrade and integration of sub-stage, therefore, heterogeneous devices and equipment provided by different vendors can be integrated is critical for the NCC. The next generation system should have the features of openness and scalability in its architecture.

The main objectives of this study are:

1. The analysis of the project can assist the NCC to figure out the trend of the latest development of radio monitoring and technology of the advanced countries.
2. The project outcome, system specifications, tender specifications and test procedures, is the critical document to assist the procurement of the NCC' s the next generation radio system.
3. Through this project, Taiwan radio monitoring system is enabled to meet the requirements of communication technology and spectrum management and maintain the order radio regulations and enhance radio spectrum efficiency.

II. Research methods and processes

In this study, the research sections of the framework are divided into: data collection, status of investigation, seminar arrangement, monitoring of system specifications, test procedures and verification method, and developed the tender of monitoring system specifications and etc. The analysis of the existing radio monitoring system and clarifications of questions are examined by the correlation between research sections, data collection, status surveys, and seminars organization. The research has obtained objective and subjective information of the next generation radio monitoring system and then studied and proposed a new system specification and verification methods of testing procedures, specifications and tender proposals.

III. Important discovery

According to the trend of radio monitoring industry, structure of the system specifications, procurement tender, contract requirements and

specifications and other site survey results, we can summarize seven important points as the conclusion:

1. Three-tier system architecture

The next generation radio monitoring system must meet the needs of integration and openness and match with the market trend to enhance the feasibility of system deployment. Therefore, the project recommends a three-tier system architecture to be the medium between hardware and software.

2. GPA Procurement Agreement

In the process of the study, the Public Construction Committee has listed the NCC as one of government organizations, which are applied to GPA Procurement Agreement. Therefore, the NCC must accept the agreement of the GPA standard of the international public tender to allow all member states of GPA to participate in this bidding system.

3. The most advantageous tender with Heterogeneity

The study recommends to adopt the most advantageous tender with heterogeneity to award the tender and prevent from low bid situation happened, because vendors have different niches and heterogeneities in the technical specifications, maintenance contracts, function, performance and price performance over a reasonable selection of items.

4. Inspection procedure

The important parameters of monitoring system receiver such as IP3/IP2 can use signal generator to measure and direction finding can be inspected by an associated testing platform which can meet the OATS environment. The required measurement equipment includes a directional antennas and a digital signal with capability to generate suitable signals. Measurement system is required to measure the important parameters as sensitivity of direction finding, accuracy and minimum signal time.

5. Maintenance plan

The awarded vendor must submit a comprehensive maintenance plan to examine “the awarded tender’ s” capability and timing of maintenance.

6. Openness and scalability

This project proposes to train some radio monitoring experts and invest certain amount of resource to deal with possible problems about system expansion in the future. Some requirements of specifications and relevant interface of project procurement and system installation are necessary and stipulate that awarded vendor needs to submit the program of relevant interface and related documents.

7. Monitoring of mobile Internet quality

Monitoring Internet quality, measured from the radiation of the electromagnetic wave, is difficult, but if the connection between the NCC and mobile operator's network management center is available, it can easily obtain the quality of mobile internet. Therefore, the radio monitoring system doesn't need to be extended to cover monitoring of mobile Internet quality.

IV. Main recommendations

This project is fulfilled by site surveys, visiting advanced countries, seminars arrangement and so on to collect and analyze data and expects that the NCC may contemplate the development of radio monitoring future based on following recommendations:

1. Feasible suggestions can be executed immediately
 - (1) To ponder the actual needs of radio monitoring
 - (2) The required financial support and personnel training
 - (3) To enhance the importance of mobile monitoring stations
 - (4) To adopt TDOA and AOA direction finding techniques for making up each other's deficiencies.
2. Middle and long-term suggestions
 - (1) To integrate different vendors' systems by a third party
 - (2) To replace some fixed radio monitoring stations by simplified monitoring stations

第一章 緒論

第一節 研究緣起

自民國 76 年政府解嚴以來，各界對通訊頻率需求殷切，為提升頻譜資源使用效率及有效維護電波秩序，交通部電信總局於民國 85 年 7 月進行「電波偵測能量計畫」建設案。

該建設案分為國內監測計畫及國際監測計畫兩部分，在國內監測計畫方面，以無線電頻譜監測系統為主要架構，並以無線電定向 (DF: Direction Finding) 系統和無線電頻譜管理系統為輔助架構。其中無線電測向系統於民國 89 年 6 月正式啟用，計設置 14 個無線電測向站及 6 部無線電測向車，並於北、中、南三區各設立區域控制中心以監督、控制轄區內無線電測向站及無線電測向車之運作，以加強無線電頻譜監測系統之測向功能。另外，為強化全區之無線電測向功能，於民國 89 年底開始進行離島地區無線電測向系統之擴充案，於民國 90 年 6 月完成。同時，為合理化管理無線電頻譜資源，電信總局已完成無線電頻譜管理系統採購作業，並於民國 90 年 5 月完工驗收。無線電頻譜監測系統可透過網路與無線電測向系統連接，藉以快速精確偵測出特定訊號來源，以構成綿密之電波監測網，進而將監測資料作為無線電頻譜管理系統之參考，如此可使有限的頻譜資源發揮最大使用效率，讓我國頻率分配之規劃、協調及編修事項更加制度化及透明化。透過監測網與頻譜管理系統，以構成全天候、即時、自動化的全國電波監測網。

國內監測網完成後，為善盡國際電波監測之責，共同捍衛國際電波秩序，電信總局又著手規劃桃園崙坪及屏東南州兩個國際監測站，於民國 93 年興建完成。使我國之電信國際化又向前邁出一大步。

民國 95 年國家通訊傳播委員會（National Communications Committee, 以下簡稱 NCC）成立，主要掌理有關通訊傳播、資通安全等事項。鑒於無線電波頻率的稀少性，無線通訊系統對頻譜的需求日益增大。而一些具有商機的頻段，已成為拍賣市場中，各方競相競價的標的物。為了讓我們能夠享受現代通訊科技帶給大眾的便利與暢通的通訊品質，有必要防止非法與不當使用頻率所衍生的干擾問題，因此 NCC 以「持續依法取締、積極開放頻道」為解決非法廣播電台問題之施政方針，繼續延用「電波偵測能量計畫」所建置之電波監測系統，以達成維護電波秩序之目標。我國現行之監測網架構如圖 1-1 所示[1]，包括無線電頻譜監測系統與無線電測向系統，計有 1 處全國管理中心(National Management Center, 以下簡稱 NMC)、3 處區域控制中心（Regional Management Center, 以下簡稱 RMC）、33 處固定監測站及 9 部電波監測車，可執行台灣地區之無線電頻譜監測任務，以確實掌握電波使用狀況。

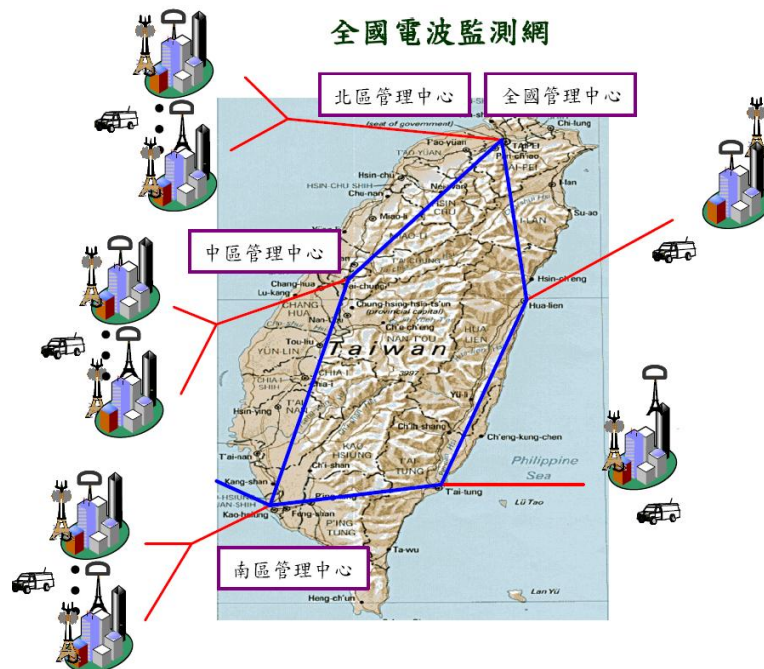


圖1-1 全國無線電電波監測網分佈圖

惟 NCC 現有之無線電監測系統，係於民國 87 年採購建置，對於類比之調幅（Amplitude Modulation, 以下簡稱 AM）廣播、調頻（Frequency

Modulation, 以下簡稱 FM) 廣播、電視及專用電信等之訊號源，尚能有效監測。然而，對於日益增加之數位通訊系統及寬頻訊號源，如現今第三代行動通訊系統(3-rd Generation, 以下簡稱 3G)、數位影像廣播(Digital Video Broadcasting, 以下簡稱 DVB)、無線寬頻接取(Wireless Broadband Access, 以下簡稱 WBA)等寬頻訊號，現有電波監測系統已無法滿足上述訊號之監測，實有必要提升系統功能，以因應未來更多新型寬頻訊號源及突發干擾源之監測。

此外，由於政府採購預算上種種的限制，現行電波頻譜監測系統主要採用分階段性的升級與整合，「測向系統」即採用不同階段逐步升級所完成之監測系統。此狀況顯示，不同設備商所提供的異質性設備的整合愈顯重要，未來的系統應具備開放性及可擴充性之架構。

第二節 研究目標

本計畫主要目標為：

1. 透過本計畫之綜合整理分析，協助 NCC 掌握國外電波監測最新作法及技術發展趨勢。
2. 藉由本計畫所研提之系統規格、招標規範及測試程序等，做為 NCC 規劃採購新世代電波監測系統之重要依據。
3. 藉由本計畫使我國電波監測系統，符合通訊傳播技術發展及頻譜管理需求，對於有效維護電波秩序及增進頻譜效益有相當大之助益。

第三節 研究架構與方法

一、 研究架構

為確實完成工作項目達成計畫預期目標，本計畫擬定的研究架構如圖 1-2 所示。

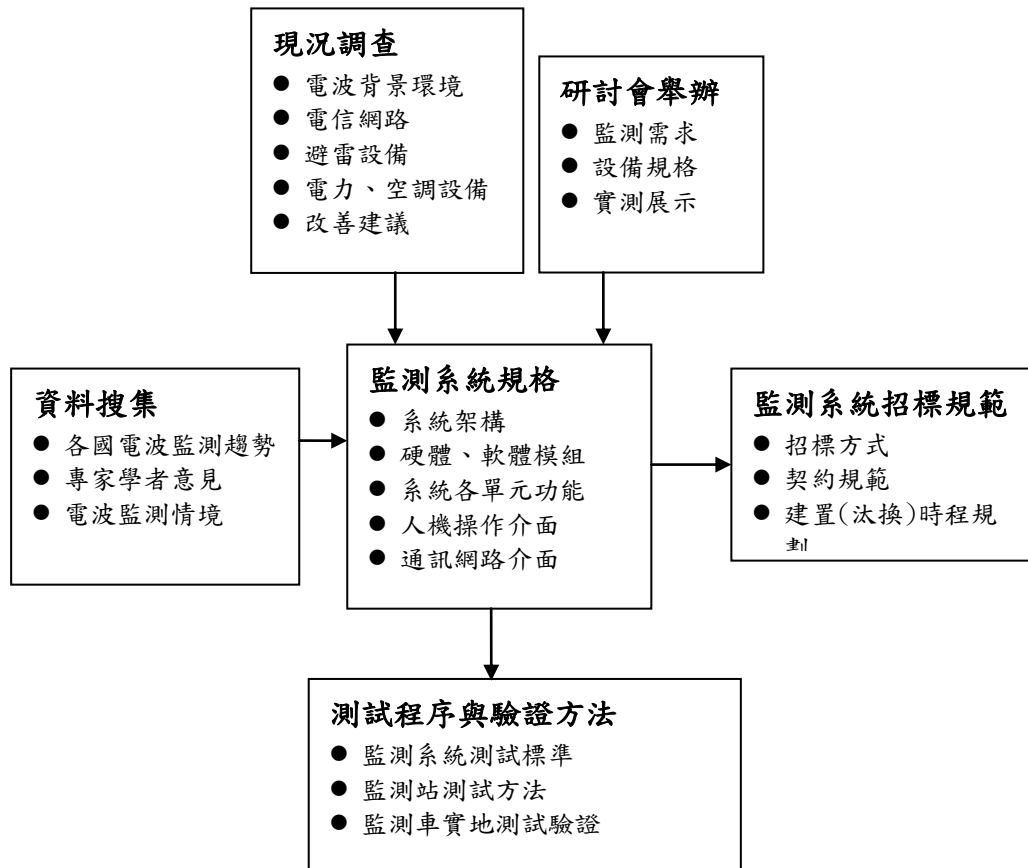


圖1-2 研究架構圖

本研究架構執行之研究變項共分為：資料搜集、現況調查、研討會舉辦、監測系統規格研究、測試程序與驗證方法研究、及監測系統招標規範制訂等項目。研究變項間的相關性，透過資料搜集、現況調查、及研討會舉辦，完成舊系統現況分析及釐清，並取得新世代電波監測系統的主客觀資訊，進行新世代系統規格的研究及規劃，進而提出新系統規格的測試程序與驗證方法，及招標規範建議書。

1. 現況調查

主要是針對現有 35 個監測站台及 4 輛行動監測車，進行現場查勘，並取得包括電波背景環境、電信網路、避雷設備、電力、空調設備，以及行動監測車之精確度、靈敏度、掃描速度等相關現況資訊，進行分析及後續改善建議。

2. 資料搜集

聚焦於國際電信聯盟(International Telecommunications Union, 以下簡稱 ITU)及歐美先進國家，對於高頻(High Frequency, 以下簡稱 HF)/特高頻(Very High Frequency, 以下簡稱 VHF)/超高頻(Ultra High Frequency, 以下簡稱 UHF)/極高頻(Super High Frequency, 以下簡稱 SHF)等頻帶之電波監測最新作法，及未來新興通訊傳播技術發展趨勢等資料，並據參訪國內外單位與專家學者，透過交流座談及深度訪談等活動取得意見後，研擬未來可能之電波監測系統規劃。

3. 研討會舉辦

邀集國內專家學者與會，研討新世代電波監測需求，並邀請國內外電波監測系統供應商及系統整合商，參與實機展示，以掌握電波監測技術發展趨勢。

4. 監測系統規格

研提新世代電波監測系統架構包括，硬體、軟體模組、系統各單元功能、人機操作介面及通訊網路系統。

5. 測試程序與驗證方法

依照新世代電波監測系統規格，制訂監測系統測試標準，監測站測試方法，並進行監測車實地測試驗證。

6. 監測系統招標規範

依據新系統規格及驗測方法，分析建議未來建置案可能的招標方式，以及研擬契約規範與新舊系統的汰換時程規劃。

二、 研究方法

本計劃之主要研究方法說明如下：

1. 系統架構與規格

在系統架構方面，以軟體工程的理論，電波監測系統之架構主要

有三種型式，一為透過相對應的 client-server 進行遠端操作的傳統主從式架構；二為藉由一般網頁瀏覽器進行遠端遙控之 web-based 架構；三為採用三層兩介面，使各階層透過開放式的介面相互通訊之三層式架構。本計畫為使新世代電波監測系統具異質設備整合能力及滿足開放性之需求，將參考各國監測設備整合之方式，並分析主從式、web-based 及三層式架構之優缺點，以規劃符合上述需求之系統架構。

在系統規格方面，主要分為軟體及硬體，完整的電波監測軟體須包含人機介面、電波監測工具及資料庫等，而本計劃將根據 NCC 所提出之實務需求，如友善的人機介面、數位訊號分析等，研擬新世代電波監測系統必要之軟體功能；電波監測硬體規格包含天線、接收機、DF 處理器及運行設備等基本設備，本計畫將依據 ITU 頻譜監測手冊及各家廠商提供之型錄，擬定至少符合 3 家廠商以上之硬體規格，以兼顧招標的公平性及電波監測系統的品質。

2. 招標規範

現行主要之採購法規有政府採購法 (Government Procurement Law, 以下簡稱 GPL) 以及政府採購協定 (Government Procurement Agreement, 以下簡稱 GPA) 兩種；招標方式分為公開招標、選擇性招標、限制性招標等三種；而採購之決標機制則有最低標、合理標、最有利標等三種方式。本計劃將蒐集整理各採購法規、招標及決標方式之詳細規定，並與相關領域之專家，進行深度訪談，以規劃出最適合新世代電波監測系統採購之招標方式、契約規範。

3. 測試程序

本計劃藉由整理 ITU 頻譜監測手冊與系列文件中對於測試程序之建議，並和相關領域之專家針對此議題進行討論，以既有之測試程序為基礎，提出可行之測試程序，並依此程序進行監測車實地測試驗證。

4. 查勘作業

本計劃成立三個工作小組分別負責北、中、南三區監測站的查勘，查勘項目包括站臺座標、海拔高度、鐵塔、避雷設備、接地電阻、電力、空調設備、電信網路、電波背景環境等。站台查勘結束後，將對於所蒐集到之相關現況資訊進行分析，並給予後續改善建議。

第四節 工作範圍及章節對照表

為達成計畫之主要目標，本計畫將包含下列重點工作項目：

1. 國內外電波監測概況之蒐集及研析。
2. 新世代電波監測系統架構及規格之研析。
3. 建置新世代電波監測系統招標規範之研析。
4. 新世代電波監測系統測試程序與驗證方法。
5. 完成我國 35 處電波監測站之站臺查勘作業及改善建議。

各工作項目及其細部工作內容之章節對照，如表 1-1 所示：

表1-1 工作項目與章節對照表

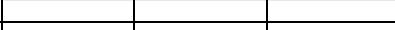
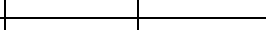
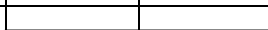
工作項目內容	章節對照
一、國內外電波監測概況之蒐集及研析	
(一) 蒐集並整理 ITU 所制定之頻譜監測相關規範，含頻譜監測手冊及頻譜管理系列標準。	第二章 第一節 第一部份
(二) 參考世界各國著名廠商有關監測系統之相關規格資料，分析未來新興通訊傳播技術(如多媒體數位通訊技術、定位技術及數位調變技術)之發展趨勢。	第二章 第二節 及 第三章 第一節

(三) 針對各類無線通信業務(如:無線廣播電視業務、公眾通信業務等),考量國內法令規定、監測業務執行現況及通訊傳播發展趨勢,對於未來可能發生之電波監測需求提出2種以上的情境分析。	第二章 第三節
二、新世代電波監測系統架構及規格之研析	
(一) 邀請國內外主要電波監測系統廠商、代理商或專家學者等舉辦研討會(包含電波監測需求說明及監測設備性能實測展示等)進行技術交流,以草擬讓大多數可提供設備之廠商接受之規格,並以此為基礎,預估建置新世代電波監測系統所需預算金額。	第三章 第一節 、 第五節 、 研討會報告書 I、II
(二) 綜合比較國際無線傳播與電波監測技術發展趨勢、國際電波監測設備供應現況及我國電波監測需求後,研提我國新世代電波監測系統架構。	第三章 第二節 、 第三節
(三) 研提監測站臺之規格: 1. 包含不同種類電波監測站臺【如固定式、移動式、便攜式、區域控制中心、全國管理中心等】之規格研析。 2. 包含系統各單元功能要求、友善之人機操作介面及有無其它電波監測需求等實務面之考量。 3. 規格應盡可能具有開放式、模組化及可擴充之特性,以利未來系統整合及擴充。	第三章 第三節 、 第四節 、 RFP CH3
三、建置新世代電波監測系統招標規範之研析	
(一) 綜合比較不同招標(國內標、國際標等)、決標方式,並研提適合未來新世代電波監測系統之建議書徵求說明書(Request For Proposal;以下簡稱 RFP)。	第四章 第一節 至 第五節
(二) 研擬合適契約規範,明訂得標廠商提供保固服務之項目及責任。	制訂於契約規範書
(三) 提出完整的電波監測系統汰換時程規劃(roadmap),使得既有電波監測系統與未來新系統間達到無縫隙(seamless)轉換銜接。	第四章 第六節

四、新世代電波監測系統測試程序與驗證方法	
(一) 電波監測站測試方法研究：包括出廠驗收以及現場測試，確認整個系統是否正常運作及日後成效追蹤等工作。	第五章 第一節
(二) 電波監測系統測試標準研究：包括使用測試儀器、測試校驗、測試項目。	第五章 第二節 、 第三節
(三) 完成電波監測車實地測試驗證：參採前揭測試方法與標準，以目前我國現有之 4 輛電波監測車為測試對象，至少須針對下列項目進行實地測試： 1. 接收機：靈敏度 (sensitivity)、三階截斷點 (IP3)、接收機掃描速度 (receiver scanning speed)、噪音係數 (noise figure)。 2. DF 機：DF 靈敏度 (sensitivity)、準確度 (accuracy)、最小訊號持續時間 (minimum signal duration)。	第五章 第四節
五、完成我國 35 處電波監測站之查勘作業及改善建議	
查勘項目包含現有之站台座標、海拔高度、鐵塔、避雷設備、接地電阻、電力、空調設備、電信網路、電波背景環境等，並根據查勘結果進行分析，給予後續改善建議。	第六章

依據研究架構與各工作項目，本計劃執行進度甘特圖如表 1-2 所示。

表1-2 工作進度甘特圖

工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月
查核點1： 專案管理計畫書						
資料搜集						
站台查勘						
改善建議						
研討會舉辦						
系統架構研究						
硬體規格研究						
系統功能規格研究						
招標規範研訂						
查核點2：期中報告						
汰換時程規劃						
系統測試標準研訂						
監測站測試方法研訂						
監測車實地測試驗證						
查核點3：期末報告						
工作進度估計累計百分比	14%	34%	55%	69%	86%	100%

第二章 國內外電波監測概況之蒐集及研析

第一節 國際電波監測業務發展趨勢

一、 ITU制訂之電波監測業務

根據 2011 年 ITU 頻譜監測手冊第 4 章所述，電波監測之量測業務分為基礎的量測業務、高階量測業務、和特殊量測業務，詳細量測業務內容如下[2]：

(一) 基礎量測業務

1. 頻率量測

頻率量測主要是針對輻射之電磁波，量測其頻率。目前在頻率量測中，因為普遍採用如快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform; 以下簡稱 FFT)、瞬時頻率量測 (Instantaneous Frequency Measurement; 以下簡稱 IFM) 等之數位訊號處理技術，提高了量測的精確度、調整的方便性及量測速度。

2. 頻寬量測

頻寬量測主要是針對輻射之電磁波，量測其所涵蓋的頻譜大小，而頻譜大小代表該無線通道所使用無線頻譜資源之多寡。此種量測經常使用於干擾處理及分析，以及確認合法電台是否依規定之頻譜發射訊號。無線電頻譜之頻寬，較常用的定義有兩種，即佔用頻寬 (Occupied Bandwidth) 及 x-dB 頻寬。

3. 場強量測

場強量測主要是針對輻射之電磁波，量測其電場強度。此量測業務之目的，在於確認無線電訊號強度以及無線電服務涵蓋區域之輻射是否足夠、確認蓄意的無線電輻射的干擾效應、確認發射機的混附發

射(Spurious emission)等之非蓄意發射之強度，和其對干擾的影響，並評估抑制措施的有效性。

4. 調變量測

此量測任務之重點在於調變參數的測量、調變方式和分析方法的識別。而調變方式又分為類比調變 (Analogue modulation)、單載波數位調變 (Single carrier digital modulation)、多載波數位調變 (Multicarrier digital modulation)等。

(二) 高階量測業務

1. 頻率佔有率

頻率佔有率的量測指的是，一段時間內，發射訊號時間長度比率的記錄，用以掌握頻譜的使用效率。透過蒐集到的原始資料，可產生出許多的圖、表 (如每頻段佔用率的計算)。頻率佔有率的監測可使用頻譜分析儀，或監測接收機加上電腦控制兩種方式來進行。

2. 覆蓋範圍

量測無線電發射機和網路覆蓋範圍之目的，在於驗證電波傳播模型預測之正確性、確認電台是否遵守執照規範、驗證在某一特定區域之訊號品質、評估干擾地區之接收環境等。

3. 訊號分析

作為一個發射機的識別工具，訊號分析量測越來越重要。訊號分析是從輻射之電磁波訊號中，擷取相關之參數與資訊，如從傳播訊號的特性 (頻率，調變方式等)、發射機的特性(位置)等。發射機的識別在電波監管業務是相當重要的，所有的傳播訊號，都應該透過訊號分析或其他方法 (如代號、站名、註冊商標、飛行識別號碼等)來識別。

4. 測向(DF: direction finding)與定位

無線電測向的目的，在於藉由無線電波的傳播特性，確認電磁輻射來源方向的軸承線 (Line of Bearer, 以下簡稱 LOB)。測向可以用來確定一個無線電發射器或無線電干擾源的方向。測向的架構包含天線陣列、接收組件、DF 處理器。利用兩個鄰近的監測站，同時對一個發射台進行測向，即可對發射台進行定位。

(三) 特殊量測業務

1. 廣播監測業務

廣播監測任務主要針對廣播訊號本身之品質、各廣播電台訊號間之干擾與蓋台情況，以及非法電台訊號做監控與查測，目的在於提供消費者良好的收聽收看服務品質 (Quality of Services; 以下簡稱 QoS)，以及掌握頻譜利用的合法性與使用效率。而以往的廣播服務，包含 AM、FM 及 TV 廣播，多屬於類比訊號廣播，其監測設備與任務相對簡易，如今，因應數位匯流時代的來臨，各式新興數位廣播技術(如：數位電視 DVB-T)將會被更廣泛的運用，因此，未來廣播監測業務之走向，將朝數位廣播技術發展。

2. 蜂巢式行動通訊系統監測業務

常見的蜂巢式行動通訊技術，包含第二代行動通訊系統(2-nd Generation; 以下簡稱 2G)、3G 以至於未來的第四代行動通訊系統(4-th Generation; 以下簡稱 4G)等通訊技術，分別有分時多工存取 (Time Division Multiple Access; 以下簡稱 TDMA)、分頻多工存取 (Frequency Division Multiple Access; 以下簡稱 FDMA)、分碼多工存取 (Code Division Multiple Access; 以下簡稱 CDMA) 及正交分頻多工 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing ; 以下簡稱 OFDM) 等多種存取方式，另外，根據業者需求與應用的不同，亦存在許多不同種類

的調變技術，使得其系統本身及參數設定之複雜度相對提高，而根據 ITU 頻譜監測手冊 5.3.6 所述，一個成功的蜂巢式行動通訊系統之佈建與運作，還需包含特別的電腦輔助規劃軟體與測量系統，以獲得適當的設定參數，因此，相關的作業程序以及量測業務皆應為電信營運商本身之責任。綜合上述，相較於一般的電波監測任務僅需評估覆蓋範圍及其可能帶來之干擾問題，如欲進行訊號參數分析等較為複雜的監測任務除須有較為先進的設備外，亦需有電信營運商之高度參與[2][3]。對於行動上網品質之監控，基本上也是電信營運商之責任。上網品質之監測，要從輻射之電磁波來量測，困難度相當高，若能從電信營運商之網管中心連線，即可容易取得行動上網之品質。因此，電波監測系統不需包含行動上網品質之監控。

3. 衛星監測業務

一般的衛星干擾原因可分三種：人為惡意干擾、大自然干擾、衛星相互干擾。所謂的人為惡意干擾即是透過地面衛星發射上鏈訊號，進行惡意覆蓋目標衛星訊號的一種方式，但由於干擾衛星之電波係由地面朝向衛星發射(如圖2-1所示)，且其主波(main beam)狹窄，地面上不易查測。若是衛星新聞轉播(Satellite News Gathering; 以下簡稱SNG)車所為，由於干擾者採取打帶跑策略，除地點不固定外，干擾的時間很短且不連續，亦增加了偵測之困難。目前被較為廣泛使用於人為惡意干擾查測的技術為商用衛星干擾處理公司(Transmitter Location System; 以下簡稱TLS)所採用的雙星定位技術[4]，利用當衛星地面站將天線的主波朝向天空中衛星轉頻器發射時，天線的旁波瓣(side lobe)所發射的訊號，有可能被鄰近使用相同頻段的衛星轉頻器所接收。運用兩顆衛星接收正常訊號與干擾訊號，經過運算可得到達頻率偏差(Frequency Difference of Arrival; 以下簡稱FDOA)與到達時間偏差

(Time Difference of Arrival;以下簡稱TDOA)，其代表之兩條線於電子地圖上交測點即為干擾源，其精確度約為交測點直徑3公里範圍，在業界算是很精確的技術。而在大自然干擾方面，由於牽涉到一般的大自然現象如太陽風及地磁變化等的影響，實務上是較難處理與避免的。在衛星相互干擾部分，由於干擾的來源可能分屬不同國之衛星，因此需要透過ITU進行協調處理。

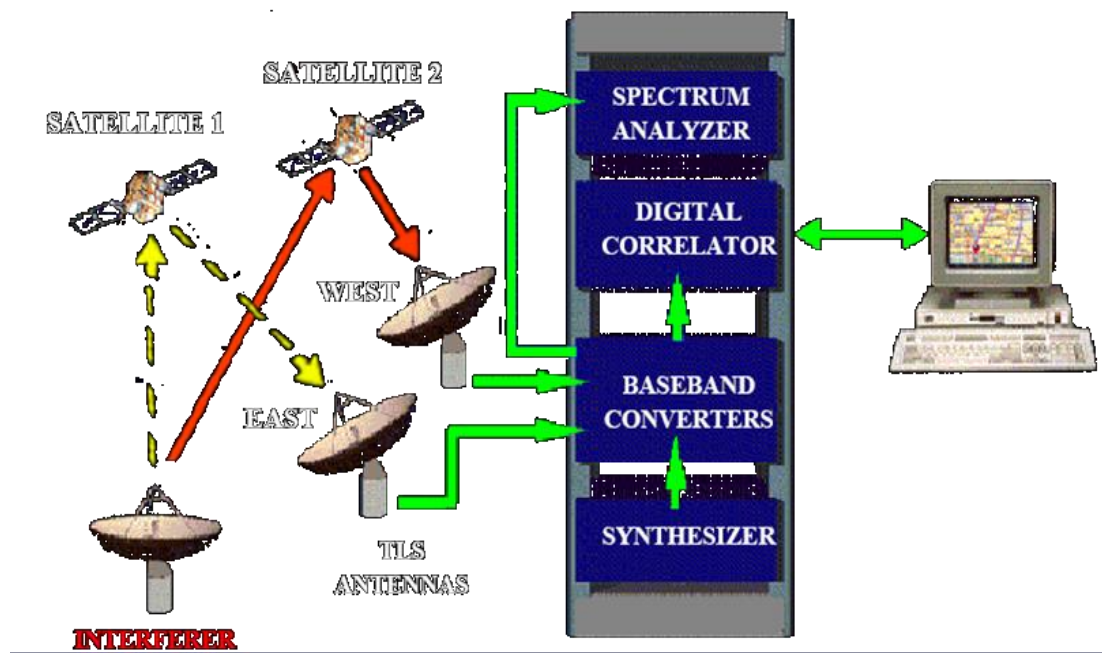


圖2-1 雙星定位技術架構圖

而相關衛星監測包含了頻率、頻寬、調變及有效等向輻射功率 (Effective Isotropic Radiated Power;以下簡稱 EIRP)等量測業務，監測的目的在於避免衛星相互干擾，包括同頻干擾、鄰頻干擾、跨國界干擾及相鄰系統之干擾等。

另外，有關行動干擾源之監測與定位，是一件相當複雜且困難之任務，以目前的電波監測技術而言，並沒有處理行動干擾源之標準程序。ITU 頻譜監測手冊中對此類型之監測亦無任何敘述。比較可行的方式為，將可運載式的設備或可攜式設備，設置於航空器上，從空中進行追蹤式之監測與

定位，例如本研究團隊於參訪法國國家無線電管理機構 (National Frequencies Agency;以下簡稱 ANFR)時，於其簡報中有提及使用航空器進行干擾查測之任務，但依據本研究之了解，有關行動干擾源之追蹤，設備商並無商業化之產品，因此，應為 ANFR 自行設計之量測系統。

二、 英國電波監測業務

英國通訊辦公室 (Office of Communications;以下簡稱Ofcom)主要服務項目包含訂定電信、電視和廣播的管制和監理、頻譜管理、廣電標準等，目的在於維護國民在通訊傳播方面之權益、維持市場競爭與公平交易，以保護消費者和公民福祉。而Ofcom組織架構中共分為七個部門，其中維運部門又分為六個處，由頻譜工程與執法處 (Spectrum Engineering & Enforcement;以下簡稱SE&E)負責電波監測之業務[5]。其組織架構圖如2-2所示。

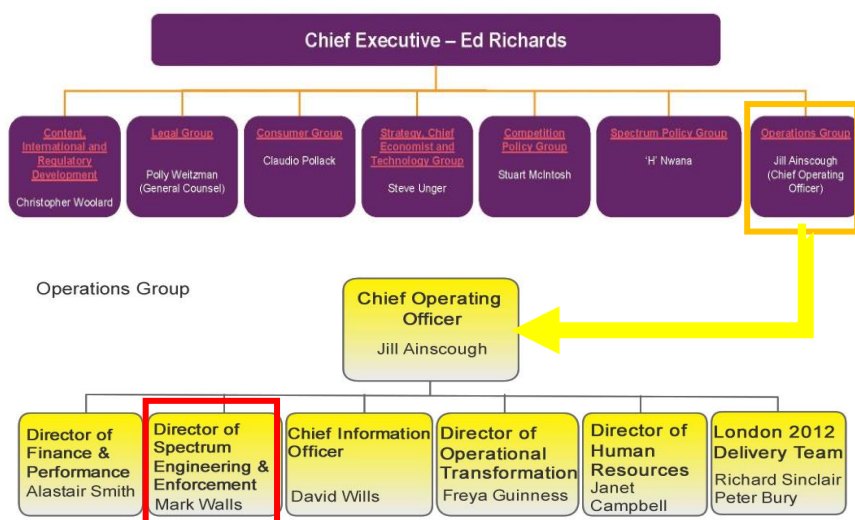


圖2-2 英國Ofcom 組織架構圖 (圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

(一) 監測站台分布

英國無線電管理及監測工作由Ofcom負責，約有120名監控人員負責電波監測相關業務，其境內主要有四個電波監測控制中心以及26個固定監測站，控制中心包含有Riverside House、Baldock、Project Park與Haydock等站[5]，即時控制全國電波監測網中的所有設備並取得監測及測向結果，控

制中心與固定監測站站址如圖2-3所示。



圖2-3 英國電波監測控制中心與固定站站址

(圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

(二) Baldock 控制中心主要負責項目

Baldock控制中心位於倫敦近郊，是英國全國監測站控制中心，約有45名人員負責監測業務，主要負責的工作可分為下列項目[5]：

1. 管理監測站附近相關的干擾與分析。
2. 維運無線電波相關業務。
3. 相關無線電波服務績效考量。
4. 新興技術評估與實施。
5. 英國倫敦將於2012年舉辦奧林匹克運動會，Baldock控制中心將主導奧運會場內外無線電波監測業務。

(三) 相關監測設備

1. 無人監測系統 (Unattended Monitoring Systems; 以下簡稱 UMS)

英國Ofcom UMS依照其頻率使用狀況，UMS監測系統通常設置在都市或市中心。其覆蓋的頻率範圍較高，自20MHz至3GHz，其設備系統能同步進行測量場強與分析頻率佔用情況，並運用類比音頻靜噪系統(Continuous Tone Coded S System；以下簡稱CTCSS)與數位音頻靜噪系統(Digital Code Squelch; 以下簡稱DCS)，達到通話不被其他使用同頻率的電波干擾，同時過濾外來的干擾電波所造成的噪音。UMS透過每秒超過2000頻道掃描速度，進行AM、FM、相位調變 (Phase Modulation; 以下簡稱PM)、連續波調變 (Continuous Wave; 以下簡稱CW)及單邊旁波帶調變 (Single-side Band; 以下簡稱SSB)/雙邊旁波帶調變 (Double-side Band; 以下簡稱DSB)/下波帶調變 (Lower-side Band; 以下簡稱LSB)類比訊號解調，並即時監聽相關語音訊號[5]。UMS設備實景與其操作介面如圖2-4與圖2-5所示：



圖2-4 無人監測系統 (UMS) (圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

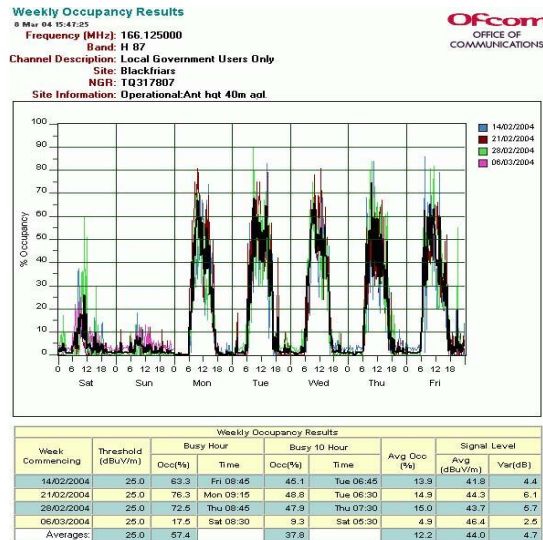


圖2-5 無人監測系統 (UMS)監測畫面

(圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

2. 遠端監測定向系統

遠端監測定向系統(Remote Monitoring and Direction Finding Systems;以下簡稱RMDF)，監測頻率範圍自20MHz至3GHz，可進行精確頻率量測、訊號分析及場強測試並透過到達角度定位技術 (Angle of Arrival;以下簡稱AOA)進行定位，另外，系統能自動排程監測與量測任務，並擷取間歇性的干擾資訊，進行詳盡的干擾調查。透過Baldock控制中心獲得監測與測向之相關資料後，可透過網路提供資訊給予其他監測站監測資料。其它還有可運載式設備系統，則能彈性運用至全國各地進行監測[5]。RMDF監測站環境如圖2-6所示：



圖2-6 RMDF監測站台環境

(圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

3. 行動監測車

英國相當重視地方環境之行動監測，近期添購行動監測車與工程車共 51 台，如圖 2-7 所示，依需求功能不同分有以下幾種類型[5]：

- (1) Vauxhall Astravan Field Engineers：29 台現場工程車
- (2) VW Transporter Specialist Monitoring Vehicle：9 台特殊監測車
- (3) Nissan Patrol Specialist 4x4 monitoring vehicle：4 台四輪驅動監測巡邏車
- (4) Vauxhall Zafira pool car：1 台
- (5) Ford Focus Econetic pool cars：8 台



圖2-7 行動監測車

(圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

4. 新興系統 TDOA 定位技術

英國針對TDOA實施已約六年時間，其系統頻段運用在50MHz至3GHz，TDOA為一種透過檢測訊號源到達兩個監測站的時間差，來確定其訊號的位置，訊號源必定位於以兩個以上的監測站為焦點之雙曲

線上，而要確定訊號的二維位置座標，需建立兩個以上雙曲線方程，也就是說需要至少三個以上的監測站接收到訊號源訊號，而這些雙曲線的交點即為訊號源的二維位置座標，而干擾訊號源位置以機率分布方式呈現。

為配合2012年奧林匹克運動會將於倫敦舉行，約需3GHz的額外頻寬需求，頻寬需求較大，為了有效維持電波秩序，監測人員必須確保主要無線電系統穩定運作且免於會場內相關的干擾，為達此目的，須透過完整的區域性頻譜監測規劃，在奧林匹克運動場館附近佈設40個TDOA技術之RF sensor點，且在會場旁設置35個干擾管理站與多台行動監測車，以及RF sensor設備[5]如圖2-8所示；場地視察過程中則會透過現場測試、標記驗證及頻譜監測，並調配人手和資源，迅速處理奧運會任何可能出現的問題，透過完善規劃這一系列的監測流程，以期奧運會能順利運作。

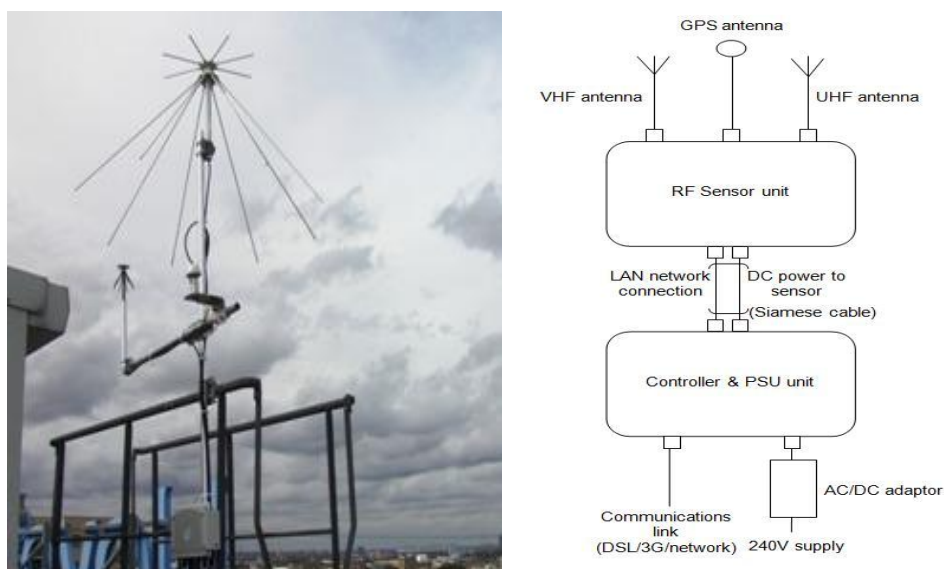


圖2-8 RF sensors系統圖 (圖片來源：英國Ofcom簡報資料)

三、 德國電波監測業務

2005年7月13日，德國成立聯邦網路管理局 (Federal Network Agency;以下簡稱FNA)，統一管理電信、電力、煤氣等網路產業，從而取代了原電信

與郵政管理機構RegTP。FNA的主要負責任務為增加市場自由化，使政府干預情況降低，以及訂定相關政策與確認公共網路市場的競爭機制，保障公民權利；並確認公共無線網路覆蓋情況，支援相關科技產業發展。

FNA無線電管理及監測工作則是由聯邦網路機構 (Regulatory Authority for Telecommunications and Posts;以下簡稱BNetzA)負責，約有七百名員工，而境內包含七個地區電波控制中心、90個固定監測站與32台行動監測車，負責監測任務約有150名人員，60%為工程師，控制中心分別位於Krefeld、Konstanz、Berlin、Munich、Darmstadt及Leipzig等地區，各地區控制中心均設有HF、VHF、UHF以及衛星頻段的固定與行動之監測、測向功能，並且可以透過有線寬頻網路，即時控制全國電波監測網中的所有設備，以取得監測及測向結果[6]。FNA監測站規劃情況如圖2-9所示：

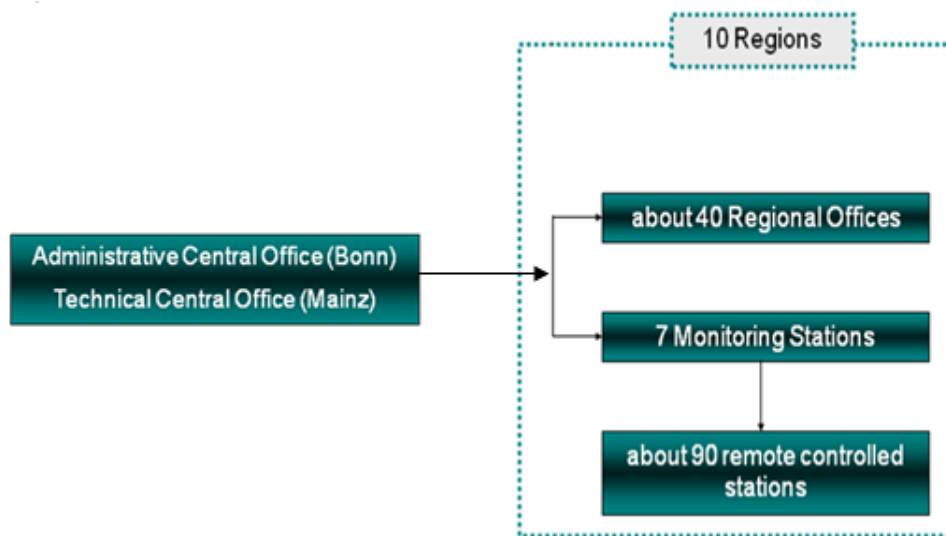


圖2-9 FNA監測站規劃情況 (圖片來源：德國FNA簡報資料)

圖2-10為FNA主要監測站分布，含有10kHz~3GHz監測站，可進行測向和訊號接收，另外，擁有HF頻段之測向監測站及20MHz~3GHz的DF監測站，搭配10kHz~3GHz頻段之可旋轉天線、20MHz~3GHz之VHF/UHF 測向站、10kHz~3GHz接收站以及未來將計劃設置的測向/接收站站址[6]。

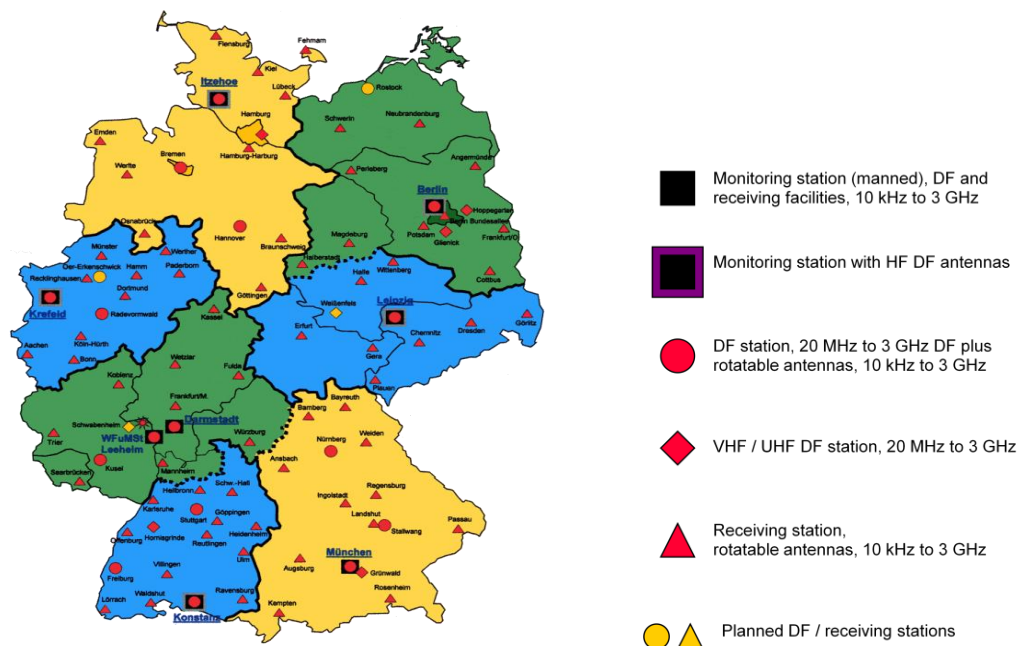


圖2-10FNA監測站分布圖 (圖片來源：德國FNA簡報資料)

(一) 控制中心主要負責項目

控制中心主要負責項目包含兩大項目[6]：

1. 無線電監測服務

無線電監測服務主要分為兩部份，一為調查各地干擾之狀況，並執行市場上相關電子儀器之認證作業，以確保無線電裝置所引起的輻射電波不會危害到民眾健康。另外，進行基地台之稽查作業，以確保各基地台之設置符合相關規定，例如：頻率、功率、位置、天線類型及高度、站台數量。

2. 頻譜佔用率測量

當地區辦公室提出頻率需要，或者服務提供商提出一新頻段之需求，部門會透過全天候監測頻譜佔用情況，來決定頻段是否需重新配置。其他重要服務項目包含：頻率波段觀測、無線電波的干擾調查、處理非法的訊號發射器、支援官方訪問、運動賽事或國際訪談等特殊場合的監測任務，另外，還有評估在何種環境條件下可以有多個服務並存之相容性研究。

(二) 相關監測系統

固定站和行動站之監測設備有測試接收機、頻譜分析儀、場強接收器及天線，其中並包含 10kHz 至 7GHz 的多頻道頻譜監控、側錄系統、覆蓋範圍測量系統、RF 與聲頻(Audio Frequency;以下簡稱 AF)分析、解碼設備及訊號產生器，以下對其設備分項表述[6]：

1. 遠端控制設備

德國監測站主要有 OPAL 與 FuMOS 兩套控制系統：

(1) OPAL 系統：

測量之頻率範圍自 0.3 至 30MHz，負責三種頻道低頻 (Low Frequency;以下簡稱 LF)/中頻 (Medium Frequency;以下簡稱 MF)/HF 頻段的監測與測向任務，各監測站藉有線寬頻網路遠端遙控，可同時接收境內各個 LF/MF/HF 監測站的即時監測及測向結果。

(2) FuMOS 系統：

約九十台控制工作站採用此系統，負責 VHF/UHF 頻段的監測與測向任務，其中可監測頻率範圍為 10 KHz 至 3 GHz，另含有二十一台測向儀器，其測向頻率範圍為 20 MHz 至 3 GHz，透過有線寬頻網路可遠端遙控德國境內 VHF/UHF/SHF 監測站的即時監測與測向結果。

遠端遙控工作站實際情況如圖 2-11 所示：



圖2-11 慕尼黑遠端遙控工作站 (圖片來源：德國FNA簡報資料)

2. 行動監測車

德國主要有四類行動監測車，分為以下四種類型：

(1) Type 1：干擾源位置偵測

第一種車型負責偵測 20 MHz~3 GHz 頻段的干擾源，天線最高可以升至 10 公尺，且可由遠端登入控制系統，其主要任務為干擾量測與干擾源位置之調查，如圖 2-12。



圖2-12 類型一行動監測車及其內裝

(圖片來源：德國FNA簡報資料)

(2) Type 2：偵測區域內之非法電台 (具偽裝功能)

第二種車型負責偵測 100kHz~3GHz 頻段範圍，測向監測區域內之非法電台，亦可由遠端登入控制系統，且其藉由車頂頂蓋將天線隱藏，以偽裝的方式進行電波監控，如圖 2-13。



圖2-13 類型二行動監測車 (圖片來源：德國FNA簡報資料)

(3) Type 3：區域內干擾調查

第三種車型負責偵測 20 MHz~3 GHz 頻段之當地干擾，天線最高可升至 10 公尺，且具有符合 CISPR(International Special Committee on Radio Interference)法規之場強接收機及天線設備，如圖 2-14 所示。



圖2-14 類型三行動監測車及其內裝

(圖片來源：德國FNA簡報資料)

(4) Type 4：高頻段之偵測

第四種車為工作頻段介於 1 GHz~40 GHz 之微波頻段監測車，負責高頻段之量測任務。藉由車頂上安裝可旋轉式之碟型天線，進行微波鏈路及衛星頻段之偵測，如圖 2-15 所示。



圖2-15類型四行動監測車及其內裝

(圖片來源：德國FNA簡報資料)

四、 法國電波監測業務

法國於 1997 年成立 ANFR，專職國家無線電頻率之管理，其主要任務為執行頻譜指配 (Frequency Allocation)，並將頻譜依據使用的業務與使用的單位明確劃分，公佈法國頻率分配表，獲得頻譜分配的業務主管機構才有權分配頻率給其主管下的使用單位使用[7]。

(一) 區域監控中心

ANFR 負責建立國家頻譜指配電腦資料庫、協助國內各頻譜使用機關與鄰近國家進行頻率協商、提供發射站點干擾協商之功能，平時亦擔任頻譜監督之角色，其中共有 140 名員工負責電波監測業務，全國計有六個區域控制中心與一個國際控制中心、56 座固定監測站、27 輛行動監測車以及 19 台可運載式監測台，目前偵測的頻段以 30MHz-3GHz 為主，依需要可達 40GHz，但只設置於行動監測站[7]。監測站定期升級設備，並自行設計新系統及部份軟體，其區域監測中心如圖 2-16 所示：

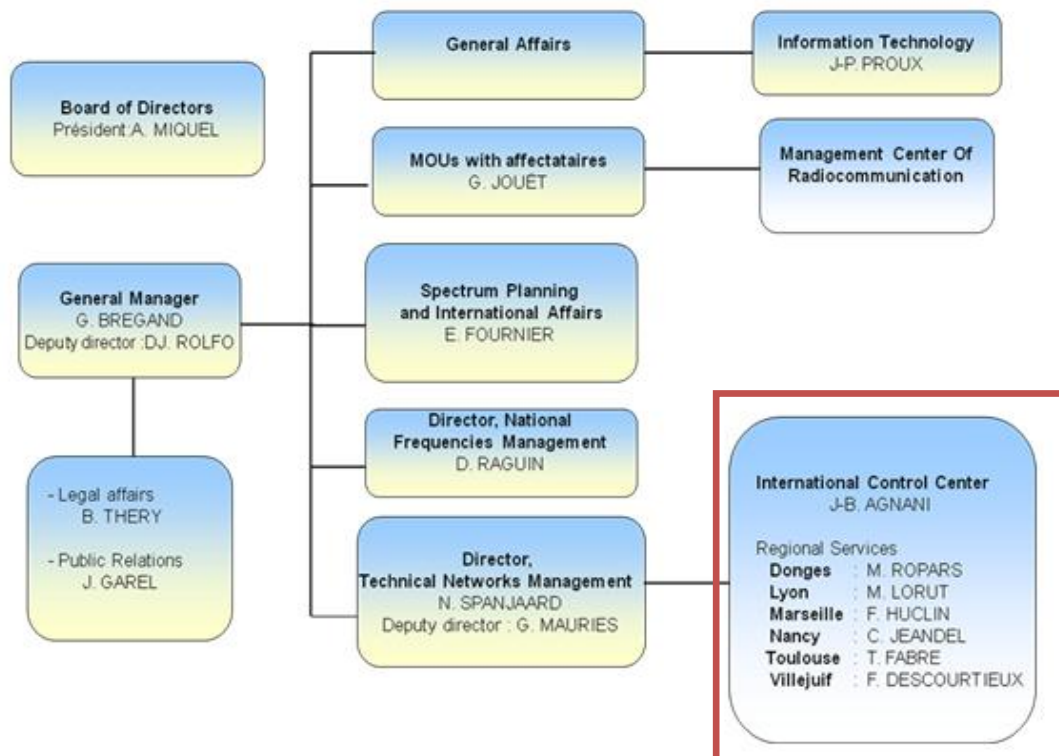


圖2-16區域監控中心組織架構 (圖片來源：法國ANFR簡報資料)

(二) 監測站主要服務項目

ANFR 監測站之基本負責項目包含遠端控制、站台控制、制高點控制、船隻控管、相容性檢查、人為干擾的解決、特殊量測、市場監測、重要事件管理、海事檢查、業餘無線電查測、與外國政府合作及海外任務等業務項目。以下說明各服務要項內容[7]：

1. 遠端控制

主要負責偵測非法站台。遠端控制團隊的工作內容為藉由控制整個頻譜系統、所有站台電腦的故障檢測及了解每個發射器的頻譜佔有率狀況，以達成整合控制。

2. 站台控制

主要負責相關標準的訂定以及相關網路的整合。負責團隊的工作包含利用資料庫資料如頻率表、功率表和 GPS 系統來確認該站台是否符合其申請資料，如不符合則寄發違規通知。

3. 船隻控管

負責之團隊參照國際性的規範，比對具有執照的船隻，針對其系統狀況、功率等相關資料，確認該船隻與資料庫是否符合，如不符合則給予通知命令或建議。

4. 制高點監控

主要的負責項目為在區域中對所有頻率使用者進行盤點，處理可能發生之人為干擾。負責人員利用資料庫中之資料以及技術性的行動監測工具來取得相關的偵測報告。

5. 相容性檢查

負責項目主要為避免設備之間造成的電波干擾，負責團隊工作內容為技術控制以及服務整合控制。

6. 人為干擾的解決方案

主要負責的是干擾控制，利用頻譜監測系統、實驗設備以及相關行動監測車輛設備，找出相關干擾源及非法站台位址。

7. 特殊量測

主要測量發射站發射的無線電波與電場強度，及監測電波環境對健康的影響，或處理一般民眾之需求，並於量測後提出相關報告說明。

8. 市場監測

主要負責暫時性之監控需求，因時因地進行監控，並且透過學者、專家提供相關知識，若未遵守相關規範者則禁止其市場行銷活動。

9. 重要事件管理

主要管理在特定期間內產生之暫時性或永久性之監測任務，包含執照整合、干擾處理以及非法廣播電台的辨識。監測結果會儲存在暫時的資料庫，並將這些相關報告會傳送給檢查單位。

10. 業餘無線電監測

監測業餘無線電所使用之電磁波。

11. 國際政府合作

藉由國際合作交換頻譜管理方面經驗。目前與法國合作的國家包含中國、印度、越南、阿根廷及摩洛哥等。

12. 海外任務

ANFR 在海外國家所要完成的任務與在大都會之任務相同，但其所使用的選擇會根據任務的優先權而有所不同。

(三) 相關監測設備

本研究團隊在 ANFR 各級長官陪同之下，參訪監理處各項重要設備，包含監測基本典型設備、天線、行動車及其內裝，相關設備圖示如圖 2-17 所示。



圖2-17 典型設備與監測天線實景 (圖片來源：法國ANFR簡報資料)

ANFR 之 SHF 頻段行動監測車為自行改裝設計，車型較小，設備依需求加裝於車內，運用頻段在 1~40GHz (若需量測至 50GHz 需加裝額外之天線設備)，可進行如雷達、甚小孔徑終端衛星通訊 (Very Small Aperture Terminal; 以下簡稱 VSAT)、SNG 等量測，並進行數位訊號分析。ANFR 行動監測車設備與內裝如圖 2-18 所示：



圖2-18 行動車監測車及其內裝 (圖片來源：法國ANFR簡報資料)

五、 美國電波監測業務

美國民用電波監測的負責單位主要為美國聯邦通訊委員會 (Federal Communications Commission;以下簡稱 FCC)的 EB (Enforcement Bureau;以下簡稱 EB)和工程與科技辦公室 (Office of Engineering and technology)與公共安全與國家安全局 (Public Security and Homeland Security Bureau)。其中 EB 的區域與外地場辦公室 (Regional and Field Office;以下簡稱 RFO)與公共安全與國家安全局的高頻與測向中心參與實際的電波監測活動[8]。

(一) EB 職掌與組織結構

因應電信匯流的趨勢，FCC 的 EB 設立於 1998 年，其整併不同發照單位的業務，使廣播、無線通訊與一般電信服務的執法活動得以合併，而非以業務內容為區分。EB 的主要職掌為:執行通訊法、FCC 的法規與命令及授權、促進競爭、保護消費者、加速頻譜資源有效率的使用、與確保公共

安全。EB 底下設四個處與 RFO，如 EB 圖 2-19 所示為 FCC EB 之組織圖，其四處分別為電信消費者保護處、市場爭端處、調查與公聽處與技術與公共安全處[8]。

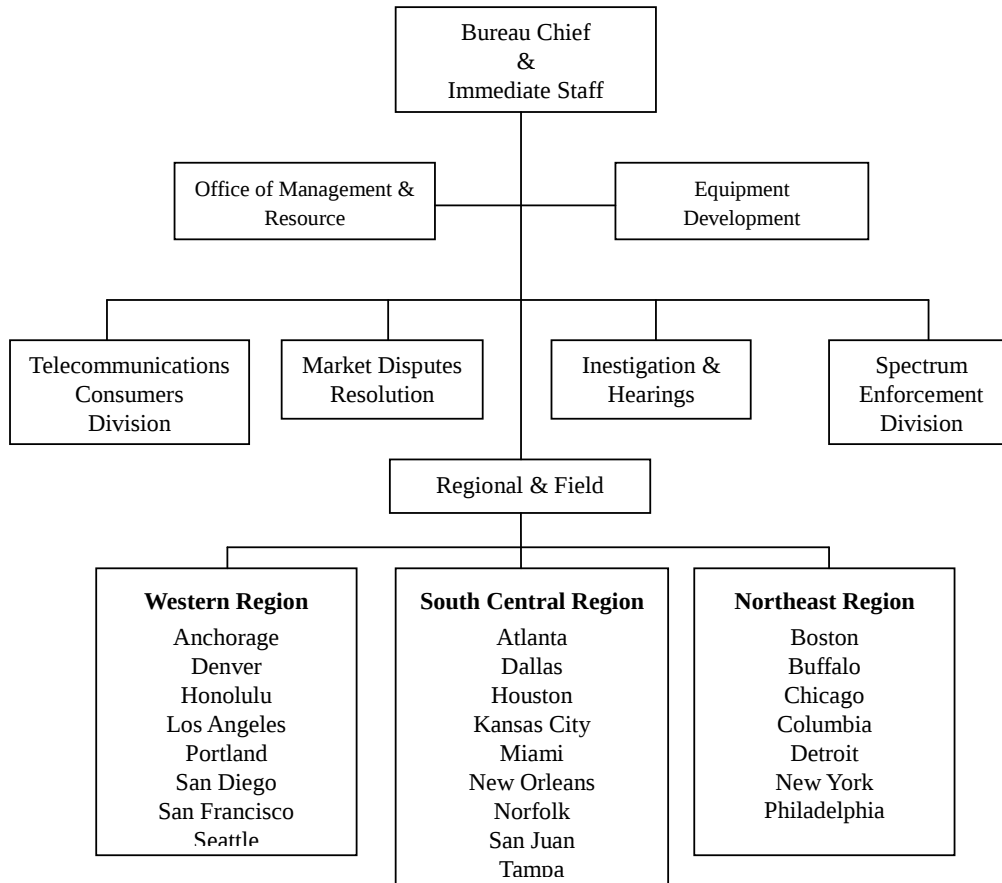


圖2-19 FCC之EBEB組織圖

(資料來源:<http://www.fcc.gov/encyclopedia/enforcement-bureau-organization>)

(二) RFO

EB 對於電波監測的負責單位為區域與外地辦公室；全國分為三區:其為東北區辦公室 (中心位於芝加哥)下轄 6 個外地辦公室 (Field Office)與 1 個常駐調查站 (Residential Agent)、中南區辦公室 (中心位於堪薩斯) 下轄 4 個外地辦公室與 4 個常駐調查站、西區辦公室 (中心位於舊金山) 下轄 6 個外地辦公室與 3 個常駐調查站，其中兩個常駐調查站分別位於阿拉斯加與夏威夷[8]。外地辦公室與常駐調查站總數為 24 個。

（三） 區域與外地辦公室主要服務項目與優先執法項目

區域與外地辦公室之主要服務項目包含 FCC 法令的執行、處理電波干擾的事件與一些非無線電相關的執法工作如：行銷調查與 FCC 計畫內容的執行，其計畫內容可細分為 6 點：頻譜、公共安全/國土安全、媒體、競爭、寬頻、FCC 之現代化[8]。另外，區域與外地辦公室優先執法項目亦可分為六項：

1. 與生命安全或財產有關的干擾
2. 對於公共安全通訊的干擾
3. 干擾抱怨
4. 支持 FCC 策略性目標的調查
5. 依據過去問題所設定的區域辦公室目標
6. FCC 其他局處所要求的配合調查

（四） EB 相關監測設備與目前的監測業務

EB 所擁有的監測設備為頻譜分析儀、監測的接收機、測向設備、行動式測向設備、可攜式的監測系統、遠距監測站、訊號產生器等。監測業務方面，FCC 目前已經沒有例行的電波監測活動。EB 的區域與外地辦公室成員僅於受理舉發案件時執行相關電波監測，以協助查驗與調查活動的進行。這些活動通常用來評估特定問題的影響與解決電波干擾抱怨的問題，特別是干擾訊號 (Jamming) 的問題[8]。

六、 各國監測設備系統整合之方式

由上述章節可知，由於各國對於電波監測之任務需求不同，所需設備與系統整合方式亦不相同，以下就英國、德國與法國之監測設備整合方式為例分別詳述，並將各先進國家之整合方式整理如表 2-1。

英國 Ofcom 監測設備含 Rohde & Schwarz 與 TCI 的 AOA 測向系統，

但因金費預算減縮，以致 TCI 系統不列入維運項目；而 TDOA 測向系統則為安捷倫 (Agilent)之設備。綜合而論，英國監測系統並沒有進行系統之整合，僅利用各自獨立運作的頻譜管理資料庫彙整所有頻譜監測資料。

德國 FNA 之電波監測系統，大部份為 Rohde & Schwarz 之硬體設備，並有小部分其他廠牌之設備。整合方式則是利用第三方系統整合商(SI)開發軟體，以整合各家廠牌之設備，但僅能包括基本功能。

法國 ANFR 電波監測系統大部份為 Thales 的設備以及少量 Rohde & Schwarz 的設備，而其不同系統之間皆獨立運作，沒有整合情況。但 ANFR 聘請員工自行開發軟體控制 Rohde & Schwarz 設備。

表2-1 先進國家之整合情況

國家	監管單位	系統整合方式
英國	Ofcom	無，僅利用頻譜管理資料庫彙整頻譜監測資料
德國	FNA	委由第三方公司整合
法國	ANFR	無，但內部人員自行開發軟體控制 Rohde & Schwarz 設備
美國	FCC	自行開發整合

第二節 未來新興通訊傳播技術之趨勢調查

為能提供監測系統適合之參數規格（如:IF頻寬、調變技術等），本節將整理歸納近期及未來新興通訊傳播技術之發展趨勢，使監測系統不致與通訊技術之發展脫節而造成監管漏洞。

一、第四代行動寬頻通訊

行動通訊技術的快速發展，提供了消費者越來越高速的行動通訊環境，帶動更多元化的行動通訊服務，加以更多樣化支援數據服務的行動終端裝置如：智慧型手機、平板電腦崛起，使得消費者對於數據服務的需求不斷增加，導致現有的行動通訊系統無法滿足迅速增加的頻寬需求，因此，近

年來各方也積極投入4G相關技術標準之研發與制定，希望透過4G來建構一個兼具高傳輸速度與低成本的行動通訊系統。

國際電信聯盟無線通訊標準化部門 (ITU Radiocommunication Sector; 以下簡稱ITU-R)對於4G通訊技術的定義是：在高速移動中達到100Mbps、低速移動或靜止時達到1Gbps的傳輸速率。目前符合ITU-R定義之4G規範的技術標準分別為國際電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers; 以下簡稱IEEE)定義之IEEE 802.16m標準(亦稱WiMAX 2.0)，以及由第三代合作夥伴計劃 (3rd Generation Partnership Project; 以下簡稱3GPP)定義之3GPP Release 10版本(亦稱LTE-Advanced)。以下針對此兩種技術歷程與系統規格做詳細介紹。

(一) IEEE 802.16m

全球互通微波存取 (Worldwide Interoperability for Microwave Access; 以下簡稱 WiMAX)最初的版本 IEEE 802.16-2004 只支援固定式的存取，雖然有不少國家使用此固定式的 WiMAX 技術來取代有線連接方式以佈建其寬頻高速網路。支援移動性功能的 IEEE 802.16e 標準於 2005 出現，其最高傳輸速率可達 75Mbps。移動式的 WiMAX 標準採用的正交分頻多工存取 (Orthogonal Frequency Division Multiple Access; 以下簡稱 OFDMA)的調變方式與固定式的 WiMAX 所採用的 OFDM 不同。移動式的 WiMAX 可建置成蜂巢式的行動通訊系統，因此獲得許多大型電信系統業者之青睞。

新一代無線行動寬頻技術標準IEEE 802.16m，其最主要的特點之一，就是傳輸速率將可能達到1Gbps，與既有移動式IEEE 802.16e相比，以技術制訂時的理想傳輸頻寬速率來看，IEEE 802.16m就勝過既有IEEE 802.16e。

在系統參數方面，該標準之上鏈與下鏈皆採OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間支援分時多工 (Time-Division Duplex; 以下簡稱TDD)與分頻

多工 (Frequency-Division Duplex; 以下簡稱FDD)等多工方式，而訊息調變方式上鏈為QPSK (Phase Shift Keying) 與16QAM (Quadrature Amplitude Modulation)，下鏈為QPSK、16QAM與64QAM，每單位頻道之頻寬 (BW per channel)可為5、7、8.75、10或20MHz，天線為MIMO形式，提供高速移動中達100Mbps與低速移動或靜止時達1Gbps的理論峰值傳輸速率。

根據此標準定義，其頻率運作區間包含所有被國際行動通訊標準 (International Mobile Telecommunications; 以下簡稱IMT)所定義的頻段以及6GHz以下的非IMT (non-IMT)定義之需授權頻段 (licensed bands)，表2-2及圖2-20為IEEE 802.16m標準中所提及的頻段。在輻射電功率方面，IEEE 802.16m定義之基地台最大輻射電功率為20W[9][10][11]。

表2-2 IEEE 802.16m支援頻段

頻率 (MHz)	調變方式	備註
2300-2690	大部份頻段採用 TDD	台灣WiMAX所使用之頻段
3300-3800	大部份頻段採用TDD	
1710-2170	FDD	
1785-2025	TDD	
698-960	大部份頻段採用FDD	
450-470	TDD / FDD	

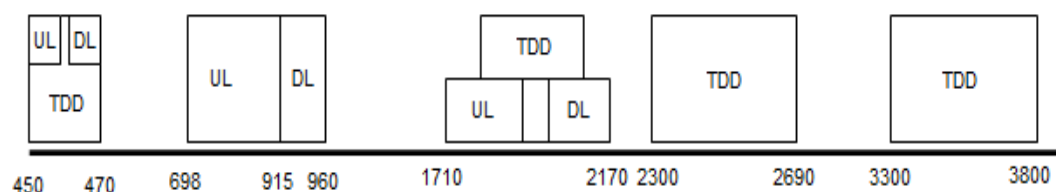


圖2-20 IEEE 802.16m支援頻譜圖

(二) LTE-Advanced

3GPP 之行動通訊標準於 Release 8 版本開始與進入長期演進技術 (Long Term Evolution; 以下簡稱 LTE) 相關標準之制定，因此，在此分別就 Release 8 版本、Release 9 版本以及 Release 10 版本加以介紹，其中 Release 10 版本即為符合 ITU-R 定義之 4G 規範技術標準。

1. 3GPP Release 8版本

在系統參數方面，3GPP Release 8版本之上鏈與下鏈分別採 SC-FDMA及OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間支援TDD與FDD多工方式，訊息調變方式包含BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等，天線為MIMO (Multiple Input Multiple Output)形式。此系統可以提供上鏈達75Mbps，下鏈達300Mbps的理論峰值傳輸速率以及最遠30km之傳輸距離[12]。

此標準之頻率運作頻段，上鏈在704MHz-2570MHz，下鏈在734MHz-2690MHz之間，採用的是FDD的多工方式；而在1900MHz-2400MHz之頻段，採用的則是TDD的多工方式。每單位頻道之頻寬可為1.4、3、5、10、15或20MHz，每個基地台可使用之頻寬可達100MHz。在輻射電功率方面，Release 8之基地台輻射電功率介於20W至69W。

2. 3GPP Release 9版本

在系統參數方面，Release 9版本之上鏈與下鏈亦分別採 SC-FDMA(Single Carrier-FDMA)及OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間支援TDD與FDD多工方式，訊息調變方式包含BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等，天線為MIMO形式。此系統可以提供上鏈達500Mbps，下鏈達1Gbps的理論峰值傳輸速率。

此標準之頻率運作頻段，上鏈在704MHz-2570MHz，下鏈在734MHz-2690MHz之間，採用的是FDD的多工方式；而在1900MHz-2400MHz之頻段，採用的則是TDD的多工方式。每單位頻道之頻寬可為1.4、3、5、10、15或20MHz，每個基地台可使用之頻寬可達100MHz。在輻射電功率方面，Release 9基地台之輻射電功率，根據基地台類型不同可區分為如表2-3所示[12]：

表2-3 基地台之輻射電功率

基地台類型	功率限制
廣域型基地台	無上限規範
區域型基地台	$\leq +24$ dBm (1個傳輸天線埠) $\leq +21$ dBm (2個傳輸天線埠) $\leq +18$ dBm (4個傳輸天線埠)
住家型基地台	$\leq +20$ dBm (1個傳輸天線埠) $\leq +17$ dBm (2個傳輸天線埠) $\leq +14$ dBm (4個傳輸天線埠)

3. LTE-Advanced (3GPP Release 10)

在系統參數方面，LTE-Advanced之上鏈與下鏈亦分別採SC-FDMA及OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間支援TDD與FDD多工方式，訊息調變方式包含BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等，天線為MIMO形式(最高可達8 X 8)。此系統可以提供上鏈達500Mbps，下鏈達1Gbps的理論峰值傳輸速率。

此標準之頻率運作頻段，上鏈在704MHz-2570MHz，下鏈在734MHz-2690MHz之頻段，採用的是FDD的多工方式；而在1900MHz-3800MHz頻段，採用的則是TDD的多工方式。每單位頻道之頻寬可為1.4、3、5、10、15或20MHz，每個基地台可使用之頻寬可達100MHz。在輻射電功率方面，LTE-advanced基地台之輻射電功率根據

基地台類型不同可區分為如表2-4所示[12][13]：

表2-4 基地台之輻射電功率

基地台類型	功率限制
廣域型基地台	無上限規範
區域型基地台	$\leq +24$ dBm (1個傳輸天線埠) $\leq +21$ dBm (2個傳輸天線埠) $\leq +18$ dBm (4個傳輸天線埠) $< +15$ dBm (8個傳輸天線埠)
住家型基地台	$\leq +20$ dBm (1個傳輸天線埠) $\leq +17$ dBm (2個傳輸天線埠) $\leq +14$ dBm (4個傳輸天線埠) $< +11$ dBm (8個傳輸天線埠)

LTE各版本比較及使用頻段分別如表2-5及圖2-21所示：

表2-5 LTE標準比較表

標準	3GPP Release 8 版本	3GPP Release 9 版本	3GPP Release 10 版本 (LTE-advanced)
多重存取方式	SC-FDMA、 OFDMA	SC-FDMA、 OFDMA	SC-FDMA、 OFDMA
多工方式	TDD / FDD	TDD / FDD	TDD / FDD
調變方式	BPSK、QPSK、 16-QAM、 64-QAM	BPSK、QPSK、 16-QAM、 64-QAM	BPSK、QPSK、 16-QAM、 64-QAM
天線型式	MIMO (4×4)	MIMO	MIMO (8×8)
傳輸速率 (上鏈 / 下鏈)	75Mbps / 300Mbps	500Mbps/ 1Gbps	500Mbps/ 1Gbps
傳輸距離(Km)	30	30	30

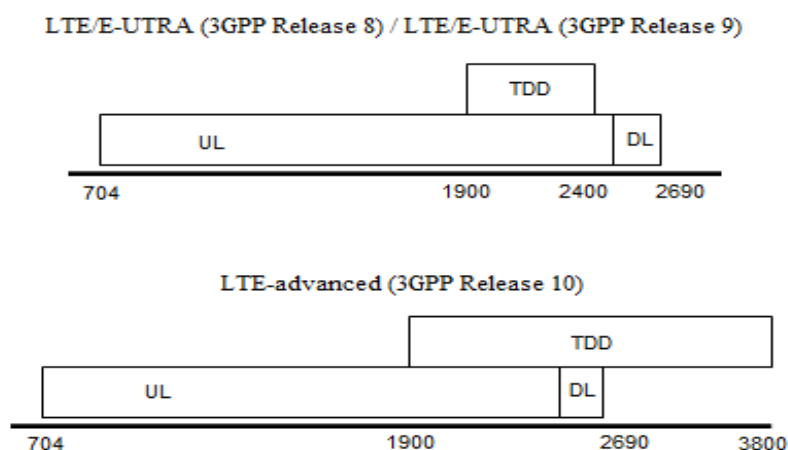


圖2-21 LTE支援頻譜圖

二、 White Space應用相關技術與標準

所謂White Space，即為閒置中的電視廣播頻段，並配合使用感知無線電 (Cognitive Radio; 以下簡稱CR) 技術，目前已被IEEE制定成為IEEE 802.22技術標準。

(一) 感知無線電

感知無線電技術於1999年8月首次在Joseph Mitola的文章中被提出，他認為無線數位裝置及其相關網路，對於無線資源與電腦對電腦間通訊方面具有著足夠的計算能力，用以偵測使用者之所需，並提供最適合之無線資源和無線服務。因此，CR技術即是為了達成在不同的載波頻率以及/或不同的傳輸系統下透過即時的運算與調整參數，使不同的設備間能相互運作而不會互相干擾[14]。理想的CR技術 (Mitola CR，亦稱為Full CR) 其實是一個學習的循環，透過觀察 (Observe)、導向 (Orient)、計畫 (Plan)、決定 (Decide)、動作 (Act) 及學習 (Learn) 的步驟不斷的根據使用者需求以及外部環境及時的調整各種參數，然而，理想的CR技術須配合無限的記憶能力已完成上述的學習循環，這在現實上是不可能的，因此，文獻[15]之作者定義了一個較為簡化的CR技術，即"頻譜感測感知無線電 (Spectrum Sensing Cognitive Radio; 以下簡稱SSCR)"技術，圖2-22為SSCR頻譜運用示意圖[37]。

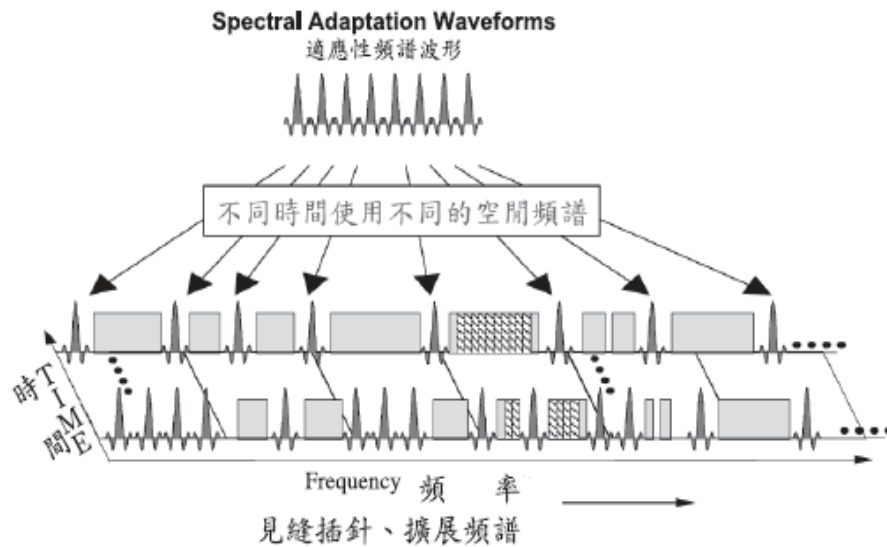


圖2-22 SSCR頻譜運用示意圖

一般而言，CR技術包含動態頻譜接取、現有資料庫接取、精準地理定位技術等功能[16]。

(二) IEEE 802.22

IEEE 802 標準委員會於2004年11月成立IEEE 802.22 Working Group[17]，此工作小組的工作主要為根據FCC於NOTICE OF PROPOSED RULE MAKING中所提出允許不須核發執照的射頻設備 (unlicensed radio transmitters)在某一特定地點、特定時間且不干擾既有服務的前提下，運作、傳輸於閒置的電視廣播頻段 (TV Broadcast Bands;以下簡稱TVBDs)之提案要求，制定基於CR技術的無線地域網路PHY/MAC/air_interface標準 - “IEEE 802.22 standard”，以供閒置的TVBDs使用；其中閒置的TVBDs亦稱為White Space。

此標準經過七年的擬定與修正，802.22工作小組終於於2011年7月1日公布其最終版本IEEE 802.22™-2011Standard for Cognitive Wireless Regional Area Networks (RAN) for Operation in TV Bands (以下簡稱IEEE 802.22™-2011Standard)。而由於IEEE 802.22™-2011Standard之主要用途，在

於提供不須核發執照的射頻設備，利用閒置的電視廣播頻段，做長距離的通訊使用，根據FCC的監管原則，此類設備監管方式將類似於其他運作於不須核發執照的頻段 (如：ISM及UNII bands)之設備如WiFi，也因此IEEE 802.22™-2011 Standard亦被稱作 “Super-WiFi” [16]。

在系統參數方面，根據802.22工作小組所公布之IEEE 802.22™-2011Standard[18]，該標準之上鏈與下鏈皆採OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間採TDD的多工方式，而訊息調變方式則有QPSK、16-QAM和64-QAM等，以提供達22.69Mbps的理論峰值傳輸速率。

此標準之頻率運作頻段，根據地域不同可分為於54至862MHz頻帶內之TV bands (北美)，以及47至862 MHz頻帶內之TV bands (西歐與多數非洲、亞洲與太平洋國家)，每單位頻道之頻寬亦可分為6MHz (北美)、7MHz和8MHz (西歐與多數非洲、亞洲與太平洋國家)。其運作頻道與各中心頻率如表2-6。

表2-6 各國White Space之運作頻道數量與頻段

國家	頻道數量	頻段	最大頻寬(MHz)
北美	2-51	54-698	6
西歐與多數非洲、亞洲與太平洋國家	2-12	47-230	7
	21-69	470-862	8
註：北美地區目前只使用部分頻道			

在美國，IEEE 802.22™-2011Standard之固定式基地台 (Stationary Fixed BS)，最大之EIRP為4W，個人可攜式基地台模式1與模式2 (Personal Portable BS, mode I & mode II)之最大EIRP為100mW；用戶端設備(Customer Premise Equipment;以下簡稱CPE)亦同。

另外，IEEE 802.22™-2011Standard也包括了所需的相關CR功能，如動態頻譜接取、現有資料庫接取、精準地理定位技術、頻譜感測、頻譜分配，以及可用頻譜最佳化運用的共存技術。

三、 車載資通訊

(一) IEEE 802.11p

IEEE 802.11p/1609 為專用短距離通訊 (Dedicated short-range communications; 以下簡稱DSRC)之MAC與PHY層協定標準，DSRC為車用無線通訊與近場通訊 (Near Field Communication; 以下簡稱 NFC)的主流標準之一。

在系統參數方面，該標準之上鏈與下鏈皆採OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間採TDD的多工方式，而訊息調變方式包含BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等，提供達27Mbps的理論峰值傳輸速率以及最遠1km之傳輸距離。

此標準之頻率運作頻段，根據地域不同可分為5.80GHz至5.925GHz (美國)，5.855GHz至5.925GHz (歐洲)，每單位頻道之頻寬可為5MHz、10MHz和20MHz，而每個基地台可用之最大頻寬，依地域分為75MHz (美國)與70MHz (歐洲)。在輻射電功率方面，僅美國有規範，其值介於1mW至760mW之間[19]。

四、 無線區域網路

(一) IEEE 802.11n

在系統參數方面，該標準之上鏈與下鏈皆採DSSS/OFDMA無線多重存取技術，上下鏈間採TDD的多工方式，而訊息調變方式包含BPSK、QPSK、16-QAM和64-QAM等，天線為MIMO形式，在每單位頻道之頻寬為40MHz的情況下，提供達600Mbps的理論峰值傳輸速率[20]。

此標準之頻率運作頻段位於2.4GHz至2.5GHz ISM band與5.725GHz至5.875GHz ISM band，每單位頻道之頻寬可為20MHz或40MHz，而每個基地台最大可用頻寬，於2.4GHz至2.5GHz ISM band為100MHz；於5.725GHz至5.875GHz ISM band為150MHz。在輻射電功率方面，IEEE 802.11n之輻

射電功率介於40mW至1W之間[20]。

(二) 藍芽 4.0 (Bluetooth 4.0)

在系統參數方面，該標準採TDMA與FDMA兩種無線多重存取技術，上下鏈間採TDD的多工方式，而訊息調變方式為高斯頻率鍵移 (Gaussian Frequency-Shift Keying;以下簡稱GFSK)[21]，提供達1Mbps的理論峰值傳輸速率，另外，Bluetooth 4.0並沒有定義其最小傳輸距離，而是視其應用情境而有所不同，一般而言傳輸距離約在15m左右。

此標準之頻率運作頻段為2.4GHz ISM band中2.4GHz至2.485GHz頻段，共分40個頻道，每個頻道佔2MHz。在輻射電功率方面，Bluetooth 4.0與先前的標準不同之處在於強調低功率，因此其最大輻射電功率僅為10mW[21]。

五、 數位廣播電視

(一) 數位廣播

1. 進階數位音訊廣播

進階數位音訊廣播 (Digital Audio Broadcasting extension;以下簡稱DAB+)，在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為DQPSK，提供2.3Mbps的傳輸速率。此標準之頻率運作頻段為，VHF 170-240MHz、L-Band 1452-1492MHz，在VHF頻段中分為46個頻道，而在L-Band部份分為23個頻道，每單位頻道之頻寬為1.7MHz。

2. 數位整合性服務廣播-地面聲音廣播

數位整合性服務廣播-地面聲音廣播 (Integrated Services Digital Broadcasting terrestrial sound broadcasting;以下簡稱ISDB-TSB)，在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調

變方式為DQPSK、QPSK、16QAM、64QAM四種調變技術。此標準之頻率運作頻段為UHF 470-770MHz，共分為50個頻道，每單位頻道之頻寬大約為6MHz。

3. 地面數位視訊廣播

地面數位視訊廣播 (Digital Video Broadcasting - Terrestrial;以下簡稱DVB-T)，在系統參數方面，該標準採用了COFDMA(coded-OFDMA)無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為QPSK、16QAM、64QAM三種調變技術。此標準之頻率運作頻段為UHF 470-862MHz以及VHF 174-230MHz，每單位頻道之頻寬大約為6-8MHz，台灣目前大部份之頻道頻寬為6MHz，一般傳輸速率為24Mbps，而在8MHz、64QAM的調變技術下，可提供31.67Mbps的傳輸速率。

4. FM band in-band on-channel (FM IBOC)

(1) 混合式數位無線電廣播 (Hybrid Digital Radio;以下簡稱HD Radio)

在系統參數方面，該標準採OFDM無線多重存取技術，其使用之訊息調變方式為QPSK。此標準之頻率運作頻段為原本ITU設定之FM專用頻道 88-108 MHz 頻段，每單位頻道之頻寬大約為400kHz。

(2) FMeXtra

在系統參數方面，此標準之頻率運作頻段為88-108 MHz[22]，採用了OFDM無線多重存取技術，其使用之訊息調變方式為QPSK、8-PSK、16QAM、32QAM，提供64kbps以上的傳輸速率。

(3) 進階全球數位無線電廣播 (Digital Radio Mondial extension; 以下簡稱DRM+)

在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為4QAM、16QAM，提供35kbps-185kbps的傳輸速率。此標準之頻率運作區間為VHF之30-174MHz，每單位頻道之頻寬可為4.5、5、9、10、18、20kHz。在輻射電功率方面，DRM+之輻射電功率為47W，其覆蓋區域大約為5-9公里[23]。FM IBOC各類標準比較如表2-7所示：

表2-7 FM IBOC標準比較表

標準	HD Radio	FMeXtra	Digital Radio Mondial extension (DRM+)
多重存取方式	OFDM	OFDM	OFDM
運作頻段	88 - 108 MHz	88 - 108 MHz	30-147MHz
調變方式	QPSK	8-PSK、 QPSK、 16-QAM、 32-QAM	4-QAM、 16-QAM

5. AM band in-band on-channel (AM IBOC)

(1) HD Radio (Hybrid Digital Radio)

在系統參數方面，該標準採OFDM無線多重存取技術，其使用之訊息調變方式為QPSK、16QAM、64QAM。此標準之頻率運作區間為原本ITU設定之AM專用頻道 540–1700kHz 頻段，每單位頻道之頻寬為30kHz。

(2) 全球數位無線電廣播 (Digital Radio Mondial;以下簡稱DRM)

在系統參數方面，該標準採用了COFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為4QAM、16QAM，提供35kbps-185kbps的傳輸速率。此標準之頻率運作頻段為MF之530-1720 kHz, HF之2.3 -27 MHz，每單位頻道之頻寬可為4.5、5、9、10、18、20kHz。AM IBOC各類標準比較如表2-8所示：

表2-8 AM IBOC 標準比較表

標準	HD Radio	Digital Radio Mondial
多重存取方式	OFDM	COFDM
運作頻段	540 – 1700kHz	MF (530 - 1720 kHz), HF (2.3 - 27 MHz)
調變方式	QPSK、16-QAM、64-QAM	4-QAM、16-QAM
頻寬	30kHz	4.5、5、9、10、18、20kHz

(二) 行動電視

1. 手持式視訊廣播

手持式視訊廣播 (Digital Video Broadcasting-Handheld;以下簡稱DVB-H)，在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為QPSK、16QAM以及64QAM，提供3.32 Mbps-31.67 Mbps的傳輸速率。此標準之頻率運作區間為UHF 470-838MHz、VHF 174-230MHz以及L-Band，每頻道之頻寬可為5-8MHz，目前台灣在手持式數位電視亦使用此標準，並配給了3個6MHz的頻道，目前正試播中[24]。

2. Media Forward Link Only (MediaFLO)

在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，其使用

之訊息調變方式為QPSK、16QAM，提供平均每單位頻道 250kbps的傳輸速率。此標準之頻率運作區間為UHF 470-862MHz、L-Band 1452-1492MHz，每單位頻道頻寬可為5-8MHz。在輻射電功率方面，MediaFLO之輻射電功率為50kW，使其覆蓋區域可達到30-40公里[25]。

3. 地面數位多媒體廣播 (Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial;以下簡稱 T-DMB)

在系統參數方面，該標準採用了OFDM無線多重存取技術，而其使用之訊息調變方式為DQPSK。此標準之頻率運作區間為VHF之174-230MHz、UHF 之L-Band，每單位頻道之頻寬可為6-8MHz[26]。

第三節 電波監測情境分析

一、 頻譜佔用量測

頻譜佔用率是頻譜有效利用的體現，頻譜佔用度的測量結果，不僅可以為頻譜管理人員提供有關頻譜實際使用情況的資訊，方便頻譜管理人員指配頻率，同時還可以為頻率主管部門提供頻譜使用趨勢的資訊。頻譜的有效利用是無線電頻譜管理中需要考慮的最重要的因素之一。其統計可用於測量頻道和頻段的使用情況，評估頻道利用率和頻率指配的有效性是頻譜監測的主要任務。以目前我國廣播電視法之規定為例，電臺應將其節目時間表，事前檢送主管機關核備（第二十七條）。經由頻譜佔用量測，主管機關可以掌握電視台播放節目之時段與頻譜使用效率，並作為頻譜管理工作之參考依據。

二、 電波涵蓋量測

電波涵蓋量測也是電波監測重要任務之一，監測系統可以經由量測到的電場強度，再利用電波傳播模型和地形資訊，以及比對頻譜資料庫中的電台資料，包括核配電功率、天線增益、天線型式或場型等，計算出電台的電波涵蓋範圍。此類的量測有助於掌握電台實際的發射電功率及其應有

的電波涵蓋範圍，以避免干擾。以目前我國無線廣播電視電臺設置使用管理辦法第二十六條之規定為例，地區無線電視電臺之發射機輸出電功率為三千瓦特以下，於距發射天線半徑二十公里外之地上波電場強度，不得大於五百微伏／公尺或五十四分貝（微伏／公尺）。此類之電波監測需求，可使用行動監測車進行路測，將量測到之電場強度顯示在電子地圖上，並和標準值進行比對。

三、 考場監測與定向

為防範考場出現以電子通訊進行考試舞弊之情事，影響考生權益與公平性，負責考試主辦之單位，會商請 NCC 並派遣電波監測車（行動站），於考場附近，進行可疑電波之監測與定向。行動站於該任務之執行方式為：考試前至考場進行電波背景環境之量測，並與既有之頻譜資料庫交叉確認，設置非預期電波出現之臨界標準，作為實際監測時之參考依據；當考試進行時，行動站反覆進行電波環境之測量，並與考前初始量測之電波環境進行比對，偵測可疑電波。另外，根據[27]研究顯示，電子舞弊最常採用的手法為，利用呼叫器與手機傳送訊息，並且會由一主嫌於距考場不遠處發射訊號，而此兩設備作用之頻帶落於 VHF 至 UHF 之間，因此，本研究團隊規劃之行動站不論在移動性以及適用頻帶上皆符合考場監測與定向之任務。

四、 非法廣播站台之監測與定向

由於非法廣播站台常會造成使用同頻段之合法站台之干擾，因此，固定站之任務除了進行例常頻譜佔用率量測與電波涵蓋量測，以方便管理頻譜使用狀況外，亦可利用常設固定站，進行非法廣播站台之監測與定向，甚至利用兩固定站進行非法廣播電台定位之任務，有效取締非法廣播站台。

五、 固定站覆蓋範圍外之監測

由於我國地理環境的複雜性，加上都會區內建築物密集、遮蔽物眾多，

使得訊號衰弱 (Fading)的現象更臻顯著，另外，我國地狹人多，各種合法廣播站台與行動通訊基地台密度甚高，這也加深了尋找合適固定站地點之困難度，因此，於固定站覆蓋範圍外之監測，本團隊規劃使用可運載式監測台，於固定站間之覆蓋死角進行電波環境之監測，達成全國覆蓋之監測任務。此外，可運載式監測台亦可支援頻譜使用率特高之特殊監測任務如：全運會、奧運等大型活動之常設監測站。

六、 低功率站台干擾之定向

低功率發射台之種類相當多，例如毫微微細胞接取點 (Femtocell)、無線遙控器等。而毫微微細胞接取點，根據我國於民國九十九年十二月頒布之行動通信網路業務基地臺設置使用管理辦法之定義，其為應用行動業務頻段，透過用戶端寬頻數據機與行動通信交換設備連線，供行動臺接取之低功率無線接取設備。根據[28]，Femtocell之授權存取方式可分為Public與Private形式，而兩種方式皆有其缺點，例如：Public形式存在著大(Macrocell與Microcell)、小基地台 (Femtocell)間換手不及的問題；而Private形式則會造成干擾的問題。而此種低功率站台之設立即是為了解決高用量地區，覆蓋率不足的問題，這通常會發生在人口密集的都會區，加上都會區高樓林立，且干擾情形通常是突發的狀況，不易使用固定站進行監測與定向，因此，本研究團隊規劃之可攜式監測台，即可在處理此類低功率站台干擾的任務上發揮極大效益。

七、 衛星干擾監測

民國84年，我國確定了“太空科技發展長程計劃”，目的是希望透過與國外先進科技合作，研製與發射一系列衛星，以藉此發展我國航空研究、航太工業基礎設施及研製複雜衛星的能力。此計畫具體成果為，民國80-95年間，耗資新台幣150億元，研製3顆低軌道衛星，即“中華衛星”一號、二號與三號 (ROCAST-1、2、3，簡稱“華衛”-1、2、3)，而這些衛星(包括我國正在籌設發射的華衛5號)皆屬於非同步衛星，日常之監測作業與資料擷

取之工作即透過台南歸仁及桃園中壢兩處追蹤站執行。

另外，我國目前亦有兩顆專供商業用途之同步軌道衛星，分別為民國87年8月26日在南美洲法屬蓋亞那順利發射之中新一號衛星，並於民國87年12月1日正式提供商用通訊服務，由中華電信與新加坡電信共同擁有主控權。另一為中新二號衛星，於民國100年5月21日在南美洲法屬蓋亞那順利發射升空，亦由中華電信與新加坡電信共同擁有主控權，分別出資38%及62%，為台灣第二顆以通訊為主的商用衛星。中新二號衛星為赤道上空3萬6千公里之同步軌道衛星，使用C頻段及Ku頻段提供服務，服務涵蓋範圍包括亞洲、印度、地中海及中東地區，其壽齡超過15年。

由以上所述可以發現，雖然我國極力推展太空發展計畫，然而，由於我國至今仍然為非ITU會員國，以致無權分配衛星軌道資源，且本身所屬之衛星數量並不多，僅能藉由與國際合作之方式進行衛星的發射，因此，我國現行正在運轉的人造衛星寥寥可數，且這些衛星皆已有專屬的追蹤地面站進行監測作業。加上歷年來的衛星干擾個案，除了中國於2002年向我國抗議並申告鑫諾衛星受干擾外，到目前干擾案件數量極少，再者，將來即使有衛星受干擾的情況，應可透過委託國外衛星監測公司，如TLS公司來計費處理。

綜合以上所述，衛星監測與定位任務可採自行建置衛星監測與定位系統，或委由國外衛星監測公司處理兩種方式。根據本計畫初步推估，如未來我國採前項之方案，自行建置雙星監測與定位系統，其所需之各項花費分別如下[48]：

1. 雙星監測與定位系統軟硬體費用約為2600萬元新台幣。
2. 衛星天線及機座約為1500萬元新台幣。
3. 每年維護成本約(以設備費用5%計)為205萬元新台幣。

因此，在假設使用期限為10年的前提下，採此方案建置衛星監測站之總花費為6150萬元新台幣。

另一方面，若委由國外衛星監測公司處理干擾源，一般而言為按件計酬[49]。如我國採此方案進行衛星監測，所需費用將依處理複雜度、干擾發生頻率(每年發生次數)與受託公司就處理費用、處理程序等契約條款議定合理的服務水準協議(Service Level Agreement, SLA)，每件約為 300 萬新台幣。

比較上述兩種方式，採自行建置衛星監測與定位系統雖可建立自主性衛星干擾處理系統，並提昇我國衛星監測的技術能量與培育相關衛星監測人才，善盡維護國際衛星通信電波秩序，但有鑑於我國缺乏自有同步衛星且近年來發生衛星干擾案件極為稀少，以每年平均花費成本計算，此方案每年約需 615 萬元新台幣，若以委外處理每件 300 萬元新台幣計算，每年至少處理約 2 件以上干擾查測任務才符合建置效益，但此數量遠高於實際狀況，因此，基於節省公帑，本團隊建議 NCC 不需自行建置衛星監測系統。

第三章 新世代電波監測系統架構及規格研析

第一節 市場趨勢分析

本計畫收集資料的方式，主要透過ITU相關資料，綜合整理國際電波監測技術發展資訊，並透過舉辦國際研討會，邀請各國主要電波監測系統廠商、代理商及系統整合商一同進行技術交流。另外，透過國外實地考察，進行國際電波監測資料收集，及透過專家訪談等方式，參考國內外電波監測技術發展趨勢與系統整合商或硬體廠商之技術水準，以順利研擬我國新世代電波監測網建置所需之系統規格與招標規範建議文件，做為我國規劃新世代電波監測系統之重要參考。

本計畫於民國100年8月11日於通傳大樓2002會議室舉辦國際電波發展趨勢研討會，此次研討會邀請到7家電波監測系統廠商，包括美國廠商的SAT、美商國家儀器(National Instrument;以下簡稱NI)及TCI、德國的Rohde & Schwarz、法國廠商Thales、以色列的Tadiran及南非的Grintek等，分別針對電波監測系統之現況與趨勢發展，及新穎電波監測技術與設備兩議題進行分享與討論。

另外，民國100年11月10、11兩日，於國立成功大學電信管理研究所，舉辦第二次研討會，邀請上述廠商及美國廠商Agilent，分別進行電波監測設備與軟體操作介面的實機展示，並執行電波訊號量測、電波測向，及訊號分析等任務。此次研討會的主要目的為，使NCC更了解各家廠商的軟體操作介面。

一、 SAT趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為SAT總裁Mr. Bob Potter，演講題目為RF Interference – Technology for the detection, analysis and geo-location of interference – present and the future，由於為英文演講，故委請SAT合作廠商

Integral System亞洲區副總裁 陳延五先生現場口譯，以使與會來賓可更精確吸收相關資訊與經驗。

演講內容主要講述商業衛星通訊之間干擾議題，提及衛星干擾對於營運商及使用者而言成本皆是極高的，因此於電波監測管理業中，需管制並避免干擾的情況一再的發生，為達此目的，可透過先進的偵測及地理定位技術，以降低衛星干擾所導致的成本上升或收益減少的可能性，圖3-1為SAT演講剪影。



圖3-1 SAT演講剪影

第二次之實機展示研討會中，SAT展示的儀器設備為RF sensor，並採用TDOA定向技術，其將天線設備安裝於成大電管所系館頂樓、高雄岡山火車站附近，並透過OpenVPN軟體提供VPN的3G網路與乙太網直接連接至筆電，以進行現場實機展示。圖3-2為SAT演講與實機展示。

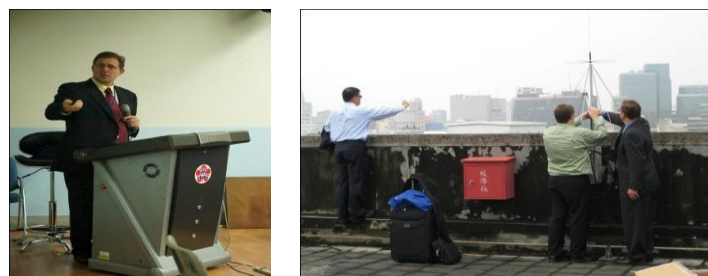


圖3-2 SAT實機展示剪影

二、Thales趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為Thales的Dr. Bertrand Gerfault，演講題目為High Resolution DF(Goniometry)，由於為英文演講，故委請Thales合作廠商健訊企業Mr. Robert Fei現場口譯，以使與會來賓可更精確吸收相關資訊與經驗。

演講內容主要講述高解析頻率技術，應用於HF之測向監測系統，以達到增進偵聽的效能，及解決同頻干擾與多重路徑傳播等問題，並降低雜訊產生與消除干擾等效益，圖3-3 Thales演講剪影。



圖3-3 Thales演講剪影

第二次之實機展示研討會中，Thales所展示的儀器設備為可運載式、易於收納的天線與監測設備，其於天線下方吊掛接收機，並藉由1Gbps的乙太網路連接至筆電，以進行現場實機展示，圖3-4(a)為Thales演講與實機展示剪影。此外，為使與會者更能了解其設備產品，Thales利用非報告時間於場外架設天線機組，提供與會者詳盡的解說。圖3-4(b)為Thales於場外架設天線機組之情況。



圖3-4(a) Thales實機展示剪影



圖3.4(b) 場外架設天線機組之情況

三、 Tadiran發展趨勢與經驗分享

第一次研討會中，演講者為Tadiran的Mr. Adrian Abramovitz，演講題目為Implementing a Nationwide Spectrum Control System – Lessons Learned，由於為英文演講，故委請Tadiran代理廠商怡德視訊副總經理 游翔曦先生現場口譯，以使與會來賓可更精確吸收相關資訊與經驗。

演講內容主要為，分享Tadiran於羅馬尼亞參與電波監測系統競標過程與得標後建置、營運及維護上所遭遇的政治及法規困難等經驗，以供主辦

單位參考。Tadiran公司沒有參加第二次研討會，圖3-5 Tadiran演講剪影。



圖3-5 Tadiran演講剪影

四、 Grintek趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為Grintek高階技術經理Mr. Christiaan Hendrik Venter，演講題目為Company overview with Intelligence, Spectrum Monitoring & Security Solutions，由於為英文演講，故委請Grintek代理廠商泰誼企業經理 劉代元先生現場口譯，以使與會來賓可更精確吸收相關資訊與經驗。演講內容主要為介紹Grintek各系列產品規格、系統架構及系統介面，包含Skylark7050C、SkyMon等產品資訊，圖3-6 Grintek演講剪影。



圖3-6 Grintek演講剪影

第二次之實機展示研討會中，Grintek採用的為可拆卸組裝之天線，以便於搬運。而其天線與儀器設備皆放置於成大電管所系館頂樓，並透過1Gbps的乙太網路連接至筆電，以進行實機展示，圖3-7為Grintek演講與實機展示剪影。



圖3-7 Grintek實機展示剪影

五、 NI趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為NI工程業務經理蔡鎮宇先生，演講題目為NI軟體定義RF系統暨頻譜監測系統簡介。

演講內容主要為介紹虛擬儀控（Virtual Instrumentation）概念，其為將傳統各獨立之儀器設備轉換成模組化資料擷取卡，依客戶監測需求，選擇適當之資料擷取卡，安裝於PXI(PCI eXtensions for Instrumentation)插槽上，藉以降低設備成本、易於系統功能升級或更新，圖3-8為NI演講與實機展示剪影。



圖3-8 NI演講剪影

第二次之實機展示研討會中，NI之天線為組裝式天線，天線固定於下方之滾輪式機架，機架中放置天線交換機及接收機。實機展示過程中，NI採遠端遙控至接收機，以取得監測與定向之結果，展現PXI插槽式接收機亦為電腦主機的特性。圖3-9為NI演講與實機展示剪影。



圖3-9 NI實機展示剪影

六、 TCI趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為TCI系統代理商dB-Tech執行副總 宋文豪先生，演講題目為TCI電波監測系統簡介。

演講內容主要為介紹Scorpio軟體功能特色與操作介面，並提供從天線頻率選擇、處理器選擇至軟體選擇之三階段模組化架構，以提高系統的彈性及擴充性。

TCI公司能獨立設計與生產各項電波監測軟、硬體設備與系統。所生產設備已為美軍、北約和各國政府電波監測所應用。其硬體設備分為寬頻多通道處理器、接收機與訊號合成器，及整合式監測與DF天線，可提供給各式行動式監測車使用，圖3-10為TCI演講與實機展示剪影。。



圖3-10 TCI演講剪影

第二次之實機展示研討會中，TCI展示採用影片播放的形式，介紹其軟體介面與操作方式，雖無法提供現場實機的展示，但仍提供與會者清楚明瞭的操作方式說明，圖3-11為TCI展示剪影。



圖3-11 TCI實機展示剪影

七、 Rohde & Schwarz趨勢分享與實機展示

第一次研討會中，演講者為Rohde & Schwarz經理 Mr. Wolfgang Ladewig與Mr. Thomas Krenz，分別針對Rohde & Schwarz公司與系統產品進行簡介，演講題目為National Spectrum Monitoring System。

演講內容主要為介紹Rohde & Schwarz各系列產品規格、系統架構及系統介面，包含DDF0xA/EDF系列、ESMD接收器及GX435訊號分析儀等產

品資訊。如ESMD接收器提供適合位於高度訊號密度的固定站台接收機，監測範圍涵蓋HF至SHF；EB500接收器提供適合固定站台或車載行動站台接收機，監測範圍涵蓋HF至SHF；PR-100接收機提供適合人員可攜式站台接收機，監測範圍涵蓋HF至SHF；Digital Down Converters（DDCs）內建進階訊號分析功能；DDF-700可DF頻率範圍涵蓋20 MHz至6 GHz，並可選擇加裝電子地圖顯視功能，適合室內或縮小範圍的測向需求；較小體積的DDF-205適合於車載行動測向使用，若整合適當的天線模組，則可涵蓋完整範圍的VHF/UHF 測向應用；此外，將其裝備於固定站台，並連接雙極化天線（如Rohde & SchwarzADD-197），則可涵蓋至6 GHz的測向應用，圖3-12為Rohde & Schwarz演講與實機展示剪影。



圖3-12 Rohde & Schwarz演講剪影

第二次之實機展示研討會中，Rohde & Schwarz採用的為可拆卸組裝之天線，以便於搬運。其天線與儀器設備皆放置於成大電管所系館頂樓，並透過100公尺的乙太網路連接至筆電，以進行實機展示。圖3-13為Rohde & Schwarz演講與實機展示剪影。



圖3.13 Rohde & Schwarz實機展示剪影

八、 Agilent實機展示概況

美商公司Agilent沒有參加第一次研討會，在第二次實機展示研討會中，Agilent 展示所採用的監測設備為易於安裝的RF sensor，其安裝於會議室的四個角落，並藉由網路線相互串接至接收機，充分展現其輕巧便於安裝的特性。在測向方面，則採用TDOA的定向技術進行測向任務，此亦是英國為舉辦倫敦奧運所採用的監測定向技術。圖3-14為Agilent與實機展示。



圖3-14 Agilent演講剪影

第二節 電波監測系統發展建議

綜合 ITU 組織、各先進國家電波監管單位及各國知名廠商之建議、監測方法及發展趨勢，藉此提供建置一套適用於我國之監測系統，本計畫給予建置新一代電波監測系統之建議如下：

1. 未來高頻段之監測應採行動監測站

雖然通訊技術與系統發展快速，其中有許多應用於高頻段如 SHF，但世界上各先進國家對 SHF 以上應用之監測，基於考量高頻段衰減較快之特性，多採用行動監測站之方式處理，並沒有建置在固定監測站上。因此，本計劃建議，未來新興電波監測系統於高頻段如 SHF 之監測，應可採先進國家之作法，佈署行動監測站即可。此外，SHF 之監測主要是以監測微波鏈路(microwave link)通訊為主要任務。

2. 各廠商之間系統整合

鑒於各先進國家在面對通訊傳播技術不斷進步之際，皆面臨異質設備整合之問題，在分析與統整各國作法與台灣實際情況之後，本研究認

為未來在面臨此類問題時可有以下兩種做法，處理將各種不同廠商所提供之設備整合問題：(1) 建議委由第三方公司來負責整合工作，或是由主管機關培養資訊團隊進行整合。同時，必需投入一定比例之經費來維持系統整合之技術。本團隊認為，此作法之成本應不致於過高。(2) 此外，若可於建置時以單一標案將系統建置完成，避免有不同廠牌的設備存在，就可省去整合異質設備的困擾。

3. 具開放性及擴充性

要維持監測系統的開放性及擴充性，必須要有相當的人力及經費的支持，目前世界各國及 ITU 組織並沒有制定開放平台的標準，各廠商都有自己的介面及作法，而且對開放平台持保守態度，導致異質設備整合具相當之困難度。而系統需擴充時，大多要找原先建置的廠商較能成功，但所需的經費就會相當高。因此，若不想受制於原廠，建議可培養相關人力及投入一定比例經費，來處理將來可能面臨的系統擴充問題，並且在採購及建置系統時，在規格上要做一些必要的要求，在相關介面上做必要的規範，並明令得標廠商需交付相關介面程式及相關文件。

4. TDOA 及 AOA 技術分析

這兩個技術目前尚被認為是兩個互補性的定位技術。TDOA 的優點是架構簡單、成本低、體積小、天線簡單、建置容易；缺點是它對於窄頻訊號或未調變訊號之定位，會有較大的誤差，而此種技術亦需要較大的網路傳輸頻寬以及精確的同步需求。AOA 的優點是對於窄頻訊號或未調變訊號之定位有較好的準確度，而對網路頻寬需求也較小；缺點是它的價格較高，體積大，定位天線亦較複雜。另外，根據 TDOA 與 AOA 的理論基礎，ITU 亦規範了符合性、定位精確度、計算速度、適合頻寬、可涵蓋區域大小、及同頻干擾等多個面向以說明兩技術的強項與弱點。綜合上述，整理出 TDOA 與 AOA 優缺點如表 3-1，值得作為研究參考。

表3-1 AOA系統與TDOA系統比較表

	AOA	TDOA
系統差異	在傳送端與接收端間，要為Line-of-sight的情況，才會有精確的結果；以成本考量，建構一組天線陣列來測距，成本較高。	時間為量測基礎的技術，需要精準的同步和時脈，以相對時間的資訊來達成測距，成本較低。
適合訊號頻寬	窄頻訊號	寬頻訊號
接收天線	須使用方向性陣列天線	使用一般天線
地理區域	適用於郊區	在感測器區域之外的監測效能較差
覆蓋範圍	大面積區域適用	密集區較適用
多路徑	對都市的散射情況較敏感	可處理部份多重路徑效應
配置情形	大型設備安裝，需要較多資源	設備較小可迅速建立
站台同步需求	無	有
傳輸資料量	少	多

而關於 TDOA 定位技術對於多重路徑之精確度，因 TDOA 採用的是到達監測接收機之時間差，而多重路徑造成的路徑差或時間差，在 TDOA 定位系統中，可針對來自不同方向之電波訊號，進行相關性 (correlation) 分析及處理，利用此技術可以降低多重路徑的影響，提高定位之精確度[42]。

另外，TDOA 接收涵蓋範圍，主要是受接收天線之增益，及接收機之雜訊係數或靈敏度所影響。TDOA 定位系統使用全向性天線，如同一般之接收系統，對接收範圍並沒有特別之影響。至於 TDOA 接收機之雜訊係數，以 Agilent N6841A TDOA RF sensor 為例，其雜訊係數為 15dB~25dB 之間，這個數據和傳統 AOA 接收機差異不大。因此，TDOA 接收涵蓋範圍和使用 AOA 技術之涵蓋範圍大致上相同。若能降低雜訊係數，就可以提高接收涵蓋範圍。此外，建置 TDOA 定位系統所需最小之無線網路上傳頻寬，至少需要 2Mbps，且需購置一些無線 VPN 之路由器，或向國內行動電話業者申請一個無線 VPN 網路，

以確保頻寬品質。

根據上述，本計劃建議 NCC 可以持續掌握 TDOA 技術之發展，在台灣的網路頻寬達到一定品質時，可以計畫興建一個 TDOA 定位系統，以加強 AOA 定位不足之處。未來也許有機會可以大幅降低 AOA 定位之比重，以降低電波監測系統之建置及維運成本。

5. 行動監測站之重要性

由於固定站之數量相當有限，目前各先進國家電波監管單位及各國知名廠商，皆強調以行動監測站之機動性來輔助固定監測站的功能，因此，建議可於每個區域控制中心配置相當數量的行動監測車，以強化監測之機動性，及延伸監測範圍。

而先進國家之行動監測車因不同監測任務需求，而有各類型監測車，所配載的設備也不盡相同，但大部分必備設備不乏監測 DF 天線、接收機、DF 處理器、頻譜分析儀、控制工作站、UPS 及 GPS 等。以法國而言，其監測車主要為自行改裝，並且常以各類型頻譜分析儀，取代接收機與控制工作站之功能。各國監測車設備如表 3-2 所示：

表3-2 各國行動監測車設備

	英國	德國	法國
監測測向天線	✓	✓	✓
接收機	✓	✓	✓
DF 處理器	✓	✓	✓
頻譜/訊號分析儀	✓	✓	✓
控制工作站	✓	✓	✓
SHF 監測模組	✓	✓	✓

本計畫建議，我國行動監測車必備設備為 DF 天線、接收機、DF 處理器控制工作站、UPS 及 GPS，其中，若為 SHF 監測車，則需配置頻譜/訊號分析儀及可旋轉之碟型天線。其餘如訊號產生器，則可依監理任務需求而選擇是否購買之。

6. 需求導向

歐美等先進國家的電波監管單位，在規劃電波監測系統時，主要係以需求導向之理念來規劃其電波監測系統。以美國為例，他們主要以干擾處理為主要任務，因此，強調的是測向/定位需求，對頻譜監測、頻譜佔用以及所謂的新興通訊系統之監測，則非美國 FCC 強調的重點，為反應此種需求，FCC 於固定監測站之數量不多，反而強調行動監測車佈署與行動監測之任務。另一方面，英國則是在經費的考量下，建置一套 TDOA 定位系統，其主要任務是針對 2012 年倫敦奧運時，所可能產生之干擾的處理，強調的是發射台的定位，對於頻譜佔用或數位解調變等監測則沒有考慮到此套 TDOA 定位系統內，甚至 TDOA 接收機之規劃佈建數量也僅約可應付奧運幾個運動場之場館所需數量而已，約 40 個。上述例子皆點出我國在建立新世代監測系統時所必需思考的議題，即我國電波監測的實際需求為何？

7. 人才培養及經費支持

世界各國的電波監管單位都面臨經費不足及人力資源不足之狀況，但先進國家仍致力於保有一定數量之人力及經費，以利系統之維護、規劃及設計。例如，法國的ANFR，擁有監測實驗室，分派足夠人力及經費進行研究、規劃及系統設計之工作，這樣的投資是值得我國借鏡的。

第三節 新世代電波監測系統架構規劃

一、組織架構

電波監測系統之組織架構，分成全國管理中心、區域控制中心以及電波監測站等三階層。其中，全國管理中心與北區區域控制中心共站（co-located）維運。各區域控制中心分別負責該區各固定監測站、行動監測站、可運載式監測台及可攜式監測台之管理與維護。電波監測組織架構如圖 3-15 所示：

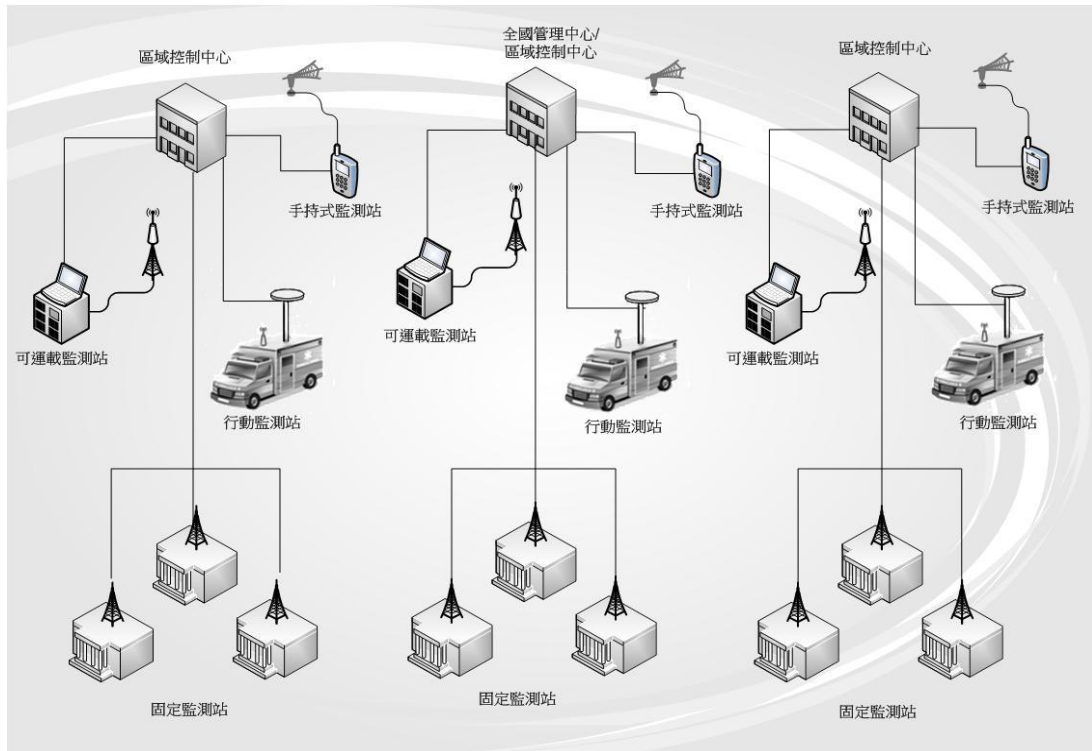


圖3-15 電波監測組織架構

各單位主要負責任務如下：

1. 控制中心(Control Center/Regional Center)

主要負責各項監測資料的管理與各項監測任務的指派與控制，控制中心數量為北中南各一座，共 3 座。

2. 固定監測站(Fixed Monitoring Station;以下簡稱：FMS)

執行各項由控制中心所指派的電波監測任務。其中，分為監測與定向型、監測型兩類站台，監測與定向型站台負責監測與定向任務，共 24 站；監測型站台僅負責監測任務，共 6 站。本研究經站台查勘結果及考量 NCC 監測實際需求後，所規劃之各類站台型式及地點如表 3-3 所示。

表 3-3 各類監測站數量統計表

項次	縣市別	站名	監測	監測/測向
1	台北市	士林		●
2	新北市	次格山	●	
3	新北市	大棟山		●
4	桃園縣	高原		●
5	宜蘭縣	美城		●
6	宜蘭縣	冬山	●	
7	新竹縣	六家	●	
8	新竹縣	尖筆窩山		●
9	花蓮縣	吉安		●
10	花蓮縣	月眉山		●
11	苗栗縣	大埔	●	
12	苗栗縣	九華山		●
13	台中市	豐原		●
14	台中市	大肚山		●
15	彰化縣	溪湖		●
16	南投縣	鳳鳴		●
17	雲林縣	莿桐		●
18	嘉義市	金龍		●
19	台南市	嘉民		●
20	台南市	健康		●
21	高雄市	東照山		●
22	高雄市	枕頭山		●
23	高雄市	大坪頂		●
24	屏東縣	泰山	●	
25	屏東縣	南州		●
26	屏東縣	後村	●	
27	台東縣	馬蘭		●
28	台東縣	利嘉山		●
29	澎湖縣	馬公		●
30	金門	金湖		●
數量統計：			6	24

3. 行動監測站(Mobile Monitoring Station;以下簡稱：MMS)

藉由電波監測車之機動性，執行固定監測站無法監測範圍內之電波監測任務。分為三類，其數量如下：

(1) 第一類行動監測站為適用於市區和道路崎嶇的地區的小型監測車，各區處配置 2 輛，全國共為 6 輛。

(2) 第二類行動監測站為適用於郊區進行監測及測向任務，各區處各配置 1 輛，全國共 3 輛。

(3) 第三類行動監測站為用以執行 SHF 監測任務，全國共 1 輛。

4. 可運載式監測台(Transportable Monitoring Station;以下簡稱：TMS)

便於運載的電波監測設備，可機動地安裝於地面或建築物之頂樓，進行本地端監測及定向任務，並可經由控制中心進行遠端遙控作業，北區處配置 2 台，中南區處各配置 1 台，全國共為 4 台。

5. 可攜式監測台(Portable Monitoring Station;以下簡稱：PMS)

便於監測人員攜帶與執行電波監測任務，其主要目的在於短範圍內找出干擾源所在位置，各區處配置 2 台，全國共為 6 台。

二、 網路架構

在網路架構方面，為能提供資訊傳輸上的安全性，各區控制中心與固定監測站之間，將藉由不與網際網路介接的虛擬私有網路（Virtual Private Network;以下簡稱：VPN），傳送監測資料與音頻錄音資訊，並進行遙控作業。而行動監測站、可運載式監測台，則藉由3G行動虛擬私有網路（Mobile Virtual Private Network;以下簡稱：MVPN）與控制中心進行通訊，系統網路架構如圖3-16所示：

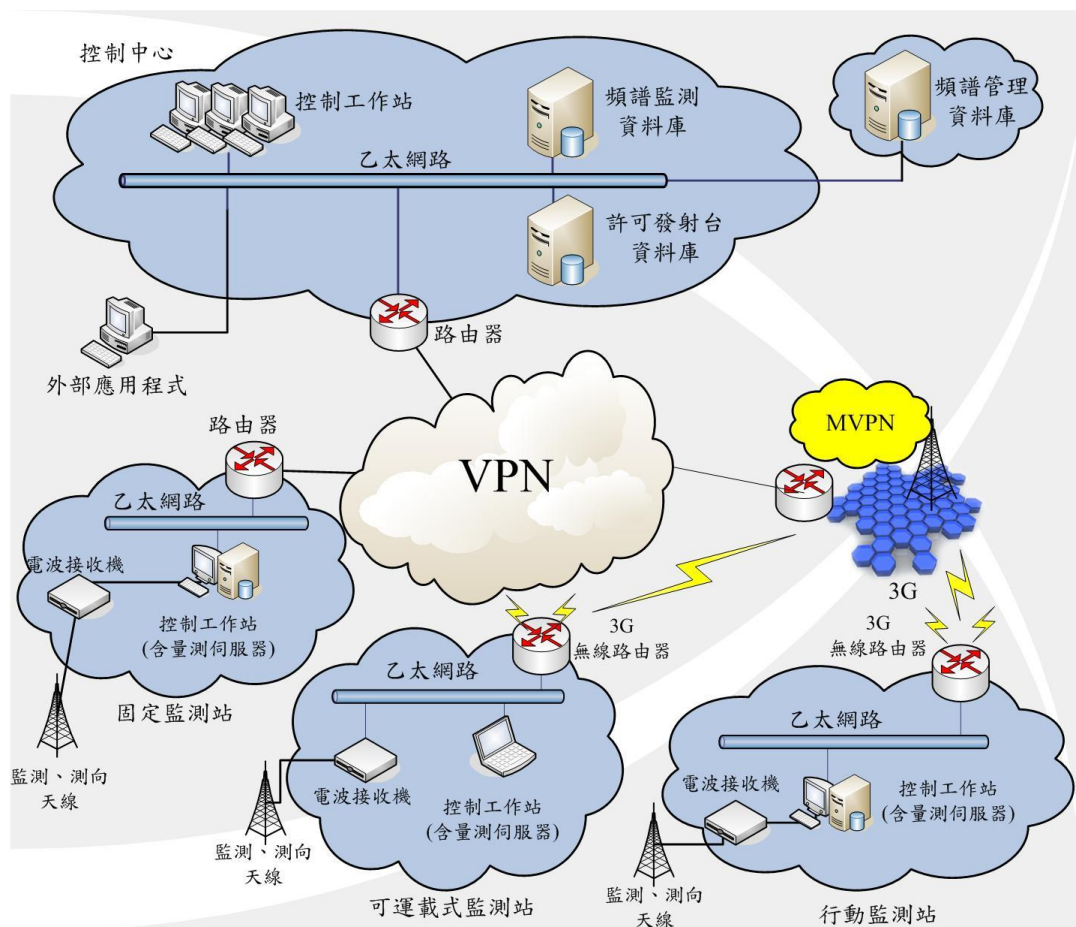


圖3-16 網路架構

三、系統架構方案研析

為達到系統具異質設備整合能力及開放性之需求，參考各國監測設備整合之方式，並分析主從式、web-based 及三層式系統架構之優缺點，以規劃符合上述需求之系統整合方案。

(一) 主從式系統架構

傳統的主從式架構，為使用者端與伺服器端透過特定的通訊埠，且必須透過相對應的 client/server 軟體，始可進行遠端電波監測任務如圖 3-17，亦即若要進行軟體的更新或客製化修改，必須同時修改 client 端與 server 端的應用程式，增加其軟體更新之困難度。

在一般情況下，主從式架構可簡易的提供一對一或一對多的監測服務，

但若各站台間採用不同廠商之監測設備，則因系統間難以整合，使得操作人員必須學習多種系統的操作方式，增加其操作的困難度，進而影響電波監測的效能與效率。

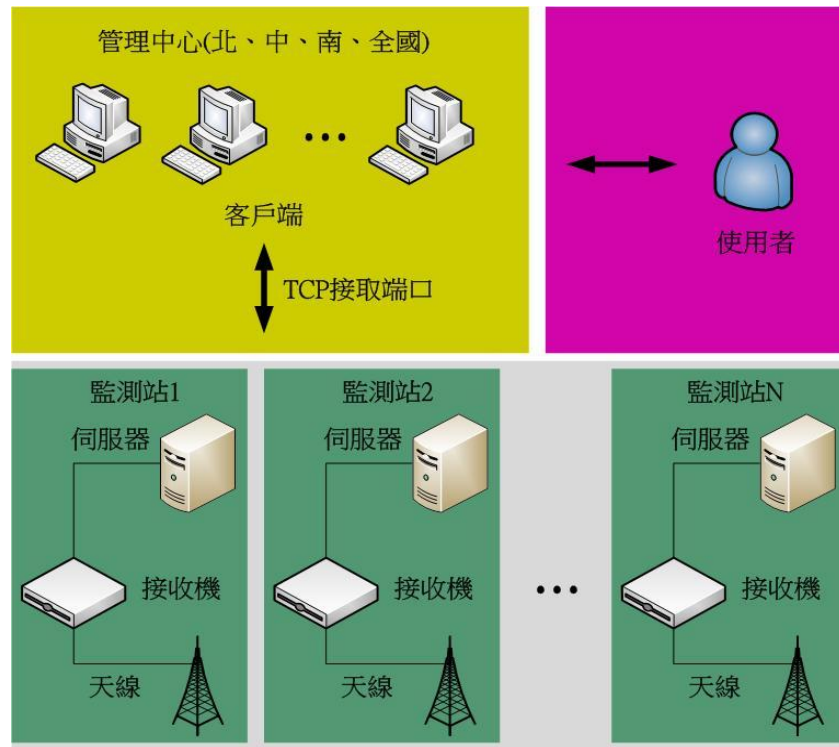


圖3-17 主從式系統架構圖

(二) Web-based 系統架構

Web-based 系統架構，為操作員可透過一般的網頁瀏覽器進行遠端遙控之監測任務，操作員連結至網頁伺服器，並透過不同監測功能之應用程式伺服器，向監測站伺服器提出服務要求，如圖 3-18。

因此，在使用者端無需安裝任何套件軟體，即可達到監測管理任務，降低軟體安裝授權之成本。且當服務元件需新增、刪除與更新時，只需修改應用程式伺服器，讓使用者無需重新學習新的操作介面。使用者亦可隨時因電波監測業務之需求，調整其本身操作介面的組成方式。

然而，對於系統廠商而言，系統需重新以瀏覽器可支援之程式語言編寫，使得各家廠商對 Web-based 系統架構支援程度偏低，但部分廠商仍具

足夠的技術開發能力，唯因整體建置成本不符經濟效益，致使廠商不願積極投入 Web-based 系統開發。因此，本計畫採用下列兩種方式，評估廠商對於 web-based 系統架構的支援程度：

1. 文件分析：藉由廠商所提供的產品型錄、研討會簡報、及技術方案等資料進行分析。
2. 業者訪談：於國內本計畫舉辦研討會期間、及國外參訪期間，針對與會及受參訪的廠商相關人員，進行面對面互動，評估該公司對 web-based 系統架構的認知與想法。

Web-based 架構支援狀況整理如表 3-4。

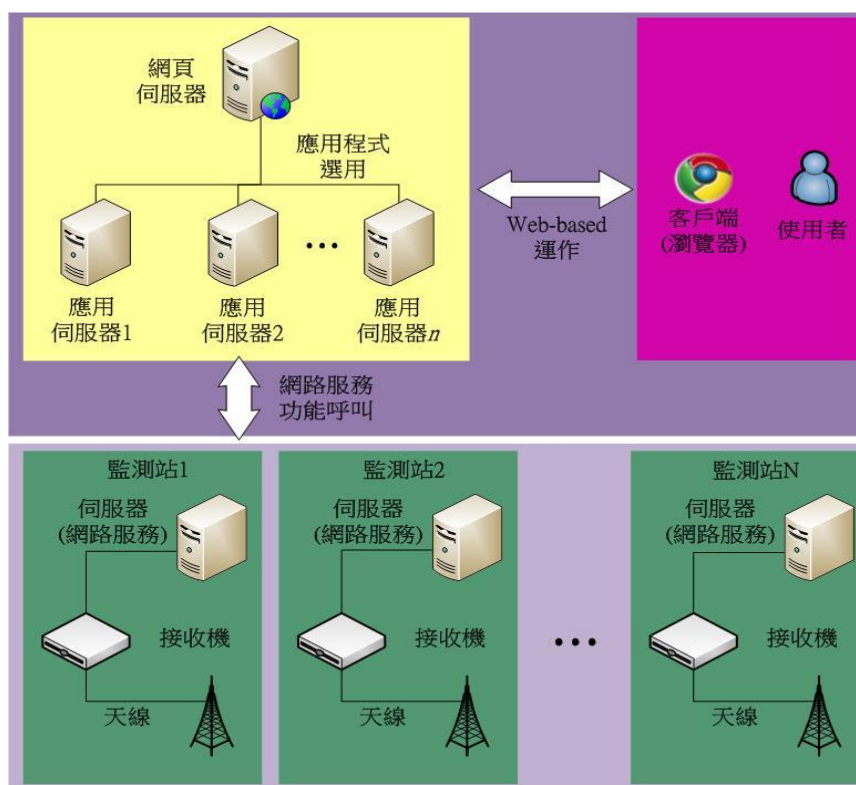


圖3-18 Web-based 系統架構圖

表3-4 Web-based架構支援狀況

	商品化產品	技術成熟度	評估說明
Grintek	部分支援	高	採文件分析、及業者訪談評估方式。該公司產品型錄揭露 Sky web client 之品項。經訪談後，確認該項僅支援部份監測功能，但是該公司對於電波監測 web 技術應已具相對較高成熟度。
NI	N/A	中	採業者訪談評估方式。業者強調可進行軟硬體各組態之整合工作，且有軟體技術團隊進行客製化工作。但是無具體文件及產品型錄參考，其 web 技術相對成熟度持平評估。
R&S	部分支援	高	採文件分析、及業者訪談評估方式。該公司產品型錄揭露 web module 之品項。經訪談及 demo 後，確認該項支援直接量測模式監測功能。評估該公司對於電波監測 web 技術應已具相對較高成熟度。
SAT	N/A	高	採業者訪談評估方式。該公司是一家電波監測系統整合商，該公司受訪人員可以系統化描述系統軟體的階層架構，及所需的中介軟體，以符合 web-based 的需求，因此評估該公司對於電波監測 web 技術應已具相對較高的熟悉度。
Tadiran	N/A	-	採文件分析。該公司產品型錄無揭露 web 技術之品項，僅針對計畫團隊所提構想表示知悉，因此對該公司在電波監測 web 技術相對成熟度無具體評估。
TCI	N/A	中	採業者訪談評估方式。業者強調該公司在電波監測軟體整合之優勢，且有軟體技術團隊進行客製化工作。但是無具體文件及產品型錄參考，其 web 技術相對成熟度持平評估。
Thales	N/A	-	採文件分析、及業者訪談評估方式。該公司簡報資料無揭露 web 技術相關資訊。經訪談及 demo 後，確認該公司無此商品模組，因此對該公司在電波監測 web 技術相對成熟度無法具體評估。

(三) 三層式系統架構

三層式系統架構係採用三層兩介面之架構，可分為使用者介面層 (User Interface; 以下簡稱：UI)、電波監測功能層 (Radio Monitoring Functionalities; 以下簡稱：RMF)、量測伺服器層 (Measurement Server; 以下簡稱：MS) 等三層，及應用程式介面 (Application Programming Interface; 以下簡稱：API) 與通用介面 (Generic Interface; 以下簡稱：GI) 等兩介面層。此架構可使各階層透過開放式的介面相互通訊，達成異質設備間之整合與控制，系統軟體架構如圖 3-19 所示。

三層式架構採用經標準化後之介面，提供與設備驅動程式之介接，亦使符合此介面標準之各層可隨意更新、修改其程式碼，此富有彈性的軟體特性，可使各層之運作不致相互影響，並可提供開放式控制介面給外部程式使用。

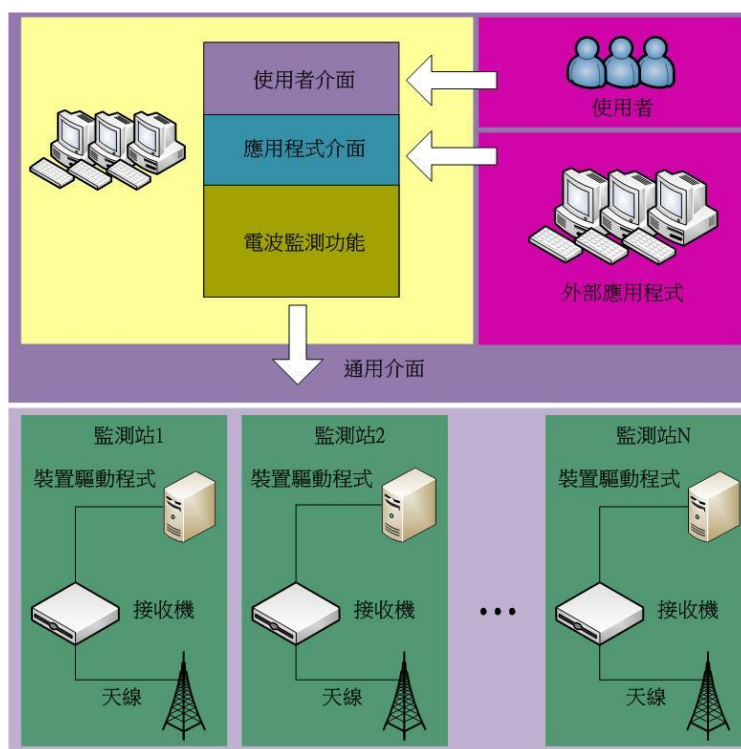


圖3-19 三層式系統軟體架構圖

為提升三層式架構之異質設備整合可行性，廠商須提供 API 與 GI 層之程式介面文件，以及原始碼與未來軟體整合授權費等相關資料。目前，

各家廠商針對三層式系統架構支援程度皆屬高度支援，亦有商品化產品，唯須考慮廠商對於 API 及軟體原始碼之開放程度，決定三層式架構導入之成敗關鍵因素。三層式架構支援狀況整理如表 3-5。

表3-5 三層式架構支援狀況

	已有商品化產品	提供 API 等相關資訊意願
Grintek	支援	高
NI	支援	高
R&S	支援	高
SAT	支援	高
Tadiran	支援	-
TCI	支援	中
Thales	支援	-

(四) 系統架構優缺點分析比較

綜合以上三種系統架構，各架構有其優缺點，整理如表 3-6 所示：

表3-6 系統架構優缺點分析

系統架構	優點	缺點
主從式系統	建置容易	1. 固定式軟體功能組態 2. 無開放原始碼 3. 無客製化能力 4. 控制異質設備困難 5. 無開放外部程式控制介面
Web-based	1. 一致性且圖形化的使用者介面 2. 簡單化軟體維護升級 3. 標準化通訊協定 4. 動態化功能模組支援	1. 廠商無現有的產品，且將來開發意願不高 2. 無法充分利用接收機的功能
三層式系統	1. 彈性軟體功能組態 2. 提供開放性控制介面給外部程式 3. 提供標準軟體介面與設備驅動程式介接	1. 無開放原始碼 2. 有限度功能客製化能力 3. 需要軟體開發團隊人力 4. 須添購軟體連線授權費

本計畫考量各系統架構之優缺點後，為兼顧電波監測系統具開放性、擴充性之需求及系統可行性，故擬採用三層式系統架構實現新世代電波監測系統，下節將針對三層式系統架構提出詳細的說明。

(五) 新世代電波監測系統架構 - 三層式架構

電波監測系統的軟體採用三層式架構，如圖 3-20 所示。三層式架構的各階層可由不同的程式語言進行開發，且單一階層功能的改變不可影響到其他階層的運作。三層式架構之軟體元件如下：

1. 使用者介面層：提供使用者進行監測任務選擇、參數設置與量測結果顯示。
2. 電波監測功能層：實現各種電波監測功能。
3. 量測伺服器層：提供控制工作站所要求的量測服務與設備管理，實現監測站設備（如接收機、GPS 接收機、天線控制器等）控制命令。

三層軟體元件可安裝於相同或不相同的電腦主機中，若安裝於不同電腦主機，則各層軟體元件必須透過預先定義的介面溝通，如圖 3-19 所示。各介面描述如下：

1. 應用程式介面：本介面為預先定義之介面規格，UI 及外部程式透過本介面與 RMF 通訊。
2. 通用介面：在不用修改 RMF 內部程式碼的情況下，此介面允許 RMF 和不同廠牌電波監測相關設備通訊。

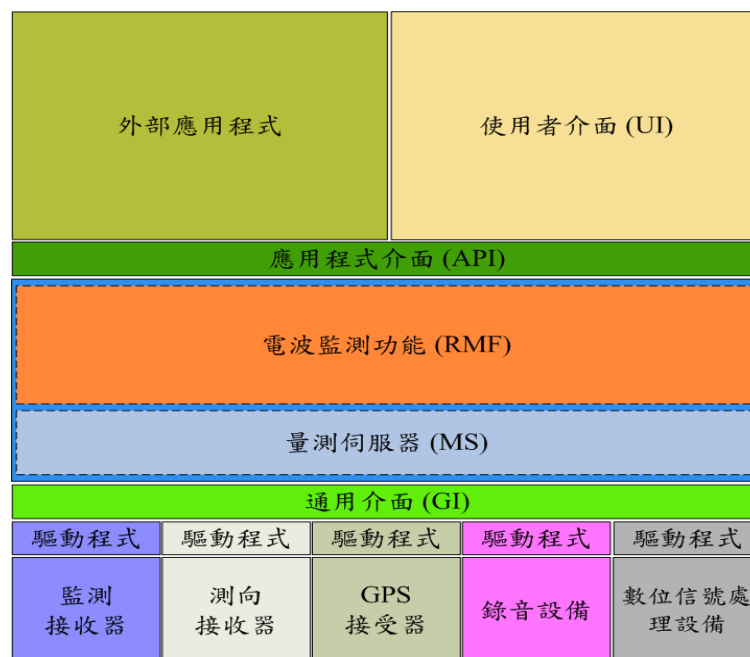


圖3-20 系統軟體架構

第四節 系統規格之研析

系統規格主要分為軟體需求及硬體需求，軟體需求包含人機介面、資料庫與電波監測工具之參數設定，及結果呈現輸出。硬體需求包含天線頻段種類、接收機、DF 處理器及運行環境設備等。

一、 軟體需求規格

電波監測軟體需求包含人機介面、電波監測工具及資料庫等，其中，人機介面基本需求為具有友善的操作介面，使操作員可輕易上手，有效率地達成監測之任務。而電波監測工具應至少包含下列電波監測任務：（根據 ITU-R 頻譜監測手冊第 4 章各節之建議）[2]

1. 訊號測量任務
2. 測向與定位任務
3. 測向掃瞄任務
4. 頻譜佔用率測量任務
5. 發射台訊號分析與辨識任務
6. 未知發射台偵測任務
7. 發射台覆蓋範圍測量任務
8. 錄音作業任務
9. 自動化電波監測任務
10. 電波監測任務結果管理工具

（一） 訊號測量任務

訊號測量任務主要為一般電波訊息量測任務，包含頻率量測、頻寬量測、調變量測、場強量測及 RF 位準等。為能達成訊號測量任務，軟體介面需能提供量測監測站的選擇、中心頻率、解析頻寬等參數的設定，並以圖表的方式呈現測量結果（如：頻率、頻寬、場強、調變與 RF 位準等），最後儲存至頻譜監測資料庫。

(二) 定向與定位任務

定向與定位任務主要為透過 2 至 3 個監測站的定向結果，透過電子地圖量測出發射源之位置。因此軟體介面需能提供多個量測監測站的選擇、可信度、頻率、頻寬與調變方式等相關參數的設定，並提供雷達顯示圖，及將監測站位置與定位結果於電子地圖上呈現，最後，將執行測量日期、測量開始時間、測量結束時間、測量頻率、可信度、方位（以執行監測的監測站為中心）、定位方法類型、發射台之經度與緯度等儲存至頻譜監測資料庫。

(三) 定向掃瞄任務

定向掃瞄任務為單一站台執行發射源方位量測任務，軟體介面需提供量測站台的選擇，並提供雜訊值、持續時間、定向解析度、開始頻率、結束頻率與頻寬等相關參數之設定，並以圖表的方式呈現測量結果，如：執行測量日期、測量開始時間、測量結束時間、執行頻率、示向度與方位（以執行監測的監測站為中心）等，最後儲存至頻譜監測資料庫。

(四) 頻譜佔用率測量任務

頻譜佔用率測量任務為監測各發射台頻譜使用是否超出頻譜規範、非法發射台、人為干擾等非預期之訊號量測。軟體介面需提供監測站台之選擇、測量開始頻率、測量結束頻率、頻寬、儲存間隔、持續時間、雜訊門檻值與可信度等相關參數設定，並以圖表的方式呈現測量結果（如：執行測量日期、測量開始時間、測量結束時間、執行頻率、佔用結果及示向度與方位<以執行監測的監測站為中心>等），最後儲存至頻譜監測資料庫。

(五) 發射台訊號分析與辨識任務

發射台訊號分析與辨識任務為監測系統可將類比或數位訊號經由訊號分析將訊號解調變，以辨識訊號之調變方式是否符合該發射台之規定。軟體介面需提供監測站台之選擇、測量開始頻率、測量結束頻率、頻寬、雜

訊門檻值、儲存間隔、與持續時間等相關參數設定，並以圖表方式顯示測量結果（星座圖、魚眼圖、頻譜功率密度、瞬時頻率直方圖、瞬時相位直方圖及瞬時振幅直方圖，如圖 3-21 ），最後儲存至頻譜監測資料庫。

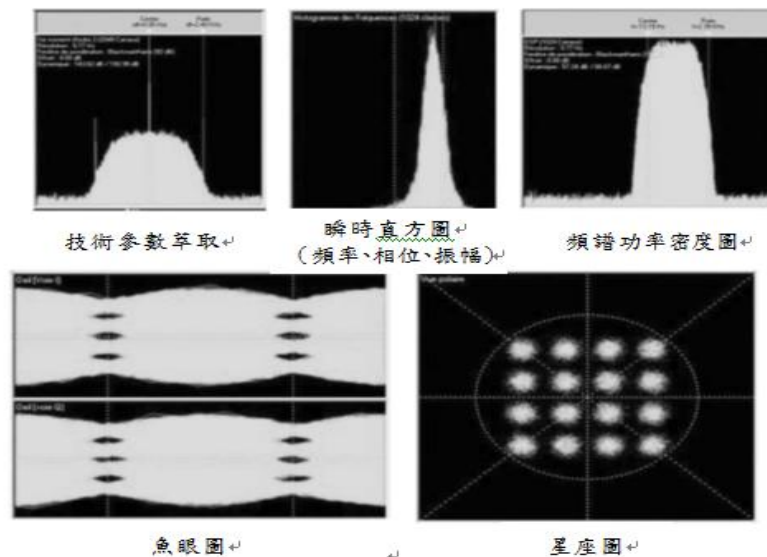


圖3-21 訊號分析圖（來源: ITU-R 頻譜監測手冊2011）

發射台訊號分析與辨識任務必須提供以下功能：

1. 支援 QAM，PSK，FSK 等數位解調變技術
2. 類比及數位訊號之參數式辨識
3. 類比及數位訊號之訊號輔助辨識
4. 不必要之訊號發射量測

（六） 未知發射台偵測任務

未知發射台偵測任務主要為偵測非法發射台之訊號發射，透過自動與許可發射台資料庫資料進行資料比對，過濾出未知發射台頻率，並以定向及定位功能，將非法站台於電子地圖上定位。軟體介面需提供執行測量之監測站的選擇、測量開始時間、測量結束時間、頻率、頻寬、參考區域、參考路徑、持續時間、與儲存間隔等相關設定參數，並以圖表的方式呈現測量結果（如：測量開始頻率、測量結束頻率、未知發射台頻率、頻寬、

雜訊門檻值、儲存間隔及持續時間等)，最後儲存至頻譜監測資料庫。

(七) 發射台覆蓋範圍測量任務

發射台覆蓋範圍測量主要為利用行動監測車藉由場強、訊號雜訊比及鄰頻雜訊為準等參數，執行發射台之覆蓋範圍量測。軟體介面需提供執行測量之監測站的選擇、測量開始時間、測量結束時間、頻率、頻寬、參考區域、參考路徑、持續時間、與儲存間隔等相關設定參數，並以圖表的方式呈現測量結果（如：執行測量日期、測量開始時間、測量結束時間、測量位置(經度)、測量位置(緯度)、目前測量發射台之許可發射台識別 ID、發射台之覆蓋範圍、場強、訊雜比與鄰近頻道的雜訊水平等)，最後儲存至頻譜監測資料庫。

(八) 錄音作業任務

錄音作業需支援使用者播放、暫停、結束或重複播放錄音作業的音訊檔案，並將作業結果（如：執行錄音日期、錄音開始時間、錄音結束時間、錄音檔路徑與名稱、錄音頻率、錄音頻寬與調變類型等）儲存至頻譜監測資料庫。

(九) 自動化電波監測任務

自動化電波監測為操作員可設定例行量測任務至系統排程，使系統能自動執行監測任務，可排程功能需支援訊號測量、測向掃描、頻譜佔用率測量、發射台訊號分析與辨識測量、未知發射台測量及錄音作業等任務。

此外，該功能必須支援顯示任務目前執行狀態，且已完成之任務必須與地理資訊工具結合，以顯示電波監測任務之測量結果。

(十) 電波監測任務結果管理工具

電波監測任務結果管理工具必須與地理資訊工具結合，讓使用者透過電波監測任務結果管理介面進行任一電波監測任務結果的顯示。且支援使

用者依照操作員識別 ID、及其它合適的查尋條件，查詢頻譜資料庫中合乎條件的資料記錄（如執行過的歷史電波監測任務資料）並顯示之。各項電波監測任務結果資料顯示形式如下：

1. 以文本形式顯示測量資料
2. 以圖表形式顯示測量資料
3. 以電子地圖型式顯示測量資料
4. 以音訊形式播放錄音資料
5. 測量資料結果必須支援將查詢的電波監測任務測量結果記錄的匯出檔案作業。

二、 硬體需求規格

電波監測硬體需求包含天線、接收機、定向處理器及運行設備等基本設備需求，本計畫依據 ITU-R 頻譜監測手冊第三章及各家廠商提供之型錄，擬定至少符合 3 家廠商以上之硬體規格，以兼顧招標的公平性及電波監測系統的品質。於此本計畫主要以天線、接收機及定向處理器等相关主要規格進行討論，其完整規格將於中呈現。

（一） 天線

天線可分為監測天線與定向天線，並依照站台類型與任務需求，配置不同的天線。固定監測站依功能需求分為兩類，第一類為負責電波監測及定向任務，第二類為負責電波監測任務之監測站。

置於固定監測站之監測天線，因考量 SHF 頻段訊號傳輸範圍較小，難用固定站型式監控，故採用 MF/HF 及 VHF/UHF 頻段之天線執行監測任務。若定向任務納入 HF 等較低頻段之天線，則其所需場域較大且定向誤差亦較大，因此本計畫暫不考量 HF 之定向任務於固定站及行動監測站中。

行動監測站則分為三類，分別為採用 VHF/UHF 頻段之監測與定向天線的第一類行動監測車，第二類行動監測車則採 HF/VHF/UHF 頻段之監測

天線及 VHF/UHF 頻段之定向天線，第三類行動監測車則採 SHF 頻段之監測與定向天線。可運載式監測台則為彌補固定站無法量測到的死角位置，採用 VHF/UHF 頻段之監測與定向天線，執行量測任務。可攜式監測台因能於小範圍內搜尋發射訊號來源，故採用 HF/VHF/UHF/SHF 等頻段之定向天線。各類型站台採用監測及定向天線頻段，如表 3-7 所示：

表3-7 各類型站台採用監測及測向天線頻段

天線類型	MF/HF	VHF/UHF	SHF
第一類固定監測站之監測天線	✓	✓	
第一類固定監測站之測向天線		✓	
第二類固定監測站之監測天線	✓	✓	
Type I 行動監測站之監測天線		✓	
Type I 行動監測站之測向天線		✓	
Type II 行動監測站之監測天線	✓	✓	
Type II 行動監測站之測向天線		✓	
Type III 行動監測站之監測天線			✓
Type III 行動監測站之測向天線			✓
可運載式監測台之監測天線		✓	
可攜式監測台之測向天線	✓	✓	✓

在天線極化方面，於通訊傳播之技術中，並無天線極化之規範。實務上，HF 頻段之應用，發射天線大多採用垂直極化。VHF/UHF/SHF 頻段使用之天線極化，視接收型態及環境而定。例如，視距(line-of-sight)接收環境，一般採匹配之極化，如發射天線為水平極化，則接收天線也須為水平極化，同理，發射天線為垂直極化，則接收天線也須為垂直極化。若為非視距(non-line-of-sight)接收環境，因電波經過有障礙物之無線通道後，會產生偏極化現象，此時，發射天線大多採用圓極化，接收天線則採用線性極化。若於偏極化現象較明顯之環境，如都會區之行動接收，則發射及接收天線皆可採用線性極化，而實務上此情形之發射天線大都使用垂直極化。

（二） 接收機

接收機的類型可分為類比接收機與數位接收機，類比接收機主要為接收類比訊號，並可解調成音頻以進行監控作業。數位接收機為接收 RF 訊號並轉換成數位訊號，以進行訊號分析等監控作業，同時亦可直接解調 AM、FM 等類比訊號，因此目前大多數接收機都以數位接收機為主。

數位接收機運作原理為接收機接收到 RF 訊號後，將經過本地振盪器與混波器降頻成基頻訊號，然後，經類比/數位轉換器（A/D Convertor）轉換成數位訊號，並由 I/Q 輸出，最後進入數位訊號分析（Digital Signal Processing;以下簡稱：DSP）軟體進行訊號分析。因此，DSP 即為軟硬體의交界點。

以下將針對接收機硬體規格中之線性度、雜訊指數與靈敏度、掃描速度、IF 頻寬及偵測模式做進一步討論。本計劃建議之規格將以 ITU 頻譜監測手冊內容為基礎，並根據實務需求與參考各家廠商所提供之資訊，提出合適的接收機規格。另由於本計劃建議採異質最有利標做為評選方式，在硬體技術規格上有一定比例的配分，因此，各家廠商若能提出優於本計劃所建議之規格，將可得到較高的分數。

1. 接收機線性度

接收機線性度主要規格為三階截斷點（Third-order Intercept Point；以下簡稱 IP3），及二階截斷點（Second-order Intercept Point;以下簡稱 IP2），其中又以 IP3 對於接收機量測品質影響最大。IP3 的定義為，主訊號和三次交互調變失真的增益圖，兩直線延伸相交於一點時，即為三階截斷點，為衡量線性度或失真的重要指標[29]。在射頻或微波多載波通訊中，IP3 越高，表示線性度越好和更少的交互調變失真。

有關監測設備，ITU 建議之硬體規格為一基本之要求。目前設備製

造商，已能生產優於 ITU 建議規格之設備，如表 3-8 所示。愈好的規格對系統的運作或保護較佳，以 IP3 為例，它是規範放大器之線性度及動態範圍，其值愈大，表示有較好的線性度及較佳之動態範圍，實務上，IP3 約大於 1 dB 壓縮點(1 dB compression point) 10 dB。

ITU 對於 MF/HF 頻段之 IP3 建議值為 20dBm，這表示此放大器之 1 dB 壓縮點約為 10dBm。若此放大器置於一個強電場下，使得其收到的訊號經天線轉換，送進接收機之放大器後，功率值大於 10 dBm，則會使得此接收機進入飽和狀態，導致無法進行監測任務。我國 MF/HF 頻段，典型之應用為 AM 廣播，且為大功率發射電台，發射功率甚至可高達 600kW 以上，如果接收機靠近此類發射站，很容易接收到大於 10 dBm 之訊號，若 IP3 不夠大，會導致飽和狀態。在 VHF/UHF 頻段，ITU 對於 IP3 建議值為 10 dBm，代表此類接收機之飽和點約為 0 dBm。此頻段之典型應用為 FM 廣播，其發射功率可高達 30 kW，對於監測接收機而言，最大接收電功率 0 dBm 為基本的防護。實務上，在 FM 廣播發射站附近有可能量測到大於 0 dBm 之訊號。

因此，在參考 ITU 頻譜監測手冊 3.3.5 節之建議與各家廠商型錄後，因各家設備製造商之產品，分別在 MF/HF 頻段及 VHF/UHF 頻段皆可達 25 dBm、12dBm，優於 ITU 建議之 20 dBm、10dBm，基於能對監測設備提供更好之防護，本計畫將 MF/HF 頻段及 VHF/UHF 頻段之接受機 IP3 規格，分別建議為 $\geq 25\text{dBm}$ 、 $\geq 12\text{dBm}$ 。

至於 IP2，它主要影響接收機產生二階互調變訊號之能力，因為二階互調變訊號之頻率，距主頻訊號較遠，其所造成的非線性效應，較 IP3 所產生的影響較小。實務上，利用合適之濾波器，即可降低 IP2 產生互調變訊號之影響。ITU 對於 IP2 在 MF/HF 頻段及 VHF/UHF 頻段，建議值分別為 60 dBm 及 40 dBm。目前各家設備製造商之產品已能達

到 70 dBm 及 40 dBm。基於能降低互調變訊號之影響、提高監測設備之效能，本計畫在 MF/HF 頻段及 VHF/UHF 頻段之接收機 IP2 規格，分別建議為 ≥ 70 dBm 及 ≥ 40 dBm。

表3-8 ITU與各家廠商接收機線性度規格

線性度	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		ESMD	TCI 745	ESMERALDA XE	TSR-2040 TAD-6R	SKYLARK 7050C
MF/HF 頻段						
IP3	20dBm	35dBm	32dBm	35dBm	26dBm	25dBm
IP2	60dBm	-	80dBm	75dBm	75dBm	70dBm
VHF/UHF 頻段						
IP3	10dBm	17dBm	18dBm	20dBm	12dBm	15dBm
IP2	40dBm	-	50dBm	40dBm	45dBm	40dBm

2. 雜訊指數與靈敏度

雜訊指數為在 290 K 的絕對溫度下，輸入及輸出端的訊號雜訊比值（Signal-to-Noise Ratio, 以下簡稱 SNR）。而雜訊是影響接收系統靈敏度的因素，要提高靈敏度須從改善系統的雜訊指數著手[29][30]。靈敏度可藉由將雜訊指數代入式(3-1)估算出：

$$S_i = (\text{SNR})_{\min} k T_0 B (\text{NF}) \quad (3-1)$$

S_i 為靈敏度

NF 為雜訊指數

K 為波茲曼常數

T_0 為絕對溫度

B 為接收機設定之頻寬

因此，於 ITU 頻譜監測手冊中，即不明列靈敏度規格，而由雜訊指數概括之，且由公式可知雜訊指數越小越好。故本計畫於規格書中規範，MF/HF 接收機之雜訊指數為 ≤ 15 dB；而 VHF/UHF 接收機之

雜訊指數為 $\leq 12\text{dB}$ 。表 3-9 為 ITU 與各家廠商接收機雜訊指數規格。

表3-9 ITU與各家廠商接收機雜訊指數規格

雜訊指數	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		ESMD	TCI 745	ESMERALDA XE	TSR-2040 TAD-6R	SKYLARK 7050C
MF/HF	$\leq 15\text{dB}$	$\leq 12\text{dB}$	$\leq 14\text{dB}$	$\leq 15\text{dB}$	$\leq 8\text{dB}$	$\leq 14\text{dB}$
VHF/UHF	$\leq 12\text{dB}$	$\leq 9\text{dB}$	$\leq 12\text{dB}$	$\leq 12\text{dB}$	$\leq 11\text{dB}$	$\leq 12\text{dB}$

3. 掃瞄速度

ITU 並未針對掃瞄速度的規格有所規範，主要原因為，掃瞄速度的規格與其量測方法有極度密切的關係，如掃瞄單一突短訊號，將比掃瞄擁有許多特徵值的訊號來的快速，測試程序也以是否能掃瞄到訊號的特徵值，而非以量測接收機掃瞄速度的極限為主要目標。但部分廠商仍有制訂掃瞄速度之規格，如表 3-10。根據上述，本計畫規範 MF/HF 接收機之掃瞄速度為 $\geq 1\text{GHz/s}$ ；而 VHF/UHF 接收機之掃瞄速度為 $\geq 10\text{GHz/s}$ 。

表3-10 ITU與各家廠商接收機掃瞄速度規格

掃瞄速度	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		ESMD		ESMERALDA XE		SKY-i7000
MF/HF	-	100GHz/s	-	-	-	1GHz/s
VHF/UHF	-	100GHz/s	-	20GHz/s	-	20GHz/s

4. IF 頻寬

ITU 頻譜監測手冊中，建議 VHF/UHF 接收機之 IF 頻寬，至少為 300kHz，但本計畫鑒於目前新興通訊技術，如 WiMAX 及 LTE 等通訊標準協定，每通道的頻寬皆可達到 20MHz，因此，若 IF 頻寬仍設定於

300kHz，將無法對 WiMAX 及 LTE 基地台進行監測作業。雖然 IF 頻寬於未來可能會越來越大，但基於避免廠商無法達標，本計畫 IF 規格以 $\geq 20\text{MHz}$ ，做為 IF 頻寬基本需求，而以 $\geq 40\text{MHz}$ 為選擇性需求。表 3-11 為 ITU 與各家廠商接收機 IF 規格。

表3-11 ITU與各家廠商接收機IF規格

IF	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		ESMD	TCI 745	ESMERA LDA XE	TSR-2040 TAD-6R	SKY-i70 00
MF/HF	10kHz	-	2MHz	2MHz	340kHz	2MHz
VHF/UHF	300kHz	20MHz	20MHz	40MHz	20MHz	20MHz

5. 偵測模式

接收機的偵測模式(Detection Mode)，主要以能於硬體內解調變的類比訊號為主，因此，在規格上明訂類比訊號如 AM、FM、CW、LSB 與 USB 等為接收機的可偵測模式。而於接收機硬體內無法解調變之訊號，在基頻經 IF 濾波器處理後，由 I/Q 介面輸出，並透過 DSP 軟體進行訊號分析，最終產生星座圖、魚眼圖等辨識結果。

(三) 定向處理器

定向處理器必須能以良好的精確度，並於最短的時間內完成定向，以供控制中心執行交測任務，因此定向處理器的主要規格為定向靈敏度、定向精確度及最小信號期間等，以下針對上述規格詳述說明之。

1. 定向靈敏度

定向靈敏度為，測量定向系統於定向天線表面的臨界場強值，當低於臨界場強值時，即無法精確定位。ITU 建議的測向靈敏度為 $10\mu\text{V/m}$ ，而大部分廠商之規格亦為 $10\mu\text{V/m}$ ，如表 3-12，因此，本計畫擬定定向靈敏度規格為 $10\mu\text{V/m}$ 。

表3-12 ITU與各家廠商定向靈敏度規格

定向靈敏度	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		DDF05A	TCI 720	ESMERALD A XE		
VHF/UHF	10 μ V/m	10 μ V/m	0.5 μ V/m	10 μ V/m	-	-

2. 定向精確度

定向精確度為，確保定向系統能以最小的方位角誤差，提供可靠的定向結果。ITU 建議的定向精確度為 1°rms (root mean square)值，各家廠商規格也皆小於 1.5°rms，因此，本計畫擬定定向精確度規格為 1.5°rms。表 3-13 為 ITU 與各家廠商定向精確度規格。

表3-13 ITU與各家廠商定向精確度規格

定向精確度	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		DDF05A	TCI 745	ESMERALDA XE	TAD-6R	SKYLARK 7050C
VHF/UHF	1°	1°	1°	1°	1°	1.5°

3. 最小訊號期間

最小訊號期間為，量測定向系統能於多短的時間內完成定向任務，ITU 建議規格為 1ms，各家廠商也皆能提供 1ms 的最小訊號期間，如表 3-14，因此，本計畫擬定最小訊號期間規格為 1ms。

表3-14 ITU與各家廠商最小訊號期間規格

最小信號期間	ITU	R&S	TCI	Thales	Tadiran	Grintek
型號		DDF05A		ESMERALDA XE	TAD-6R	SKYLARK 7050C
VHF/UHF	1ms	350 μ s	-	1ms	1ms	550 μ s

(四) 不斷電系統

不斷電系統主要功用在於，保護機器設備在遭遇臨時斷電時，可讓管理人員能有充足的時間執行關機作業，不致中途關機，而影響設備的使用

年限。於行動監測站中，預估不斷電系統需提供 500W 的電力供應，轉換效率為 70%，則蓄電功率為 714VAH，若要不斷電系統能在滿載情況下維持 2 小時，則需 1.4kVA 的蓄電量。考量未來設備增加或電力需求增加，及確保有更多緩衝時間，本計畫不斷電系統電池容量規格為 3kVA，應能增加 45 分至 1 小時的緩衝時間，以進行關機作業。

（五） 硬體規格對於系統效能之影響

監測接收機之硬體規格，對於系統效能之影響，最主要的參數為 IP3、雜訊指數、IF、選擇性及掃瞄速度。其中，IP3 主要是影響系統的線性度及動態範圍。IP3 愈大，系統線性度愈好，動態範圍也較大，接收機對於大功率訊號，比較不易出現飽和現象。而雜訊指數主要是影響系統產生雜訊的能力，並進而影響系統接收靈敏度。雜訊指數愈大，系統產生的雜訊較大，增加系統解調變訊號的困難度，並會降低接收機的靈敏度。另外，IF 之頻寬主要是影響系統解調變寬頻訊號的能力，IF 頻寬愈大，系統可解調愈寬頻的訊號。選擇性主要是影響系統分辨相鄰訊號之能力，選擇性愈小，系統對於頻率間隔小的相鄰訊號，仍可正確的選擇，並加以解調。最後，掃瞄速度主要是影響系統掃瞄訊號的速度，掃瞄速度大，系統可以快速監測訊號，並且可以提高突發性短訊號之監測能力。目前主要供應商提供的設備，掃瞄速度可達 10GHz/s 以上，若監測頻率範圍為 100MHz，則此系統可以監測到 0.01 秒的突發性短訊號。

定向接收機之硬體規格，對於系統效能之影響，最主要的參數為定向精確度、靈敏度及最小訊號時間。其中，定向精確度影響系統對發射源定向之精準度，目前主要供應商提供的設備，定向精確度可以達到 2 度以內，不過，這個數據是在 OATS 環境下所測到的結果。實際上，環境對定向精確度影響相當大，尤其是在多重路徑的環境。定向靈敏度主要是影響系統對弱訊號之定向能力，定向靈敏度高，系統可對較小的訊號進行定向，並

且可達相當之定向精確度。最小訊號時間主要是影響系統對突發性短訊號之定向能力，目前主要供應商提供的設備，最小訊號時間可達 1ms 以下。這代表此系統可針對 1ms 之突發性短訊號，進行正確地測向。

第五節 電波監測系統預算估計

一、 監測系統預算之估計

建置新世代電波監測系統所需之經費，主要可分為硬體、軟體、安裝及汰換、教育訓練(含出廠驗收)、專案管理等相關費用。系統之經費也會受到系統架構、軟硬體規格、站台數量等因素之影響，尤其是站台數量對價格的影響最顯著。

本計畫透過研討會之舉辦，邀請國際監測設備製造商參加，進行實機展示及研討。並且根據各公司提供之設備進行詢價，也參考其他資訊，如行動監測車升級案、頻譜及訊號分析儀等設備之價格，這些都是本研究進行預算估計所參考的資訊。此外，本研究特別針對軟體部份進行成本分析，進一步估算不同系統架構所需之軟體經費。

經向 7 家國際監測設備製造商詢價結果，僅有 3 家回應，因報價資料有關各公司之商業利益，本計畫僅以 A, B, C 代表各公司，其報價資料如表 3-15 所示。

表3-15 電波監測設備之報價

項目名稱	A 公司(萬元)	B 公司(萬元)	C 公司(萬元)
控制中心	400	-	-
監测定向型固定站	1902	1700	1200
第一類監測車	1687	1800	2000
第二類監測車	1711	2200	3200
第三類監測車 (SHF)	1242	850	4000 ^註
可運載式監測台	1494	1500	1000
可攜式監測台	535	-	400
註：含 VHF/UHF/SHF			

新世代電波監測系統中主要硬體及數量如下：

控制中心: 3

監測與測向固定站: 24

監測固定站: 6

第一類監測車: 6

第二類監測車: 3

第三類監測車: 1

可運載式監測台: 4

可攜式監測台: 6

其中，控制中心包含的主要硬體設備如表 3-16 所示，根據廠商報價資料，控制中心價格約為新台幣 400 萬元。

表3-16 控制中心主要設備

設備	說明
控制工作站(3 台)	使用者透過控制工作站，以遠端作業的方式，操作各監測站的電波監測設備，進行電波監測作業。
DHCP 伺服器	用以支援動態 IP 配置。
頻譜監測資料庫	記錄監測站的電波監測資料。
許可發射台資料庫	記錄許可的發射台之相關資料。
乙太網路	網路通訊。
路由器	與 VPN 進行連接。
彩色雷射印表機	結果報表列印輸出。
不斷電系統	確保斷電時能保有 30 分鐘以上的電力供應，以擁有足夠時間進行電腦系統關機，以免遺失資料。
設備機架	固定監測設備。

監測與測向固定站之主要硬體設備如表 3-17 所示，根據廠商報價資料，在基本規格下(不包括選項規格)，價格約為新台幣 1200 萬元。若包含選項規格，約為新台幣 1700 萬元。

表3-17 監測與定向型固定監測站主要設備

設備	說明	選項規格說明
監測、測向天線	監測時需使用之天線，其頻段涵蓋 MF/HF 及 VHF/UHF 等範圍，天線採垂直極化。 測向時需使用之天線，其頻段涵蓋 VHF/UHF 等範圍，天線採垂直極化。	測向天線，採垂直及水平極化
接收機	接收由監測與測向天線量測之訊號，接收機包含測向處理器。最大 IF 頻寬至少為 20 MHz。	最大 IF 頻寬至少為 40 MHz。
控制工作站	使用者透過控制工作站，操作各監測站的電波監測設備，進行電波監測作業。	
量測伺服器主機	該主機安裝量測伺服器軟體及本地端資料庫系統。量測伺服器軟體，提供操作各項設備之服務。	
乙太網路	網路通訊。	
路由器	與 VPN 進行連接。	
不斷電系統	確保斷電時能保有 30 分鐘以上的電力供應，以擁有足夠時間進行電腦系統關機，以免遺失資料。	
設備機架	固定監測設備。	
天線座	天線座及其必要基礎設施	

監測固定站之主要硬體設備和表 3-17 大致相同，但並不包含測向功能，因此並不需要測向天線及測向處理器。由於監測天線主要以偶極型垂直極化天線為主，其架構簡單，而此類固定站之接收機不需要測向，整體價格較低，約可視之為一部頻率至 3GHz 之高階頻譜儀，再加上其他設備，此類固定站之價格預估為 600 萬元。

第一類監測車之主要硬體設備如表 3-18 所示，其預估價格方面，因其功能基本上和監測與測向固定站相同，但監測頻段並不包含 MF/HF，且多增加 1 部休旅車(SUV)等級之車輛。因此，第一類監測車之預估價格，在基本規格下(不包括選項規格)，約為新台幣 1500 萬元。若包含選項規格，約為新台幣 2000 萬元。

表3-18 第一類行動監測站主要設備

設備	說明	選項規格說明
監測、測向天線	監測與測向時需要使用的天線，其頻段應涵蓋 VHF/UHF 等範圍，天線採垂直極化。	測向天線，採垂直及水平極化
接收機	接收由監測與測向天線量測之訊號，接收機包含測向處理器。最大 IF 頻寬至少為 20 MHz。	最大 IF 頻寬至少為 40 MHz。
控制工作站	使用者透過控制工作站，操作各監測站的電波監測設備，進行電波監測作業。	
量測伺服器	該主機安裝量測伺服器軟體及本地端資料庫系統。量測伺服器軟體，提供操作各項設備之服務。	
乙太網路	網路通訊。	
3G 無線路由器	與 3G 無線網路進行連接。	
伸縮桅桿	使天線可置於高處監測，並可伸縮收納。伸縮桅桿離地面至少 6 米。	
GPS 接收機及天線	監測車定位之用。	
安全防護設備	含天線防撞偵測警示設備、倒車影像監視及滅火器。	
可蓄電電池	具有至少 2 小時以上的電力供應，具供應 12V 直流電及 110V 交流電能力。	
汽車發電機	供應 2kW 電力。	
外接電源插座	電力延長線。	
設備機架	固定監測設備。	
衛星導航設備	行車路線導航。	
羅盤	以確認行車方位。	
前駕駛座顯示器	讓前座人員了解監測情況	
車輛	休旅車(SUV)	

第二類監測車之主要硬體設備和表 3-18 大致相同，但在監測方面增加了 MF/HF 頻段，且車輛改為較大之廂型車(VAN)，伸縮桅桿離地面至少 10 米。其預估價格方面，因廂型車及伸縮桅桿之主要差異，預估約增加

300 萬元。因此，第二類監測車之預估價格，在基本規格下(不包括選項規格)，約為新台幣 1800 萬元。若包含選項規格，約為新台幣 2300 萬元。

第三類監測車之主要硬體設備如表 3-19 所示，其預估價格方面，和第二類型監測車比較，主要是天線要採用碟形天線，因頻率範圍較大，可能需要 2 個以上碟形天線，此外，接收機頻率也較高(SHF)。因此，預估之價格約比第二類型高出 200 萬元，總價為 2000 萬元。

表3-19 第三類行動監測站主要設備

設備	說明
監測、測向天線	監測與測向時需要使用的天線，為具指向性、可旋轉之方向性天線，其頻段應涵蓋 SHF 頻段。
接收機	接收由監測與測向天線量測之訊號。最大 IF 頻寬至少為 40 MHz。
控制工作站	使用者透過控制工作站，操作各監測站的電波監測設備，進行電波監測作業。
量測伺服器	該主機安裝量測伺服器軟體及本地端資料庫系統。量測伺服器軟體，提供操作各項設備之服務。
乙太網路	網路通訊。
3G 無線路由器	與 3G 無線網路進行連接。
天線儀態控制器	可調整天線仰角，並可收納天線。
GPS 接收機及天線	監測車定位之用。
安全防護設備	含天線防撞偵測警示設備、倒車影像監視及滅火器。
可蓄電電池	具有至少 3 小時以上的電力供應，具供應 12V 直流電及 110V 交流電能力。
汽車發電機	供應 2kW 電力。
外接電源插座	電力延長線。
設備機架	固定監測設備。
衛星導航設備	行車路線導航。
羅盤	以確認行車方位。
前駕駛座顯示器	讓前座人員了解監測情況
車輛	廂型車(van)

可運載式監測台主要硬體設備如表 3-20 所示，其預估價格方面，此類監測台和監測與測向固定站相當類似，但架構較為簡單。可運載式監測台價格應略低於監測與測向固定站，預估較便宜 200 萬元。因此，可運載式監測台之預估價格，在基本規格下(不包括選項規格)，約為新台幣 1000 萬元。若包含選項規格，約為新台幣 1500 萬元。

表3-20 可運載式監測台主要設備

設備	說明	選項規格說明
監測、測向天線	監測與測向時需要使用的天線，其頻段應涵蓋 VHF/UHF 等範圍，天線採垂直極化。	測向天線，採垂直及水平極化
接收機	接收由監測與測向天線量測之訊號，接收機包含測向處理器。最大 IF 頻寬至少為 20 MHz。	最大 IF 頻寬至少為 40 MHz。
控制工作站	使用者透過控制工作站操作各監測站的電波監測設備，進行電波監測作業。	
量測伺服器	該主機安裝量測伺服器軟體及本地端資料庫系統。量測伺服器軟體，提供操作各項設備之服務。	
乙太網路	網路通訊。	
3G 無線路由器	與 3G 無線網路進行連接。	
GPS 接收機及天線	監測站定位之用。	
設備機架	固定監測設備。	
羅盤	確認方位。	
天線活動腳架	方便設備移動與收納。	

可攜式監測台主要硬體設備如表 3-21 所示，其預估價格方面，參考 NCC 近年採購相關產品及手持式頻譜儀之價格後，預估為 100 萬元。

表3-21 可攜式監測台主要設備

設備	說明
手持測向天線	監測與測向時需要使用具指向性之天線，其頻段應涵蓋 300kHz 至 6 GHz 之範圍。
接收機	接收由監測與測向天線量測之電波。接收機需具有較佳線性度，及較高之動態範圍。
羅盤	確認方位。
電子地圖	顯示定向線於電子地圖
GPS	作為 Homing 之用。

綜合上述分析，電波監測系統主要硬體價格整理如表 3-22 所示。

表3-22 電波監測系統主要硬體價格

項目名稱	單價(基本規格)	單價(選配規格)
控制中心	400	-
監測定向固定站	1200	1700
監測型固定站	600	-
第一類監測車	1500	2000
第二類監測車	1800	2300
第三類監測車	2000	-
可運載式監測台	1000	1500
可攜式監測台	100	-
註：價格之單位為萬元新台幣		

關於軟體之費用，因考慮系統之擴充性及開放性，本研究建議軟體之基本架構應為三層式架構，選配規格為 web-based 架構。此部份之價格，因各廠商無法提供，故本研究以軟體開發之相關理論，預估軟體之成本，詳細分析如本節第二部分所述。預估之軟體費用如表 3-23 所示，基本之三層式架構約為 6800 萬元，選配規格之 web-based 架構約為 7300 萬元，這些價格代表 NCC 取得軟體所有權及智慧財產權之價格。

表3-23 電波監測系統主要軟體價格

項目名稱	基本規格單價 (三層式架構)	選配規格單價 (web-based 架構)
軟體系統	6774	7305
註：價格之單位為萬元新台幣		

考量軟、硬體設備及各類型站台數量後，新世代監測系統所需總經費之預估價格如表 3-24 所示，重要結果如下：

1. 若軟、硬體皆採用基本規格，系統之價格為 7 億 400 萬元
2. 若軟、硬體皆採用選配規格，系統之價格為 8 億 9400 萬元
3. 若硬體採用選配規格、軟體採用基本規格，系統之價格為 8 億 8900 萬元
4. 若硬體採用基本規格、軟體採用選配規格，系統之價格為 7 億 900 萬元

表3-24新世代監測系統預估價格

項次	項目名稱	單價 (基本規格)	單價 (選配規格)	數量	總價 (基本規格)	總價 (選配規格)
1	控制中心	400	-	3	1200	-
2	監測定向固定站	1200	1700	24	28800	40800
3	監測型固定站	600	-	6	3600	-
4	第一類監測車	1500	2000	6	9000	12000
5	第二類監測車	1800	2300	3	5400	6900
6	第三類監測車	2000	-	1	2000	-
7	可運載式監測台	1000	1500	4	4000	6000
8	可攜式監測台	100	-	6	600	-
9	軟體 基本規格:三層式 選配規格:web-based	6800	7300	1	6800	7300
10	安裝與汰換	6000	-	1	6000	-
11	教育訓練及出廠 驗測	1500	-	1	1500	-
12	專案管理	1500	-	1	1500	-
合計	軟硬體皆為基本規格:				70400	
	軟硬體皆為選配規格:				89400	
	硬體為選配規格、軟體為基本規格:				88900	
	硬體為基本規格、軟體為選配規格:				70900	
註: 價格之單位為萬元新台幣						

二、 軟體系統成本預估

電波監測軟體系統的成本預估，乃依據規格說明書中的軟體系統需求說明，區分為軟體基本功能、軟體特殊情境、及軟體系統工程三部份，進

行工作量人月數需求估算後，再根據資訊委外服務人力薪資水準計算完整的軟體系統成本。

本次成本估算工作，未考慮相關商業條件、及各種市場競爭機制。對於軟體基本功能、及軟體特殊情境，本計畫採用軟體工程實務界與學術界常用的 COCOMO II 模型[43]，及 IBM 公司 Allan Albrecht 先生於 1979 年提出的功能點分析法(Function Point Analysis; FPA)[44]，進行它們的成本預估程序。

按照 FPA 法實務操作的步驟，首先針對軟體系統的基本功能需求，進行 FPA 模型的五項功能元素的數量分析，與各功能元素的複雜度評估；這五項功能元素包括：

1. 內部邏輯檔案(Internal Logical File; ILF)

存在系統中的一組商業邏輯，且可以被使用者透過外部輸入，維護及使用的一組資料。

2. 外部介面檔案(External Interface File; EIF)

存在系統邊界之外，由外部系統維護的一組資料，可以提供給使用者、或內部系統引用。

3. 外部輸入(External Input; EI)

一組程式執行的流程，將外部資料輸入至系統中，用於維護一個或者多個 ILF。

4. 外部輸出(External Output; EO)

一組程式執行的流程，參考 ILF 或 EIF 之資料，計算產生出新的資料或者報表，供使用者或其他元件使用。

5. 外部查詢(External Query; EQ)

一組程式執行的流程，將資料由一組或多組 ILF、或 EIF 擷取出來，在無更新資料的情況下，供使用者或其他元件使用。

各需求的功能元素數量與複雜度評估結果，分類成 Low, Average, 及 High 等 3 種複雜度等級，輸出於表 3-25 的第 3 欄中。各功能元素的功能點數量，則按照 FPA 法所建議的不同複雜度加乘權重，並與對應的數量相乘後加總得到。基本功能需求的總功能點數，可以將表 3-25 的最後一欄各功能元素的點數，直接加總而得。

表3-25 基本功能需求功能點數

需求名稱		功能要素	複雜度			功能點數
			Low	Average	High	
基本功能需求	許可發射台資料庫需求	ILF	3	1	0	31
	頻譜監測資料庫需求	ILF	2	10	0	124
	頻譜管理資料庫需求	EIF	3	1	0	31
	系統設備管理需求	EI	0	0	0	0
		EO	0	0	0	0
		EQ	2	2	0	14
	使用者驗證需求	EI	2	0	0	8
		EO	0	0	0	0
		EQ	2	0	0	6
	地理資訊工具需求	ILF	1	0	0	7
		EI	1	0	0	4
		EO	1	2	0	11
		EQ	1	0	0	3
	電波監測工具需求	EI	13	0	0	52
		EO	1	2	0	11
		EQ	11	9	1	64
	報告產生工具需求	EI	1	0	0	4
		EO	1	0	0	4
		EQ	0	1	0	4
總功能點數						378

根據規格說明書中的軟體系統需求說明，依 FPA 法估算，獲得基本功能需求應有 378 個功能點數的工作量大小，同樣的方法，針對特殊情境需求，分析的結果輸出於表 3-26，可獲得 111 個功能點數的估算結果。

表 3-26 特殊情境需求功能點數

	需求名稱	功能要素	複雜度			功能點數
			Low	Average	High	
特殊情境需求	電子舞弊偵測任務需求	EI	1	0	0	4
		EO	1	0	0	3
		EQ	2	0	0	6
	歸向測向與定位任務需求	EI	1	0	0	4
		EO	0	0	0	0
		EQ	1	0	0	3
	第三類行動監測站需求	ILF	0	3	0	30
		EI	3	0	0	12
		EO	0	0	0	0
		EQ	3	1	0	14
	可攜式監測台需求	ILF	0	2	0	20
		EI	2	0	0	8
		EO	0	0	0	0
		EQ	2	0	0	7
總功能點數						111

接著，依據估算的功能點數，按照 COCOMO II 的預估步驟，估計軟體需求工作量人月數。在進行 COCOMO II 的估算時，必須先決定軟體工作量調整因素的參數值，其結果如表 3-27 所示。

表3-27 軟體工作量調整因素設定

軟體工作量調整因素		程度
軟體產品類	可靠度需求	5
	資料庫大小	5
	開發文件可用性	3
	軟體複雜度	4
	重用性考量需求	4
平台類	運作時間限制	5
	資料儲存限制	3
	平台變易性	2
專案類	可用工具	4
	開發時程符合性	3
	可同地點開發	4
* 1: Very low; 2: Low; 3: Nominal; 4: High; 5: Very high; 6: Extra high		

最後使用美國南加大系統與軟體工程中心的 COCOMO II 的工具程式，依據所估算的功能點數，與軟體工作量調整因素設定，估算得軟體基本功

能人力需求 397.2 (人月)，及軟體特殊情境人力需求 103.2 (人月)，如表 3-28 所示。

表3-28軟體工作量預估

軟體基本功能人力需求 (人月)	397.2
軟體特殊情境人力需求 (人月)	103.2

軟體系統工程成本預估部份，針對本計畫所研究的三種軟體架構，區分成主從式(Client/Server)、三層式(Three-Tier)、及 Web-based 三部份進行評估。本計畫採用美國南加大 R. Valerdi 所開發的 COSYSMO[45]，專門用於系統工程工作量的估算。該模型的估算基本元素包括，系統需求數量、系統介面數量、演算法數量、及操作情境數量等四個項目。評估數量同時，必須決定每一元素的困難度，分為簡易、中等及困難等三個等級。根據規格說明書中的系統需求說明，評估其對應於 COSYSMO 估算基本元素的數量與困難度，並列於表 3-29 中。

表3-29 系統工程基本元素估算數量

需求因素	主從式			三層式			Web-based		
	簡易	中等	困難	簡易	中等	困難	簡易	中等	困難
系統需求數量	6	7	5	6	7	7	6	7	7
系統介面數量	1	0	0	0	0	2	0	1	2
演算法數量	3	2	1	3	2	1	3	2	1
操作情境數量	3	4	5	3	4	5	3	4	5

類似於 COCOMO II 模型，在估算工作量前，仍須決定系統工程有關的調整因素之參數值。表 3-30 是依據規格說明書中的系統需求說明，所決定的數值。

表3-30 系統工程工作量調整因素評估

調整因素	主從式	三層式	Web-based
性能需求困難度	2	4	4
技術風險	2	2	3
架構階層	2	3	3
開發文件可用性	2	3	3
環境數量與多樣性	6	6	6
系統轉移複雜度	3	4	4
系統工程支援工具	4	3	3

* 1: Very low; 2: Low; 3: Nominal; 4: High; 5: Very high; 6: Extra high

表 3-31 是使用美國南加大系統與軟體工程中心的 COSYSMO 工具程式，將表 3-29、表 3-30 的數值進行估算，獲得主從式、三層式及 Web-based 三種架構下，系統工程工作量的需求預估。

表3-31 系統工程工作量預估

	主從式	三層式	Web-based
系統工程人力需求 (人月)	98.2	283.8	341.1

最後依據中華民國軟體協會，所公佈最新「資訊委外服務人員計價參考要點」中的程式設計人員及系統分析人員薪資水準，扣除管理費用後，分別為新台幣 82,810 元與新台幣 92,669 元，為開發人員之月薪，可獲得如表 3-32 所示三種架構的軟體系統成本預估。

表 3-32 軟體系統成本預估

	基本功能		特殊情境		系統工程		合計
	人月	單價	人月	單價	人月	單價	
主從式	397.2	82810	103.2	82810	98.2	92669	50,538,220.
三層式	397.2	82810	103.2	82810	283.8	92669	67,737,586.
Web-based	397.2	82810	103.2	82810	341.1	92669	73,047,520.

第六節 新世代監測系統之人力需求

維運新世代監測系統之人力，要考量系統自動化程度及任務的特性。基本上，現行的監測系統，其自動化的程度已經相當高，所有的固定站都可以用遙控的方式進行操作和管理。新世代監測系統自動化的程度和現行系統並無明顯差異，但其增加了行動監測車、可運載式、可攜式之設備。在任務特性上，加入了數位訊號分析之功能。為了因應下一次廣播電台執照之釋出，及新的無線通訊服務之開放，可知未來電波監測的任務會更加複雜且繁重，NCC 在建置新世代電波監測系統時，應增加人力支援，才能讓新世代監測系統發揮其應有的功能。

第四章 新世代電波監測系統招標規範之研析

第一節 採購法規之研析

一、 政府採購法（GPL）概述

為建立一個公開化、透明化、制度化的完善採購流程標準環境，以杜絕工程弊端，遏止圍標、綁標等投機採購樣態，自民國 88 年 5 月 27 日起開始施行 GPL，以作為政府機關、公立學校及相關公營事業機構所有採購行為的最高指導原則與依據，其用意是為建立國家之採購制度，依標準採購的程序，提昇採購效率與功能，確保採購品質。GPL 實施到現在，主導了整個政府相關採購事項，解決諸多盲點，影響極為深遠。同時，為了與國際接軌，建立一套符合政府機關的國際採購規定，政府以 GPL 為基礎，與世界貿易組織(WTO)簽署 GPA，這個協定開啟我國政府機關參與國際採購的法源依據。GPL 與 GPA 的訂定正式宣告台灣的採購法規走向制度化與國際化。GPL 計有 114 條，其立法的主要意旨列述如下[31]：

1. 指定主管機關統一執行採購法令
2. 建立採購之基本法
3. 加入世界貿易組織，邁向國際化
4. 建立公開、透明、公平及競爭之政府採購作業制度，以減少弊端
5. 提升採購效率，配合政府施政及經濟發展需要

二、 政府採購協定（GPA）概述

「政府採購協定」於 1993 年關稅暨貿易總協定（簡稱 GATT）烏拉圭談判後定讞，此協定為一種非強制性之協定，各會員國可以依照自己國家或地區的意願選擇加入與否，一旦加入後，簽署 GPA 會員國相互間市場開放可經談判後議定，其範圍涵蓋中央機關、中央以下次一級地方機關、事業機構所辦理之工程、財物及勞務採購。我國在 98 年 7 月 15 日正式成為 GPA 會員國，目前 WTO 組織裡簽署 GPA 的會員國有 42 個[32]。

GPA 計有 24 條條文，其規範基本上仍須遵循「政府採購法」法規下運作。以下針對與本計畫案相關法條條列說明，法條皆引述自「政府採購協定」[33][46]：

1. 適用對象及範圍

“本協定適用於各簽署國承諾開放之中央機關、中央以下次一級機關（Sub-central Government Entity）、其他機關（Other Entity）所辦理之工程、產品及服務採購案，但以此等案件之預估契約值達到各簽署國所承諾開放之門檻金額以上者為限。以租賃、租購方式辦理者，亦包括在內。這些機關辦理此等案件所適用之任何採購法律、規章、程序及實務，不得違反本協定之規定。如果這些機關限定某些不適用本協定之事業機構，必須依照一定規定辦理採購，則此等採購仍應符合國民待遇與不歧視原則。

中央以下次一級機關，一般國家係以中央以下之次級政府機關為主。其他機關，一般係以政府能控制或影響之事業機關為主，譬如港口、機場、水、電、鐵道、都市交通等公用事業，但仍以談判議定者為準。”

本計畫案前，NCC 雖未被名列需採用 GPA 協定之機關，但經本計畫與公共工程委員會專家訪談後，認定 NCC 屬於政府機關，應適用 GPA 協定，將列入機關名單中。

2. 適用案件、門檻金額、案件金額之計算

”適用案件，分為工程、產品及服務三類。各簽署國對於工程案件之適用範圍，一致依據聯合國中央貨品分類第 51 章所標示之土木、建築工事為準；對於產品案件之適用範圍，則是除了國防機關及少數警察機關有特別列出適用或不適用本協定之產品項目外，其他適用機關未以正面表列方式標示開放產品項目清單；對於服務案件之適用範圍，則是

由各國分別列明開放之服務項目，譬如顧問諮詢服務、建築設計服務、廣告服務等。

門檻金額，依各國相互談判議定者為準。就一般簽署國而言，中央機關之產品與服務案件，為 13 萬特別提款權（約合新台幣 545 萬元）；地方機關之產品與服務案件，為 20 萬特別提款權（約合新台幣 839 萬元）；其他機關之產品與服務案件，為 40 萬特別提款權（約合新台幣 1,679 萬元）；各機關之工程案件，為 500 百萬特別提款權（約合新台幣 2 億 990 萬元）。各國談判時，雖共同以國際貨幣基金制定之帳面幣值單位"特別提款權"為基準，但在國內實際執行時，均會換算為各自之本國貨幣，並通知世界貿易組織政府採購委員會。換算後以本國貨幣表示之門檻金額，各國同意每兩年檢討調整一次。

案件金額，以開始招標時預估未來契約值達到所承諾開放之門檻金額以上者為限。估算契約值時，應包括必須支付予廠商之各種費用，且不得利用取巧之估算方式，譬如將一項採購需求分割為數案後以個案金額計算，藉以規避本協定之適用。招標文件如列有選購條件，應以最大可能之採購總值作為估算值。若將一項需求分次或分案辦理，應以一年為期推算此等契約之總值，並以之作為衡量是否達到門檻金額之依據。如屬租賃、租購案件，租期超過 12 個月者應另計殘值，未明訂租期者應以每月租金之 48 倍計算。”

本計畫案為建置新世代電波監測系統，應屬財務(產品)案件，且推估招標金額將超過工程案件門檻金額，應為適用政府採購協定案件。

3. 原產地之認定標準

“各簽署國對於一項產品或服務，是否產自其他簽署國，其認定標準，應與其國內對於一般貿易行為所適用之認定標準相同。本協定未來

將依據世界貿易組織之原產地協定及服務業貿易之諮商結果，對上述政府採購產品與服務之原產地認定原則，作必要之調整。”

本計畫案為電波射頻設備相關案件，應特別考慮是否同意採購中國製造之元件設備。

4. 鼓勵非簽署國採取透明化措施

“簽署國政府得鼓勵其採購機關，在一定條件下，接受來自非簽署國廠商之投標，以便促成此等國家之政府採購亦能實施透明化之措施，但簽署國之採購機關予此等廠商之待遇，仍得有別於本協定之規定。所稱一定條件，包括非簽署國必須在訂定招標技術規範及發布邀標公告方面，採取與本協定一致之措施。”

本計畫案可能有非 GPA 簽屬國之國家欲參與投標之情形，故仍需深入了解該國廠商，以決定是否使用正向表列之方式鼓勵其參與投標。

三、 GPL與GPA比較

我國 GPL 已將 WTO GPA 之主要規定納入，兩者關係如圖 4-1 所示 [32][33]。GPL 與 GPA 之最主要差異為下列兩點：

1. 適用於 GPA 之採購案等標期較政府採購法等標期長，以公開招標等標期為 40 天，如經預告 40 天，等標期可縮短為 24 天。（政府採購法如屬巨額採購等標期為 28 天）。
2. 適用 GPA 之案件應另刊登英文招標摘要公告（含招標機關名稱地址、招標標的、領投標期限）。

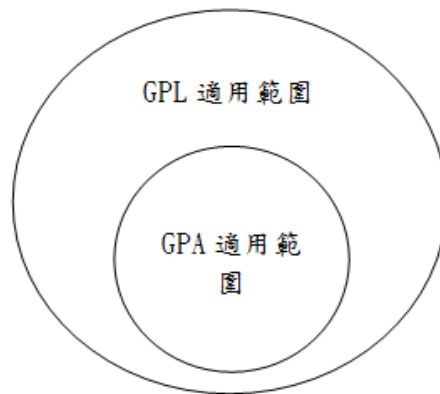


圖4-1 GPL與GPA關係圖

第二節 招標方式

就 GPA 而言，招標方式分為公開招標、選擇性招標及限制性招標三種，茲引述政府採購法及政府採購協定說明如下[31][32]：

1. 公開招標，係指經公告程序，邀請有興趣之廠商投標。
2. 選擇性招標，係指經公告程序，邀請廠商提供資格文件，以便對個案先辦理資格審察，通過資格審查之廠商方可參加後續規格、價格之競標。
3. 限制性招標，係指不經預先刊登公告程序，逕行邀請一家或二家以上廠商投標，但以符合本協定第 15 條所列 10 項條件之一者為限。

這 10 項條件整理列述如下[35]：

- (1) 以公開招標或選擇性招標方式辦理後無廠商投標、無合格標、或有圍標情事
- (2) 供應源只有一個別無選擇
- (3) 基於無法預見之緊急情況
- (4) 向原供應商採購替換用零配件
- (5) 因擴充既有規模需顧及互通性之需要
- (6) 屬研究發展性質之試驗品、試驗性服務
- (7) 因追加工程，必須洽原立約商辦理，但未逾原合約金額 50% 者

- (8) 與原案類似之後續工程發包，在第一次之招標文件已有標示者
- (9) 將合約決標給設計比賽中之優勝者
- (10) 在稍縱即逝之極為有利之條件下採購

本計畫未來所採購之電波監測系統屬“小眾市場”之物品財務採購，為邀請世界各國之相關廠商參與，基於公開原則及擴大競爭的機會，建議採取公開招標為宜。

一、 邀標公告與公開決標資訊

辦理 GPA 採購案時應注意資訊的公開傳達，其招標及決標等相關資訊宜依據 GPA[32]法條及其相關說明文件[46]辦理，“以公開招標或選擇性招標方式辦理之案件，其在辦理之初，均應於簽署國所指定之刊物，刊登邀請投標或邀請提送資格文件之公告。該公告應有一定之內容，並註明該案適用本協定。公告所用語文如非英、法、西語之一，應以其一加刊摘要公告。

決標結果應於決標後立即通知各投標廠商。若廠商要求以書面通知，則以書面通知。不論原招標方式為公開招標、選擇性招標或限制性招標，決標結果都應於決標後 72 日內，在簽署國指定之刊物公告。公告內容應含一定內容，包括決標標的、決標機關名址、決標日期、得標廠商名址、決標金額、招標公告索引、採用限制性招標之理由、原招標方式等。遇有保護公共利益、合法商業利益，或為避免侵害公平競爭時，得不公開全部決標資訊。”

二、 招標文件

根據政府採購協定第十二條[32]，”招標文件應包括主辦機關地址、投標語文、截止接受投標之期限、報價有效期限、開標時間地點、有權出席開標人員、招標條款及技術規範、決標之評比條件等內容。採購機關所允許之投標語文如有兩種以上時，其中一種必須為英、法或西語。

訂定招標技術規範時，不能以獨特之技術規範妨礙國際貿易。在可行情況下，所開列之技術規範應以產品之性能為準，而非描述性之特徵，並採用國際或國家標準。招標條件若標示特定之商標、商名、專利、設計、型號、產地、廠商，應允許同等者參與競標。對於可能與採購案有利害關係之廠商，採購機關不應接受其所提供之有礙競爭之意見。”

三、 廠商資格條件

顧及世界貿易組織之公開平等互惠的原則，對於廠家之資格不應有特殊及差別待遇，宜依照 GPA 相關規範條文[46]審慎進行，“資格審查之過程，不得對屬於不同國別之其他簽署國廠商，或對本國與其他簽署國廠商，採用差別審查標準。招標時所訂定之廠商資格條件，限與確定廠商履約能力有關者，且不應僅以廠商在招標機關國家境內所具備之能力，作為唯一考量之基礎。各機關所採行之資格審查程序應一致。”

四、 投標與履約之期限

GPA 招標方式係屬國際性招標，因此相關準備事項期間較長，依據[32][46]，“公告邀標之後，應適度給予廠商準備投標文件的時間，且不得低於 GPA 所訂定之等標期下限。不同之程序及狀況下，有不同之等標期下限。一般狀況下，公開招標之等標期至少須有 40 天。符合一定條件者，可縮短等標期。至於履約期限，則在滿足採購機關本身合理需求之前提下，考量廠商履約所需要之生產、供應及運送時間後決定。”

五、 投標、收標、開標、決標

依照 GPA，”投標以郵寄或專人遞送為原則，如允許以電報或傳真方式投標，應含審標所需資料，並另外以信函或經過簽名之電報、傳真文件，予以確認。投標期限截止後才收到之投標文件，如其延遲係因採購機關本身之失誤，或在其他明訂之特殊狀況下，亦得予以接受。接受投標文件及開標之程序與條件，應能確保開標之規則性，且符合國民待遇與不歧視原

則。決標對象應依招標文件所標示之方法評選，可為合格最低標或最有利標。”

六、 協商

於採購過程中，難免會發生相關難以解決事項，根據 GPA 彙編，”採購機關得於已事先公告，或在無法決定最有利標之情況下，採取與廠商協商之措施，洽廠商更改投標內容，或由採購機關更改原訂評選條件及技術規定後，書面通知所有符合協商條件之廠商，據以重新投遞或更改原報內容。結束協商程序後，應給予所有符合協商條件之廠商，在一定期限內提報最終報價文件之機會。採取協商措施時，應對各廠商之投標文件保密。”更詳細的相關協商機制規範，可參閱 GPL、WTO 政府採購協定簡介、GPA 彙編[31]。

第三節 決標方式

一、 決標機制方法整理分析

本章節將以 GPA 及 GPL 為基礎，分析探討各種決標方式，並將其制度施行上之優缺點比較，提出一種適合的方式，以作為 NCC 之「新世代電波監測系統」採購之決標機制與方法。一般標案之決標方式可分為最低標及最有利標兩種。

1. 最低標

招標機關採購之標的物明確，財物採購之功能、性能或效益等相關規格或規範明確者，均屬同質採購，應以最低標決標。其決標方式較簡單且易於節省預算，根據政府採購法第 52 條之規定，“訂有底價之採購，以合於招標文件規定，且在底價以內之最低標”或“未訂底價之採購，以合於招標文件規定，標價合理，且在預算數額以內之最低標”為得標廠商。

2. 最有利標

所謂最有利標係指經過評審委員綜合評審投標廠商之專業、技術、品質、功能、商業條件、特性等項目後，以得分最高或評比排序在前之廠商為得標廠商之決標方式。機關採用最有利標決標方式時，應依政府採購法第 52 條第 2 項規定，其前提必須是異質性之工程財物勞務採購，而且不宜以最低價決標之方式辦理者。所謂異質採購是指同一招標文件所規定之需求規格或條件，不同的得標廠商將會提供不同之品質或內容之給付，作為認定之標準。一般而言，若廠商所提供的產品都一樣，採最低價決標方式將會最有利於招標機關，但是異質產品，因為尚須考量廠商之專業、技術、品質、功能、商業條件、特性等，無法以採購價格作為唯一決定因素，因此採最有利標之方式決標。若評選結果無法依機關首長或評選委員會過半數之決定時，依照政府採購法第五十六條之規定：“評選結果無法依機關首長或評選委員會過半數之決定，評定最有利標時，得採取協商措施，再作綜合評選，評定最有利標。評定應附理由。綜合評選不得逾三次。評定最有利標時，得採取協商措施，再作綜合評選，評定最有利標。評定應附理由。綜合評選不得逾三次。”

表 4-1 是最低標與標最有利標兩種決標方式之優缺點比較。最有利標具有綜合評選採購標的物的特性及功能的好處，但最有利標必需依公共工程委員會之「機關異質採購最有利標作業須知」[47]之行政作業程序，使得採購單位於實際執行上產生保留的態度。而最低標具有簡易容易執行，目前較獲採購單位青睞。「機關異質採購最有利標作業須知」計有九項要點：

- (1) 行政院公共工程委員會（以下簡稱本會）為確保各機關依公平、公正原則執行政府採購法（以下簡稱本法）所定最有利標之評選規定，特訂定本作業須知。
- (2) 機關規劃辦理最有利標，應先逐案檢討確有不宜採最低標而宜採最有利標決標之具體事實及理由，簽報機關首長核定，且報經上級機關核准後，方得辦理。
- (3) 已訂有明確規格或訂定規格並無困難之採購，或不熟悉最有利標作業規定之機關，均不宜採最有利標決標。
- (4) 機關辦理最有利標，應確定擬決標標的價格合理，無浪費公帑情形後，方得決定最有利標。
- (5) 為執行前項規定，機關應妥善利用本法第五十六條規定之協商程序。
- (6) 機關為辦理最有利標而成立之工作小組，其成員至少須有一位取得採購專業人員基礎或進階資格者。
- (7) 採購評選委員會(以下簡稱本委員會)辦理廠商評選，應就各評選項目、受評廠商資料及工作小組初審意見，逐項討論後為之。評選結果應簽報首長核定。
- (8) 本委員會或個別委員評選結果與工作小組初審意見有異，或不同評選委員之評選結果有明顯差異者，應提交本委員會召集人處理，並列入會議紀錄。
- (9) 機關對於本委員會違反本法之決議，不得接受；發現評選作業有足以影響採購公正之違法或不當行為者，應依本法第四十八條第一項第二款規定不予開標決標。其涉及違法失職行為者，應依相關規定懲處。

(10)機關對於最有利標之得標廠商，應督促其切實履行契約，不得任意變更。各採購稽核小組及工程施工查核小組，對於採最有利標決標之採購，應加強稽核、查核。

依照上述之需知第二要點，未來在辦理本計畫採購案時，若欲採用最有利標方式決標時，NCC 應備妥採最有利標決標之具體事實及理由，簽報機關首長核定，且報經上級機關核准後，才可辦理。

表4-1 最低標決標及最有利標決標之優缺點比較[34]

決標制度	決標特性	優點	缺點
最低標	最低價格取勝	● 程序簡單容易。 ● 公平、自由競爭。 ● 節省預算。	● 易形成低價搶標。 ● 易造成採購品質低落。 ● 容易產生糾紛。 ● 規格訂定需要仔細嚴謹。
最有利標	評選最有利之廠商	● 有法源依據 ● 綜合評選，較能全面性評估得標廠商之專業、技術、品質、功能、商業條件、特性等。	● 須報請上級機關核准，程序繁複。 ● 資格審查及評選標準不易訂定，容易引發爭議。 ● 容易造成評審人員之主觀判定。

最有利決標評選方法

依據行政院公共工程委員會之最有利標評選辦法[36]，全面性考慮廠商的總評分、序位及價格等條件，綜合整體表現最優良(評選之項目可參考表4-2)或最符合機關需求，也就是讓機關首長或評選委員超過半數決定為最優良者，才是得標者。評定最有利標之方式計有總評分法、評分單價法、序位法及其他經主管機關認定之方式。茲將總評分法、評分單價法、序位法等種評定方式分析如下：

1. 總評分法

總評分法評定最有利標有三種方式(詳細請參閱「最有利標評選辦法」第 12 條)：

- (1) 價格納入評分:以總評分最高且經評選委員會出席委員過半數決定者為最有利標。
- (2) 價格不納入評分：綜合考量廠商之總評分及價格，以整體表現經評選委員會出席委員過半數決定最優者為最有利標。
- (3) 固定價格給付：依招標文件載明之固定價格給付，且經機關首長或評選委員會過半數之決定者為最有利標。

2. 評分單價法

依據「最有利標評選辦法」第 13 條，採評分單價法價格不納入評分，以價格除以總評分，所得之商數為最低者為最有利標。

表4-2 最有利標之參考評選項目
(整理自「最有利標評選辦法」第5條)

評選項目	評選項目子項
技術	如技術規格性能、專業或技術人力、專業能力、如期履約能力、技術可行性、設備資源、訓練能力、維修能力、施工方法、經濟性、標準化、輕薄短小程度、環境保護程度、考量弱勢使用者之需要、計畫之完整性或對本採購之瞭解程度等。
品質	如品質管制能力、檢驗測試方法、偵錯率、操作容易度、維修容易度、精密度、安全性、穩定性、可靠度、美觀、使用舒適度、故障率或使用壽命等。
功能	如產能、多樣性、擴充性、相容性、前瞻性或特殊效能等。
管理	如組織架構、人員素質及組成、工作介面處理、期程管理、履約所需採購作業管理、工地管理、安全維護、會計制度、

	財務狀況、財務管理、計畫管理能力或分包計畫等。
商業條款	如履約期限、付款條件、維修服務時間、售後服務、保固期或文件備置等。
過去履約績效	如履約紀錄、經驗、實績、法令之遵守、如期履約效率、履約成本控制紀錄、勞雇關係或人為災害事故等情形。
價格	如總標價及其組成之正確性、完整性、合理性、超預算或超底價情形、履約成本控制方式、後續使用或營運成本、維修成本、殘值、報廢處理費用或成本效益等。
財務計畫	如本法第九十九條開放廠商投資興建、營運案件之營運收支預估、資金籌措計畫、分年現金流量或投資效益分析等。
其他	其他與採購之功能或效益相關之事項。

3. 序位法

依據「最有利標評選辦法」第 15 條[36]，評定最有利標者，可分下列三種方式之一辦理，並載明於招標文件。

- (1) 價格納入評比，以序位第一，且經機關首長或評選委員會過半數之決定者為最有利標。
- (2) 價格不納入評比，綜合考量廠商之評比及價格，以整體表現經機關首長或評選委員會過半數決定序位第一者為最有利標。
- (3) 依招標文件載明之固定價格給付，以序位第一，且經機關首長或評選委員會過半數之決定者為最有利標。

評選委員辦理序位評比，應就各評選項目分別評分後予以加總，並依加總分數高低轉換為序位。評選委員各評選項目之分項評分加總轉換為序位後，應彙整合計各廠商之序位，以合計值最低者為序位第一。

綜合上述分析，謹將評定最有利標之三種方式比較如表 4-3。

表4-3 最有利決標評選方法比較

總評分法	評分單價法	序位法
給分級距不同，若某單一評審最高或最低分影響結果甚鉅。因此，容易受少數評審操縱，單一評審刻意對特定廠商高分使評分結果差異性大。	因為以總報價除以總分作為決標的依據，當各廠商分數差距不大時，有可能造成評分最低的廠商所報的價格，比得分最高廠商的報價低，但是得標的廠商可能變成分數最差的廠商，而分數較高、品質較佳的廠商，因為無法將價格壓低，使得分較差的廠商仍可採取低價的方式來搶標。因此，評分單價法似乎無法遏止低價搶標的歪風。	廠商間差異無法表現分數接近的項目，在序位法中將導致差異擴大，影響整體平衡。人為操縱級距差異明顯，容易造成少數評審影響結果的情形。

第四節 新世代電波監測系統適用最有利標理由分析

綜合上述分析與本團隊國外考察及研究分析，本次採購案之新世代電波監測系統，不同廠商所供應之標的設備及功能將有所差異，因此本研究團隊建議招標文件中提列相關差異性較大之重要項目（參考表 4-4），以進行最有利標的評選項目，茲詳細說明如下：

1. 硬體技術規格

根據 ITU 頻譜監測手冊 3.3.5 節建議之基本規格需求，並考量由於各國國情不盡相同，各廠商所發展的技術與規格亦不盡相同。譬如，處於戰地的國家監測系統注重精確性及演算法之開發，系統較適用於惡劣環境；先進國家則較重視售後服務及人機介面之親合力。近年來，我國在政府開放電信自由化政策下，通訊業蓬勃發展，技術層次不斷

的推陳出新（如 3G，DVB，WiMAX，LTE 等），為因應日益複雜的通訊環境，特別需要藉由最有利標方式，由專家學者評選出一套可靠度較高等級的電波監測系統，以維護電波秩序。

2. 介面整合與相容性以及系統文件交付

顧及無線通訊技術（如調變技術及干擾源定位技術）日新月異，各廠商所提供之系統規格亦相當多元化。為因應將來 NCC 對異質系統之介面整合能力，及同質系統的擴充能力，需藉由最有利標的評選方式，進行了解投標商所提供系統之開放性程度，以符合 NCC 將來之需求。

3. 維護及系統擴充計畫內容

為防範得標廠商低價競標，再以高價要脅後續系統維護合約金，造成採購品質不佳的情形，需以最有利標方式進行決標，由評選方式提前了解投標商未來維護系統之維護能力及方式，以利未來系統正常運作。

4. 建置價格合理性

本案屬巨額採購，需藉由專家嚴格把關審查，以符合成本績效的原則。基於上述之差異分析，本次採購標的屬異質之財物採購，就不同廠商投標標的之技術與規格、維護計畫內容、介面整合與相容性以及系統文件交付、實機展示及價格合理性等項目作綜合評選，以評定最有利標之需要，如以最低標決標尚難妥適達成採購需求，爰擬採公開招標搭配政府採購法第 52 條第 1 項第 3 款、第 56 條及「最有利標評選辦法」規定之最有利標決標方式（適用最有利標），由評選委員會評定最有利標。

5. 實機展示：

為實地了解各廠商之專業技術、性能品質及人機介面之親和力等綜合性之系統能力表現，NCC 需要藉由最有利標方式，由專家學者評選出一套符合 NCC 所需求的電波監測系統。

表4-4 本案適用最有利標評選項目

評選項目	評選內容	配分
一、硬體技術規格	硬體技術規格性能評選範圍，包括控制中心與各種監測站台，配分如下： 一、 控制中心(4 分) 1. 工作站硬體(2 分) 2. 資料庫(2 分) 二、 固定監測站(8 分) 1. 監測與定向型監測站(6 分) i. 監測技術參數(天線、接收機)(1 分) ii. 測向技術參數(天線、測向機)(4 分) iii. 其它配備(工作站、UPS、GPS、避雷設備等)(1 分) 2. 監測型監測站(2 分) i. 監測技術參數(天線、接收機)(1 分) ii. 其它配備(工作站、UPS、GPS、避雷設備等)(1 分) 三、 行動監測站(10 分) 1. 第一類型監測車(3 分) i. 監測技術參數(天線、接收機)(1 分) ii. 測向技術參數(天線、測向機)(1 分) iii. 車型及改裝其它配備(工作站、UPS、GPS、COMPASS 等)(1 分) 2. 第二類型監測車(4 分) i. 監測技術參數(天線、接收機)(2 分) ii. 測向技術參數(天線、測向機)(1 分) iii. 車型及改裝其它配備(1 分) 3. 第三類型監測車(3 分) i. 監測技術參數(天線、接收機)(1 分) ii. 測向技術參數(天線、測向機)(1 分) iii. 車型及改裝其它配備(1 分)車型及改裝(1 分) 四、 可運載式監測台(2 分) 1. 監測技術參數(天線、接收機)(1 分) 2. 測向技術參數(天線、測向機)(1 分) 五、 可攜式監測台測向技術參數(天線、測向機)(1 分)	25 分
二、軟體功能、操作介面親和性、整合性與相容性以及系統文件交付	監測與定向任務與使用情境之軟體功能(10 分) 軟體操作介面之親和性(5 分) 未來同/異質監測設備擴充的通用介面規劃(3 分) 監測軟體可接受外部應用程式控制的應用程式介面規劃(2 分) 應用程式介面、與通用介面支援之監測功能完整性(3 分) 外部應用程式介面及設備擴充通用介面之說明文件及程	25 分

	式開發範例原始碼完整性(2分)	
三、維護及系統擴充計畫內容	保固期屆滿後 12 年內之逐年維護規劃(8分) 維護費(4分) 軟體功能擴充費(4分) 同/異質監測設備擴充時，與原系統軟體整合之連線授權費(4分)	20 分
四、建置價格合理性	總價格之合理性(6分) 總價格之完整性(2分) 選項品之價格合理性(2分)	10 分
五、實機展示 (在真實建置或合理模擬情境下實現電波監測系統之功能)	展示情境一：各型態監測站(固定站、行動站、可運載站)容許自行外加或變更適宜的選定天線。並經由使用者介面可設定各項參數(例如:天線因子、cable loss)後，可讀取頻率、功率與電場強度等數據的合理值。(4分) 展示情境二：經由高親和性的使用者介面操作，可實現 Fix frequency scanning、Frequency scanning, Memory scanning 之功能。暨其量測的相同訊號可同時輸出至頻譜分析儀(例如: Agilent, R&S 等)，進行量測結果之驗證(例如:頻率、功率與電場強度)。(4分) 展示情境三：在 VHF 頻段 FM 調變信號下，實現多頻道(Multiple channel)的「同頻多方向測向掃描功能」。其測向結果以 Frequency v. s Amplitude, 與 Frequency v. s Bearing(含 histogram)的方式呈現。 更進一步，對於選定的固定頻道測向的同時，並進行 FM 調變信號之監測，其中包含音訊解調、錄製、重播。(4分) 展示情境四：未知發射台訊號分析與辨識(Unknown Emission Analysis)。其中可針對 FSK、QAM、CDMA(Frequency hopping)、數位電視 DVB-T 之 OFDM 信號進行 Spectrum analysis, Vector analysis, Code analysis 程序後以 Bit Stream 格式顯示。(2分) 展示情境五：經由使用者介面完成 Mission 任務(例如: Spectrum Occupancy Rate、Unknown Transmitter Detection)的設定。在此即時與任務排程的自動化下，其量測的重要結果(使用站台經緯度、量測時間、頻率、	20 分

功率與電場強度、測向角等)可儲存至關聯式資料庫的表格中，並可使用 SQL 查詢語言擷取選定之紀錄(Record)。量測的結果要能自動和許可電台資料庫進行比對，並輸出比對結果。

更進一步，Mission 任務的量測結果可同步以純文字格式(Raw Data)輸出至指定之外接 PC 主機(例如:可由 Windows 作業系統中應用程式接收讀取。

同上，使用者可經由純文字稿指令格式(user script with XML format)實現 Mission 排程任務的參數設定與執行。(6 分)

第五節 汰換時程規劃

一、系統現況

現有電波監測系統包括，全國管理中心、北、中、南區三個區域控制中心，各區域中心所管理運作中之固定站與行動站數量詳列於表 4-5 中。

表4-5 現有監測站數量分佈狀況

單位與系統		固定監測站	行動監測站
北區中心	湯姆笙系統	5	1
	TCI 系統	5	2
中區中心	湯姆笙系統	3	1
	TCI 系統	4	2
南區中心	湯姆笙系統	7	1
	TCI 系統	9	2

目前由三區監理處負責維運的兩套監測系統，分別來自湯姆笙與 TCI 公司的異質設備與軟體系統，兩套系統分別建置各自的固定監測站與行動監測站，因此可以個別獨立運作，惟尚無法達到全自動整合工作，仍需人力介入始能達到有限度的整合操作。

二、汰換時程

為使得現有電波監測系統與未來新系統間達到無縫隙(seamless)轉換

銜接，規劃下列三階段系統汰換時程（roadmap）：

1. 階段一：汰換北中南三區域中心所管轄之所有湯姆笙系統，成為新世代電波監測系統，範圍包括固定監測站、全國管理中心、及北中南三區域中心之控制站。
2. 階段二：建置新世代行動監測站。
3. 階段三：汰換北中南三區域中心所管轄之所有 TCI 系統，成為新世代電波監測系統，範圍包括固定監測站、行動監測站、及全國管理中心與北中南三區域中心之控制站。

圖 4-2 呈現目前湯姆笙與 TCI 電波監測系統，分佈於台灣各縣市的情況，兩套系統數量相當，且分佈的地理位置堪稱均勻。

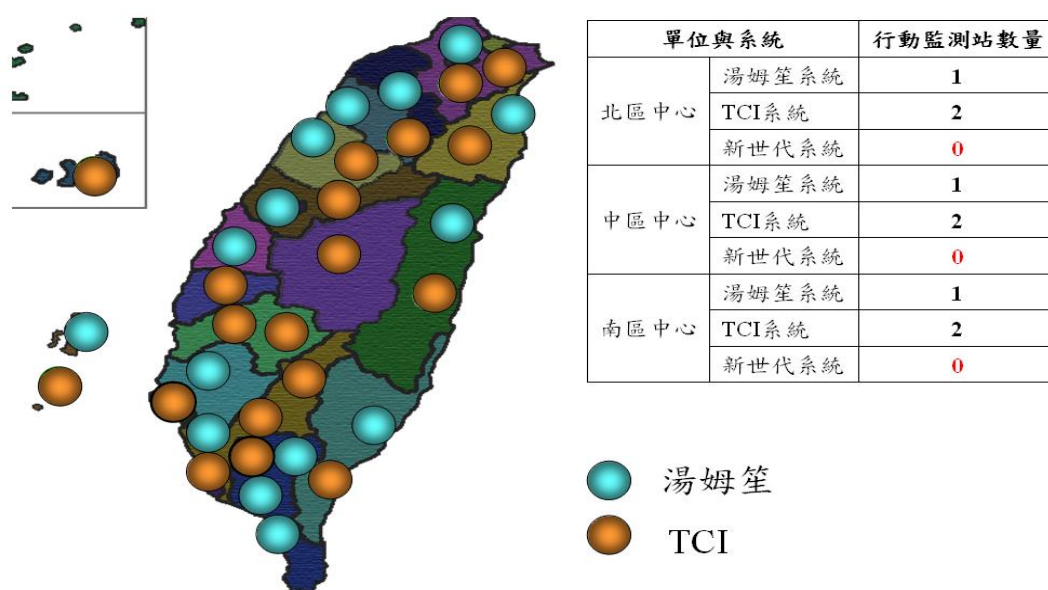


圖4-2 湯姆笙與TCI電波監測系統分布圖

圖 4-3 至圖 4-5 分別顯示，在階段一至階段三汰換後，新舊電波監測系統的變化與位置分佈情況。

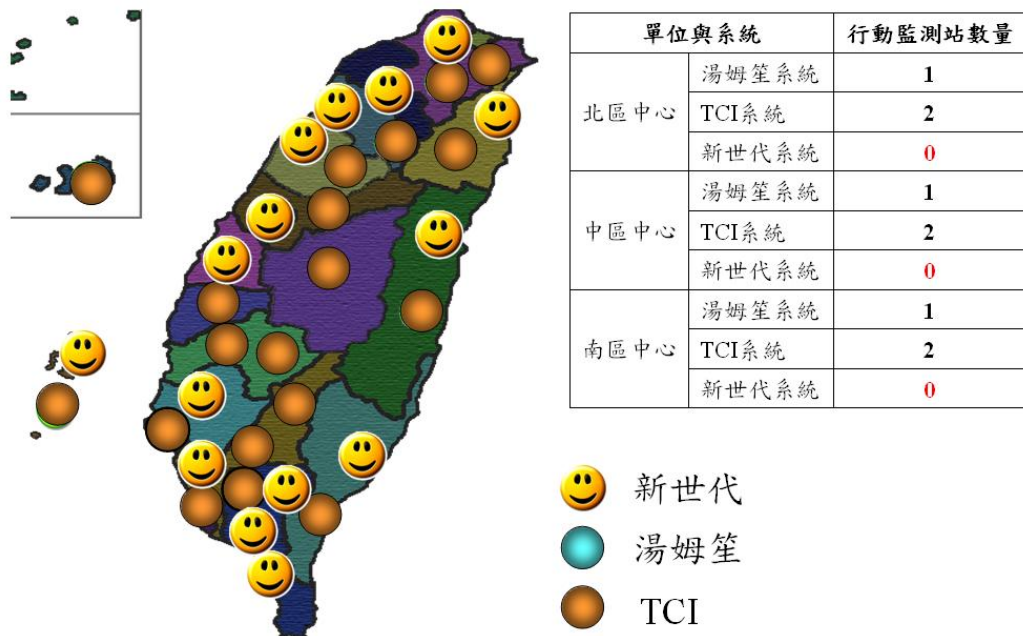


圖4-3 第一階段電波監測系統分布圖

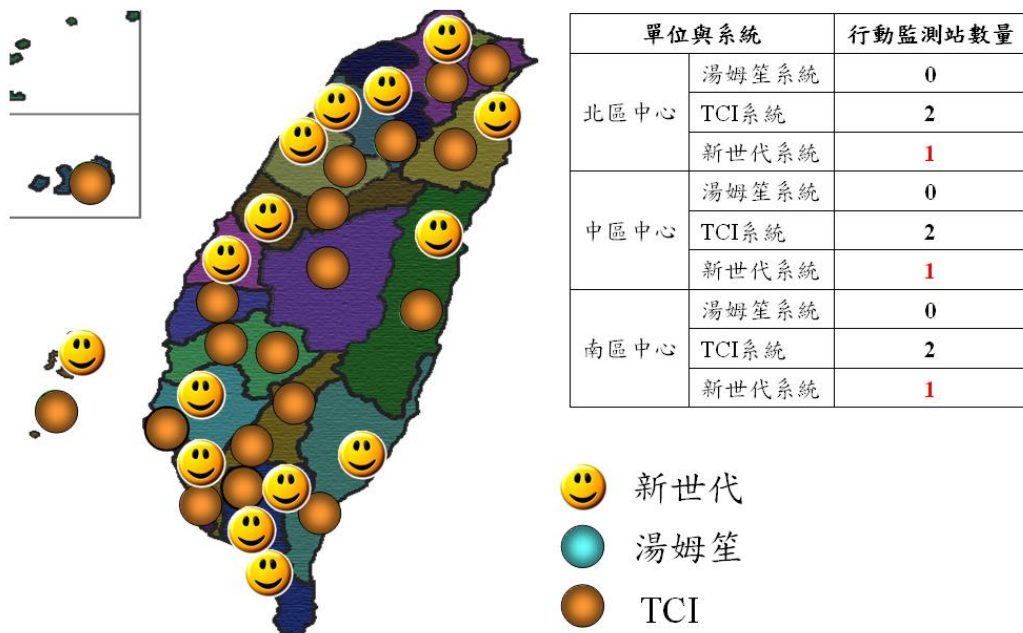


圖4-4 第二階段監測系統分布圖

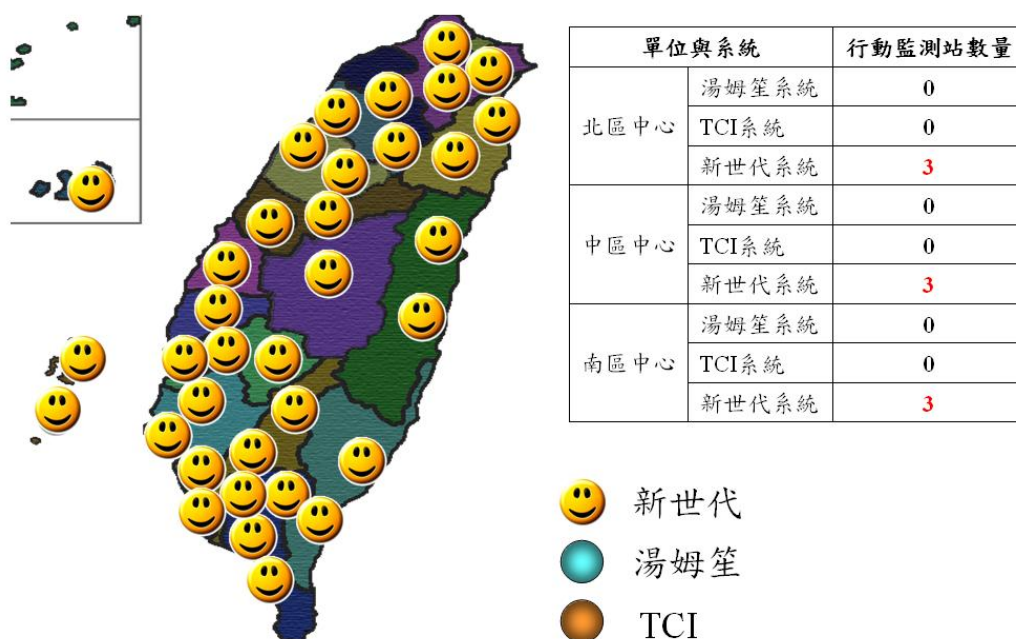


圖4-5 第三階段電波監測系統分布圖

三、 配套措施

為順利達成無縫隙轉換之銜接，降低換裝過程對電波監測業務所造成的影響，汰裝過程中應有下列之配套措施：

1. 階段一與階段二汰換期間，TCI 電波監測系統之固定監測站、行動監測站仍須繼續運作，維持國內電波監測業務持續進行。
2. TCI 與湯姆笙行動監測站，必須提高其行動監測涵蓋範圍，填補被拆除湯姆笙系統固定監測站的涵蓋範圍。
3. 階段一與階段三之監測站換裝，應採用一次一站的方式，進行拆除、安裝、測試維運工作，避免全部拆除，新系統尚未開通造成較大行動監測站的過大負擔。
4. 新系統維運人員教育訓練，應於階段二汰換結束前完成，讓階段一與階段二的新系統維運，可於階段三開始前可正式展開。
5. 階段三汰換期間，已完成換裝的新系統固定監測站、行動監測站須能正常運作，維持國內電波監測業務持續進行。

第五章 新世代電波監測系統測試程序與驗證方法

第一節 系統測試程序與驗證方法

電波監測系統的驗收，主要可分為出廠驗收(Factory Acceptance Test)、現場測試(On-Site Test)、與最後的運轉測試。驗收方式可分為 Test、Demonstration、Inspection 與 Analysis 等。若採用 Test 方式，則需要有一個公正明確的測試方法。本計畫檢視電波監測系統的主要規格，分別針對接收機與定向處理器建議合適的驗證方式，如表 5-1 及表 5-2 所示，但定向精確度、定向靈敏度，及接收機之相位雜訊、假象拒斥及選擇性等規格，由於不易於實際環境中得到可靠的驗測結果，因此，將依原廠測試報告為驗收依據。

出廠驗證可由買方派人到工廠進行驗證，或委由專業驗測單位驗證。現場測試(On-Site Test)與最後的運轉測試大多由買方進行驗證，但實務上都會由賣方提出驗收測試計畫(ATP: acceptance test plan)，供買方參考。

在接收機驗證方式上，將主要針對接收機之線性度 IP3 及 IP2、雜訊指數、掃瞄速度、相位雜訊、IF 拒斥、假象拒斥、6 至 60 dB 選擇性及 AGC 範圍等規格進行驗證，如表 5-1 所示。

表5-1 接收機驗證方式

項 目	規 格	出廠 驗收	現場 測試	測試程序
3 rd Order Intercept	$\geq 25\text{dBm}$	T	T	ITU-R SM.1837
2 nd Order Intercept	$\geq 60\text{dBm}$	T	T	ITU-R SM.1837
雜訊指數	$\leq 15\text{dB}$	T	T	ITU-R SM.1838
掃瞄速度	$\geq 1\text{GHz/s}$	T	T	ITU-R SM.1839
本地振盪器-相位 雜訊	$\leq -100\text{dBc/Hz}$	T	-	
IF 拒斥	$\geq 80\text{dB}$	T	-	
假象拒斥	$\geq 80\text{dB}$	T	-	
60 至 6dB 選擇性	2:1	T	-	
AGC 範圍	$\geq 120\text{dB}$	T	T	

而定向處理器之方位精確度、靈敏度、掃瞄速率及最小訊號期間等規格為主要驗收項目，其驗證方式如表 5-2 所示：

表5-2 定向處理器驗證方式

項 目	規 格	出廠 驗收	現場 測試	測試程序
定向精確度	$\leq 1.5^\circ\text{rms}$	T	-	ITU-R SM.2125
定向靈敏度	$\leq 10\mu\text{V/m}$	T	-	ITU-R SM.2125
掃瞄速率	至少 1GHz/s, 於 解析度 25kHz	T	T	ITU-R SM.2125
最小訊號期間	$\leq 1\text{ms}$	T	T	ITU-R SM.2125

第二節 接收機測試程序

本研究主要依據 ITU 頻譜監測系列文件(ITU-R SM.1837、SM.1838 及 SM.1839 等)，並與專家訪談後，研擬出合適之接收機測試程序。

一、線性度測試程序

為正確的評估 IP3/IP2，於驗測時必須考量以下設置[38]：

1. 接收機必須對於相鄰兩頻率，所產生的互調變進行測量。如果互調變訊號功率不同時，則以較高的功率為互調變訊號之功率。
2. 應當避免(針對所謂的“假象頻率”)重覆測量，因為它們會對IP3的平均值產生影響。
3. 設備製造商必須在規格表中，記載接收機整個頻率範圍內的IP3。表中也必須記載量測時之條件，如測試訊號的間隔、功率、等效輸入雜訊位準、自動增益控制(Automatic Gain Control;以下簡稱AGC)為“on”或“off”。

線性度量測程序為，由數位訊號產生器產生兩個功率 (P_{in}) 相同，且頻率分別為 f_1 和 f_2 ($f_1 < f_2$) 的相鄰訊號，並將其輸入接收機的天線輸入端。由於接收機放大器之非線性的關係，將會產生頻率 $2 \times f_1 - f_2$ 和 $2 \times f_2 - f_1$ 之

三階互調變訊號，及 f_1+f_2 和 f_2-f_1 之二階互調變訊號，進而可以推算出接收機的 IP3 及 IP2。量測架構如圖 5-1 所示：

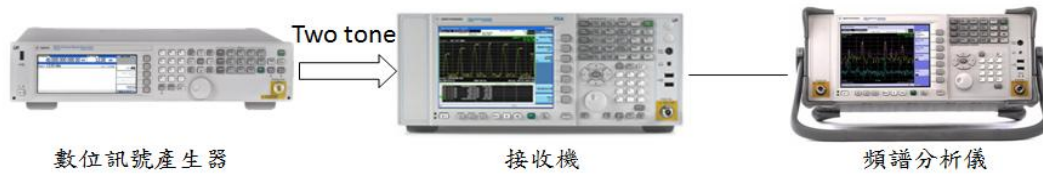


圖5-1 接收機線性度量測架構

IP3 及 IP2 的計算公式如下：

$$IP3 = P_{in} + a/2 \quad (5-1)$$

$$IP2 = P_{in} + a \quad (5-2)$$

式中， P_{in} ：輸入測試訊號的 rms 功率值（dBm）

a：輸入測試訊號的功率水準與測量互調變訊號功率的差（dB）。

如果互調變訊號功率水準不同，則應考慮較高的功率值。

操作步驟如下所述：

步驟一：將數位訊號產生器連接至接收機之輸入端。

步驟二：由數位訊號產生器輸出兩個相鄰等功率之訊號。

步驟三：設定接收機量測之頻率範圍，使其包含二階及三階互調變訊號。

步驟四：利用 Peak Search 找到各頻率的功率水準並記錄：

IP3 頻率: $2f_1-f_2$ 及 $2f_2-f_1$

IP2 頻率: f_2-f_1 及 f_2+f_1

步驟五：代入公式(5-1)及(5-2)可求得 IP3 及 IP2。

二、 雜訊指數(Noise Figure)

雜訊指數為接收機中重要規格之一，其與接收機靈敏度有著高度密切

的關係。雜訊指數為接收機輸出端訊號雜訊功率比與輸入端訊號雜訊功率比之比值。實務上，量測雜訊指數的方法有以下三種，但常用的為前兩種。

1. 增益法 (Gain Method)
2. Y 因子法 (Y-factor Method)
3. 靈敏度法 (Sensitivity Method)

而根據 ITU-R SM.1838，雜訊指數主要與下列主要參數有關[39]：

1. 量測頻率
2. 接收機設置(如前置放大器、衰減器)
3. 量測時溫度

為了能精確量測雜訊指數，必須考量下列接收機之參數設置：

1. 量測必須在接收機的頻率範圍內。
2. 設備製造商必須公佈雜訊指數的最大值。由於雜訊指數與頻率密切相關，設備製造商可選擇指定特定頻段之雜訊指數。

(一) 增益法

增益法為利用 50Ω 負載，估算接收機之雜訊指數。於 25°C 測試環境下，雜訊指數的公式為：

$$NF = P_{out} + 174 - Gain \quad (5-3)$$

NF : 接收機的雜訊指數(dB)

P_{out} : 接收機輸出端雜訊功率密度(dBm/Hz)

Gain : 接收機增益(dB)

增益法量測架構如圖 5-2：

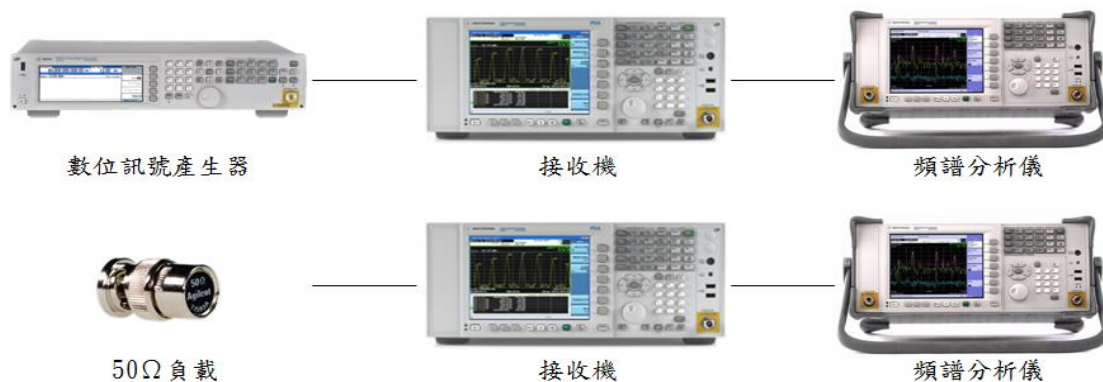


圖5-2 增益法量測架構

步驟一：將訊號產生器與接收機連接，並將接收機的頻率範圍選調至欲量測的頻率範圍內。由訊號產生器產生一 $\text{SNR} > 30\text{dB}$ 的 CW 訊號至接收機。

步驟二：利用頻譜分析儀，量測輸入功率水準 $N_e(\text{dBm})$ 及接收機之輸出功率水準 $N_s(\text{dBm})$ 。可估算得增益值為 $\text{Gain} = N_s - N_e$ 。

步驟三：將接收機與訊號產生器連接之傳輸線卸下，接著，於接收機 RF 輸入端接上 50Ω 負載。採用與步驟一及步驟二的接收機相同的參數設置，並利用頻譜分析儀量測雜訊功率密度 $P_{\text{out}}(\text{dBm/Hz})$ 。

步驟四：將量測出的 Gain 及 P_{out} 代入公式(5-3)，計算出雜訊指數。

(二) Y 因子法

Y 因子法為安裝經校準後的雜訊信號源於接收機上，藉由雜訊信號源的開啟或關閉的狀態下，於頻譜分析儀量測出雜訊密度，並計算兩狀態下雜訊密度的差值，最後代入下列公式算得雜訊指數：

$$\text{NF} = \text{ENR} - 10 \log(10^{(Y/10)} - 1) \quad (5-4)$$

NF ：接收機的雜訊指數(dB)

ENR ：雜訊信號源的剩餘雜訊比(dB)

Y ：雜訊密度差(dB)

Y 因子法量測架構如圖 5-3：

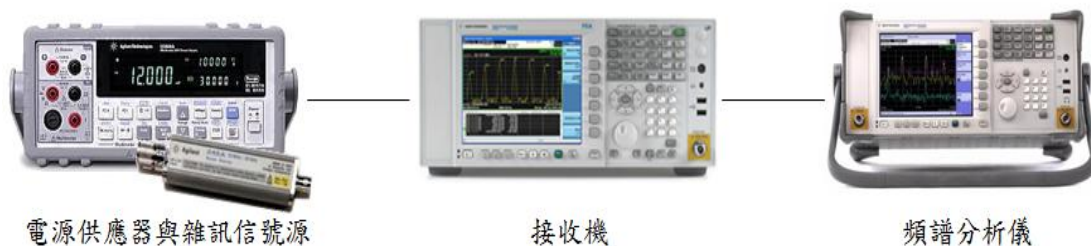


圖5-3 Y因子法量測架構

步驟一：將雜訊信號源與接收機連接，將接收機的頻率範圍選調至欲量測的頻率範圍內，並開啟雜訊信號源的電源開關。

步驟二：利用頻譜分析儀，量測雜訊信號源開啟時的雜訊密度 $N_{ON}(\text{dBm/Hz})$ 。

步驟三：關閉雜訊信號源的電源，並量測雜訊信號源關閉時的雜訊密度 $N_{OFF}(\text{dBm/Hz})$ 。 $Y = N_{OFF} - N_{ON}$ 。

步驟四：將 Y 代入公式，計算出雜訊指數。

(三) 靈敏度法

靈敏度法為一種間接量測雜訊指數的方式，量測過程中將有許多額外元件會一同參與，造成所得出的雜訊指數結果可能會與上述兩種量測方式不同。然而，在類比調變中，藉由此方法，仍可得到適當的雜訊指數。

接收機的雜訊指數可藉由 AM 靈敏度帶入以下公式取得：

$$NF = S + 174 - 10\log(\text{Res}) - 10\log[m^2/1+m^2] \quad (5-5)$$

NF : 接收機的雜訊指數(dB)

S : 接收機的靈敏度(dBm)

Res : 濾波器有效的雜訊頻寬(dB)

m : AM 調變係數

靈敏度與雜訊指數的關係如圖 5-4 所示：

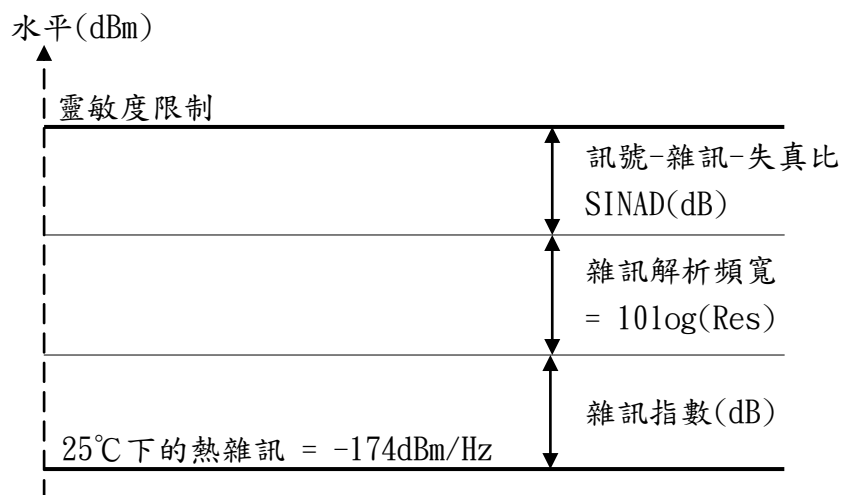


圖5-4 靈敏度與雜訊指數的關係圖

三、 掃瞄速度

接收機的掃瞄速度為接收機於給定的頻率範圍內，能夠掃瞄出訊號水準的速度，單位為 MHz/s。掃瞄速度包含接收機的運行速度(如頻率切換時間、掃瞄結束後的回掃時間、本地振盪器設置時間等)及數位處理速率(如 FFT、定向等)。量測的方法為藉由以下兩種方式進行[39]：

1. 藉由一個突短(burst)訊號的有效特徵值驗證掃瞄速度
2. 藉由模擬多個不影響速率的突短訊號之有效特徵值驗證掃瞄速度，
驗測掃瞄速度的主要目的為驗證掃瞄速率，是否可達規格書所記載之速度，而非量測接收機的掃瞄速度的極限值。驗測掃瞄速度的主要目的為驗證掃瞄速率，是否可達規格書所記載之速度，而非量測接收機的掃瞄速度的極限值。

掃瞄速度量測架構如圖 5-5：

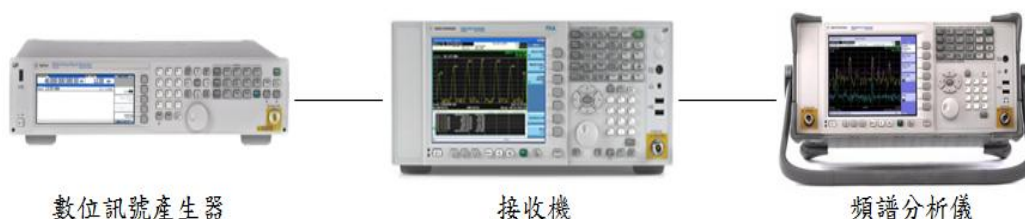


圖5-5 掃瞄速度量測架構

步驟一：接收機必須設定適當之掃瞄的頻率範圍及對應的解析頻寬。

掃瞄範圍為 $B(\text{MHz}) = f_{\max} - f_{\min}$ 。

步驟二：數位訊號產生器產生一突短訊號，期間為：

$$T_0 = B/S_s \quad (5-6)$$

T_0 ：突短訊號期間(s)

B ：掃瞄頻率範圍(MHz)

S_s ：接收機掃瞄速度(MHz/s)

步驟三：設定接收機功率門檻值以確保取得有效特徵值。

步驟四：訊號產生器送出一個時間長度為 T_0 之突短訊號。

步驟五：驗證是否監測到訊號的有效特徵值：(偵測率應大於 95%)

- 振幅精確度的允許功率水準誤差為 5dB
- 掃瞄頻率的允許頻率誤差為一個解析頻寬

步驟六：使訊號產生器產生至少 50 個頻道的突短訊號。

步驟七：訊號產生器送出所有訊號期間為 T_0 的 CW 訊號。

步驟八：驗證：

- 是否偵測到正確的頻率數(偵測率應大於 95%)
- 功率水準及頻率誤差如步驟五所列

其他相關的測量參數，應考量以下設置：

1. AGC(放大器及衰減器)設置：可自由設置 AGC 相關參數。
2. 解析頻寬：掃瞄速度取決於解析頻寬(RBW)，於 9kHz-3MHz，RBW 應為 5kHz；於 20-3000MHz，RBW 應為 25kHz。

3. 掃瞄頻段：如果允許，掃瞄頻段應於接收機所能支援的頻率範圍量測掃瞄速度。若於不同頻段有不同的掃瞄速度，則應分別報告各頻段的掃瞄速度。

四、 相位雜訊

相位雜訊的量測架構，為以訊號產生器產生 CW 訊號，輸入接收機並由頻譜分析工具進行量測。若接收機提供 LO 輸出埠，可將頻譜儀接到此 LO 輸出埠，量測架構如圖 5-6 所示：

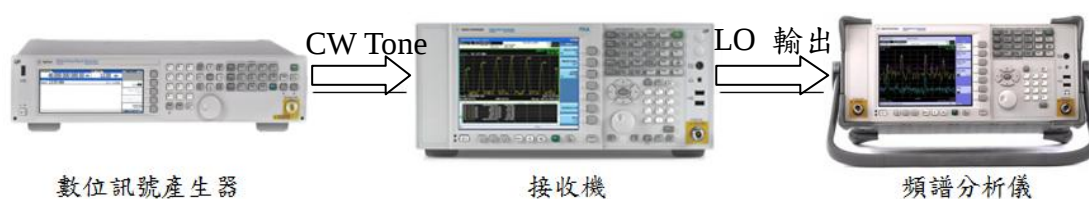


圖5-6 相位雜訊量測架構

相位雜訊的量測程序如下：

- 步驟一： 將數位訊號產生器連接至接收機上。
- 步驟二： 數位訊號產生器輸出一個 CW 訊號。
- 步驟三： 設定接收機參數。
- 步驟四： 若量測之主訊號為 x dBm，offset 處之訊號為 y dBm，

$$\begin{aligned} \text{RBW 為 1kHz, 則 Phase noise} &= x - y - 10 \log \text{RBW} \\ &= x - y - 10 \log 1k = x - y - 30 \text{ (dB)} \end{aligned} \quad (5-7)$$

注意事項：1.為了降低 noise level，接收機之 gain 要儘量降低。

2.使 CW tone 位於頻譜儀螢幕中央位置，以便觀測。

五、 假象拒斥(Image Rejection)

將接收機之 IF 輸出端接到頻譜儀，再使用訊號產生器輸入一個 CW 訊號，假設頻率為 100 MHz (f_1)，記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率

P_{IF} 。此時本地振盪器頻率應為 $f_1 - IF$ 。重新輸入一個相同功率之 CW 訊號，頻率設為 $f_1 - 2IF$ ，記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率 P_{IF_img} ，兩次所量測功率 dB 值之差，即為頻接收機之假象拒斥。量測架構如圖 5-7 所示：

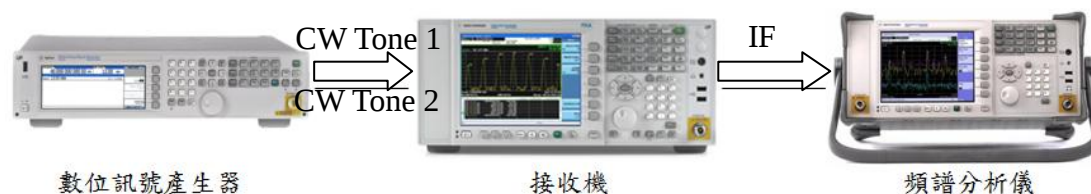


圖5-7 Image Rejection量測架構

假象拒斥量測程序如下：

步驟一：將數位訊號產生器連接至接收機上。

步驟二：數位訊號產生器輸出一個 CW 訊號。

步驟三：記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率 P_{IF1} 。

步驟四：重新輸入一個相同功率之 CW 訊號，頻率設為 $f_1 - 2IF$ ，記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率 P_{IF2} 。

步驟五：假象拒斥為兩次量測功率 dB 值之差。

$$P_{IF_img} = P_{IF2} - P_{IF1} \quad (5-8)$$

六、選擇性(Selectivity)

選擇性為從眾多的訊號中，區分出所要量測的訊號能力，通常為訊號峰值往下 6dB 與 60dB 頻寬的比值。其量測架構與量測相位雜訊時相同，皆為輸入一個 CW 訊號，而頻譜儀以至少能看到完整 RBW 之頻率範圍並能觀察到 60dB 頻寬為原則，量測架構如圖 5-8 所示：

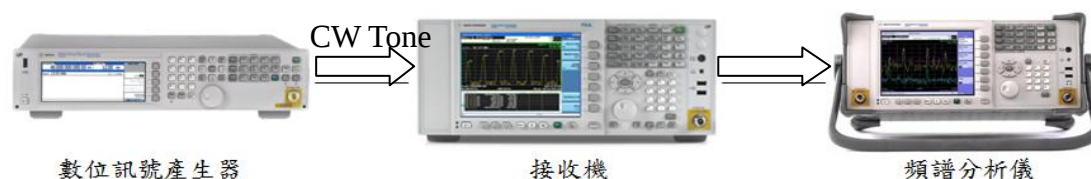


圖5-8 選擇性量測架構

選擇性量測程序如下：

步驟一： 將訊號產生器連接至接收機上

步驟二： 數位訊號產生器輸出一個 CW 訊號。

步驟三： 設定接收機參數。

步驟四： 量測到的 60dB 頻寬與 6dB 頻寬之比值即為此接收機之選擇性。

注意事項：頻譜儀以至少能看到完整 RBW 之頻率範圍並能觀察到 60dB 頻寬為原則。

七、 自動增益控制

自動增益控制的驗測程序為，使用訊號產生器輸出 CW 訊號至接收機，並將頻譜分析儀接至接收機，量測架構如圖 5-9 所示：

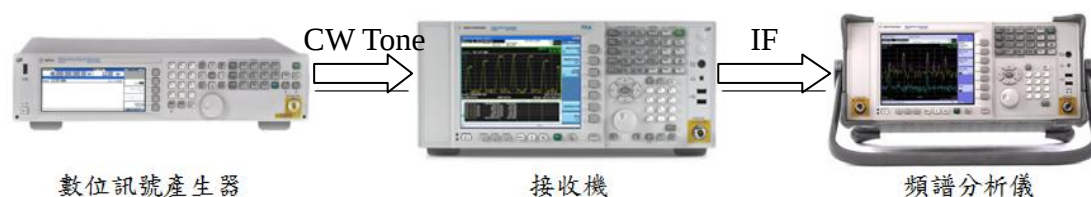


圖5-9 AGC量測架構

AGC 量測程序如下：

步驟一： 將訊號產生器連接至接收機上。

步驟二： 數位訊號產生器輸出一個 CW 訊號。

步驟三： 於 AGC 範圍內，調整訊號產生器輸出功率，觀察 IF 訊號之功率是否相同。

第三節 定向處理器測試程序

根據 ITU 頻譜監測系列文件 ITU-R SM.2125 之建議，定向的測試程序可分為三種驗測環境，分別為實際監測環境(Real Environment)、開放環境測試站(Open Air Test Site，以下簡稱 OATS)及平台測試 (Measurement on a

Platform)。實務上，規格書所記載定向相關之參數，大多在 OATS 環境所測得[40][41]。

1. 實際監測環境

指測試環境處於與實際執行監測業務時所面臨的電波環境相同，其所得的量測結果將為系統精確度(System Accuracy)。

2. 開放環境測試站

OATS 指在無障礙物造成訊號反射、環境雜音及排除受其他電波干擾的環境下，進行驗證測試。此時量測的結果為儀器精確度(Instrument Accuracy)。如圖 5-10 所示：

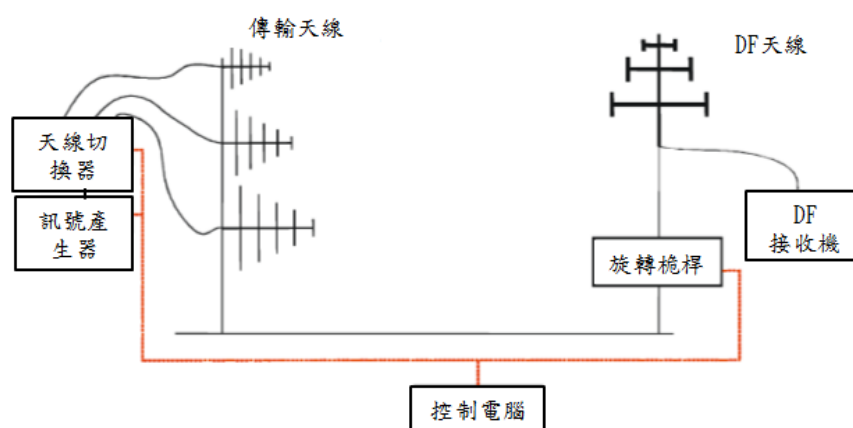


圖5-10 OATS測試架構

(資料來源：ITU-R SM.2125)

3. 平台測試

指定向處理器不與天線連接，而於測試平台上直接由訊號產生器輸入訊號，並經由方位角模擬器至接收機。如圖 5-11 所示：

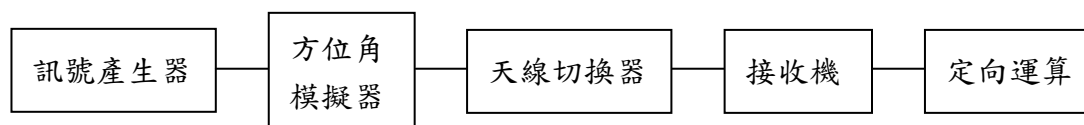


圖5-11 平台測試架構

為驗測 NCC 之 4 輛行動監測車，本計畫採用 OATS 的測試環境，並以兩台監測車為一組，透過指向性天線傳送訊號產生器所產生的訊號，並由監測車原有的天線接收至接收機，最後由監測螢幕顯示結果。量測架構如圖 5-12 所示：

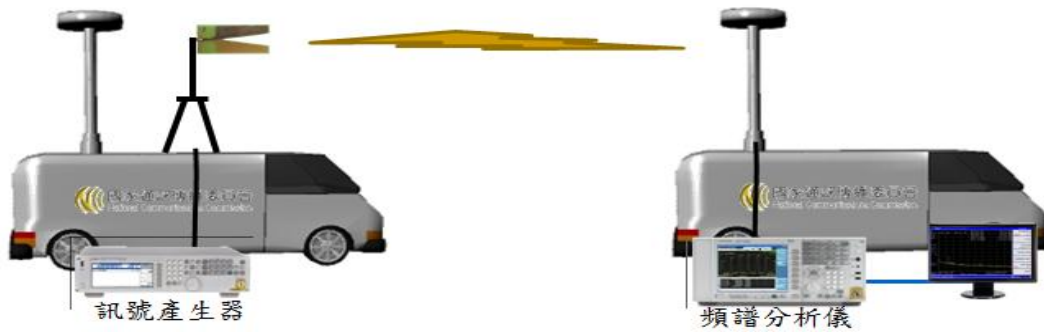


圖5-12 行動監測車量測架構

一、 定向靈敏度

定向靈敏度是指定向精確度大於 2° 時或無法收到訊號時，將天線表面所量測到的場強值，代入下列公式(5-10)，即可得其定向場強靈敏度：

$$S = E_0 - L_0 + L_1 \quad (5-10)$$

S：場強靈敏度(dB μ V/m)

E_0 ：量測到之場強值(dB μ V/m)

L_0 ：輸入功率值(dB μ V)於良好的 SNR

L_1 ：輸入功率值(dB μ V)於靈敏度零界值

ITU 建議的量測步驟為：

步驟一：將測向設備置於可旋轉式平台，並於至少大於量測訊號之波長之距離處，架設訊號產生器與發射天線。

步驟二：輸出一 SNR 佳之訊號，並記錄量測到的訊號方位角 θ_n 。

步驟三：調降一次訊號功率，並記錄該次訊號的方位角 θ_{mes} 。

步驟四：將平台旋轉一個隨機角度(6°至 14°間)，重覆步驟二及步驟三，直至完成 36 個測試角度。

步驟五：記錄各方位的強訊號方位角 θ_n ，代入下列公式求得 θ_0 。

$$\theta_0 = \sum_n \theta_n / N$$

步驟六：記錄各方位的各級訊號方位角 θ_{mes} ，代入式(5-11)求得誤差 δ 。

$$\delta \text{ 得誤差 } \sqrt{\frac{\sum (\theta_{mes} - \theta_0)^2}{N}} \quad (5-11)$$

步驟七：當 δ 大於 2°或無法量測到訊號時，將量測到之場強值與輸入功率值代入公式，求得場強靈敏度 S 。若 δ 小於 2°，則重覆步驟三至步驟六，直至誤差大於 2°。

二、定向精確度

定向精確度之量測架構與定向靈敏度相同，於量測完定向靈敏度後，以達靈敏度極限時的輸出功率增加 20dB 視為強訊號，完成 36 個測試點，即可估算得定向精確度。量測步驟如下：

步驟一：將測向設備置於可旋轉式平台，並於至少大於量測訊號之波長之距離，架設訊號產生器與發射天線。

步驟二：調整輸出功率，使得接收訊號為靈敏度值再加 20dB。

步驟三：記錄量測到的訊號方位角 θ_{mes} 與理論方位角 θ_{theo} 。

步驟四：估算方位誤差 $\theta_{(F,Q)} = (\theta_{mes} - \theta_{theo})$ 。

步驟五：將平台旋轉一個隨機角度(6°至 14°間)，重覆步驟三，直至完成 36 個測試角度。

步驟六：將 $\theta_{(F,Q)}$ 代入下列公式求得方位角準確度 θ 。

$$\theta = \sqrt{\frac{\sum_{\theta} \sum_F \theta_{(F,\theta)}^2}{N}} \quad (5-12)$$

θ : 方位角準確度(degree rms)

$\theta_{(E,Q)}$: 量測到的方位誤差角(degree)

N: 量測點數量

三、 定向實際測量程序

考量時間成本以及台灣缺乏檢驗場地及平台設施，本計畫因而以 ITU 建議為基本概念，修正其量測架構，供未來監測車現場測試之參考。本計畫以兩台監測車 A 及 B 相互進行量測，以賣方提供之測向設備定向靈敏度規格視為弱訊號，以驗證於弱訊號時是否能保有定向精確度。控制發射機功率，使得定向接收機收到之電場強度為規格所載之值，如 -9 dBuV/m，記錄此時發射機之電功率，以此為測量所發射之功率。

兩台監測車 AB，將訊號產生器及天線配置於 A 車車頂上，B 車則進行 DF 量測，每隔 45° 轉動定向接收機，測出方位角，與實際方位角比對，由下列公式(5-12)估算其 DF 精確度。若此時所求出之精確度 $\leq 2^\circ$ ，則此定向接收機之靈敏度符合規格。實際量測架構圖如圖 5-13 所示：

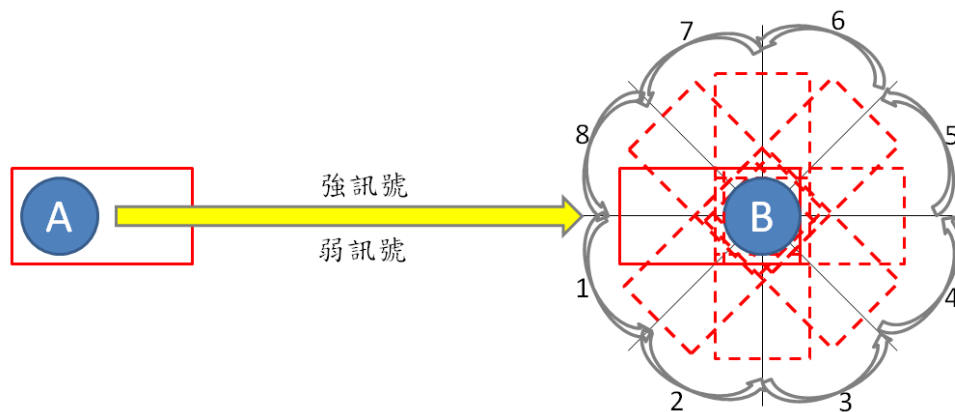


圖5-13 定向實際量測架構圖

步驟一：訊號產生器及指向性天線置於 A 車車頂，將 B 車之車頭北正對 A 車車頭。

步驟二：開啟訊號產生器，送出 2.4GHz 且功率為達靈敏度時的弱訊號。

步驟三：記錄量測到的弱訊號方位角 θ_{nw} ，並重新輸出強訊號。

步驟四：記錄量測到的強訊號方位角 θ_{ns} 與理論方位角 θ_{theo} 。

步驟五：轉至下個量測點，重覆步驟二及步驟三，直至各方位量測完成。

步驟六：估算弱訊號方位誤差 $\theta_{w(F,Q)} = (\theta_{nw} - \theta_{theo})$ ，並代入式(5-12)求得弱訊號 RMS 誤差 δ_w

步驟七：估算強訊號方位誤差 $\theta_{s(F,Q)} = (\theta_{nw} - \theta_{theo})$ ，並代入式(5-12)求得強訊號 RMS 誤差 δ_s ，此即為測向精確度。

四、定向最小信號持續時間

定向最小信號持續時間定義為，定向處理器能精準完成定向之最小脈衝訊號之持續時間，其量測步驟如下：

步驟一：訊號產生器及指向性天線置於 A 車車頂，將 B 車之車頭北正對 A 車車頭。

步驟二：開啟訊號產生器，送出規格所記載之最小持續時間的脈衝訊號。

步驟三：於定向接收機觀察是否能正確測向。

第四節 實地測試驗測結果

本計劃透過接收天線接收訊號(Open Air Test Site;以下簡稱 OATS)，以及直接由天線輸入端輸入訊號兩種情境來完成北、中、南三區監理處四輛監測車的驗測，如圖 5-14 至圖 5-17，而兩種情境之驗測項目分別為：

1. 經由接收天線接收訊號：

- (1) IP3
- (2) 掃瞄速度(南、中區行動監測車)
- (3) 定向最小信號持續時間
- (4) 定向靈敏度
- (5) 定向精確度

2. 直接由天線輸入端輸入訊號：

- (1) IP3/IP2
- (2) 雜訊指數
- (3) 選擇性
- (4) 掃描速度(北區行動監測車)
- (5) 自動增益控制



圖5-14中區監理處之行動監測車



圖5-15南區監理處之行動監測車



圖5-16北區監理處之行動監測車

BR-516



圖5-17北區監理處之行動監測車

BR-517

一、 量測結果-經由接收天線接收訊號

(一) IP3

此量測藉由訊號產生器產生兩相同功率且頻率間隔為 2MHz 之 f_1 、 f_2 測試訊號，傳播至接收機之天線輸入端。由於非線性的關係，會產生頻率為 $f_3 = 2f_1 - f_2$ 和 $f_4 = 2f_2 - f_1$ 兩種互調變的訊號，此即 IP3 所在之頻率。由南區監理處行動監測車監測螢幕顯示之量測結果，求得 f_3 為 2.397 GHz、 f_4 為

2.403 GHz、 $P_{\max}$ 為 -70 dBm 及 a 值為 29dB，並將 a 值與 P_{f1} 代入下式(1)中，可得 IP3 為 -26dBm，上述內容整理如表 5-3：

因量測前，不確定行動監測車之天線是否可從其接收機之 RF 輸入端卸載，並且用訊號產生器直接將訊號輸入到接收機。故將 ITU-R SM.1837 建議之量測方式進行改良，以 OATS 測試 IP3。實際量測時，確認 RF 輸入端可卸載，因此，於後續行動監測車測試任務，改採直接由天線輸入端輸入訊號之方式進行 IP3 驗測。

表5-3 IP3量測結果(南區行動監測車)

f_1 (GHz)	f_2 (GHz)	f_3 (GHz)	f_4 (GHz)	$P_{f1} (P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	$P_{\max}$ (dBm)	a (dB)	IP3 (dBm)
2.399	2.401	2.397	2.403	-41	-70	-70	-70	29	-26
3. $f_3 = 2f_1 - f_2$; 4. $f_4 = 2f_2 - f_1$; 5. $P_{\max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 6. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{\max}$; 7. $IP3 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a/2$; (1)									

(二) 掃瞄速度

接收機的掃瞄速度為接收機於給定的頻率範圍內，能夠掃瞄出訊號位準的速度，以驗證接收機的運行速度及數位處理速率的表現狀況。量測方法為模擬一個靠近右側邊界之訊號，量測掃瞄速度。根據行動監測車接收機之規格，其掃瞄速度皆為每秒 1000MHz，因此，當接收機掃瞄頻率範圍設定為 2.3GHz 至 2.5GHz，並於發射端產生頻率為 2.49GHz 且訊號期間為 0.2 秒的脈衝訊號時，應能偵測到正確之頻率。而量測結果顯示，中、南區之監測車皆能偵測到正確頻率，以及訊號之有效特徵值，如表 5-4 與表 5-5 所示，北區監理處之兩輛行動車監測車則直接由天線輸入端輸入訊號方式，進行掃瞄速度量測。

表5-4 掃瞄速度量測結果(南區行動監測車)

T ₀ (s)	B(MHz)	Scan Speed (MHz/s)	detect
0.2	200	1000	ok

表5-5 掃瞄速度量測結果(中區行動監測車)

T ₀ (s)	B(MHz)	Scan Speed (MHz/s)	detect
0.2	200	1000	ok

(三) 最小信號持續時間

透過訊號產生器，送出 2.4GHz、功率為 0dBm 之脈衝訊號，並逐一調降脈衝訊號期間，觀察是否偵測到正確頻率，以及測向結果是否正確。於接收機端之設定項目為：頻率為 2.4GHz、頻率範圍(span)為 30MHz、解析頻寬為 100kHz。由監測結果顯示，南區與中區行動監測車之最小信號持續時間能偵測至 10ms，且測向正確，相關測量結果如表 5-6 與表 5-7 所示；而北區行動監測車之最小信號持續時間能偵測至 1s，且測向正確；但若最小信號持續時間降至 100ms 時，雖能偵測訊號，但測向角度會偏動，其測向角度測量結果如表 5-8 與表 5-9 所示：

表5.6最小信號持續時間量測結果
(南區監理處之行動監測車)

Min duration time	Detection
100 ms	ok
50 ms	ok
10 ms	ok
5 ms	no

表5-7最小信號持續時間量測結果
(中區監理處之行動監測車)

Min duration time	Detection
100 ms	ok
50 ms	ok
10 ms	ok
5 ms	no

表5-8最小信號持續時間量測結果
(北區監理處之行動監測車BR-516)

Min duration time	Detection
1s	ok
100ms	ok

表5-9最小信號持續時間量測結果
(北區監理處之行動監測車BR-517)

Min duration time	Detection
1s	ok
100 ms	ok

(四) 測向靈敏度

進行測向靈敏度量測時，首先調整發射功率，讓測向接收機測到的場

強值，等於規格所記載之測向靈敏度，針對此訊號進行測向並記錄所測得之方位角，同時記錄實際方位角。重覆上述步驟，並旋轉定向接收機方位，進行 8(或 32)方位之測向。若測量之誤差 rms 值小於 2° ，則此定向系統可達到規格所記載之測向靈敏度。

測向靈敏度量測是藉由行動監測車進行實際量測，南、中、北三區之待測車分別位於發射源(數位訊號產生器及天線)之 260° 、 265.4° 、 252° 方位角，根據 ITU 建議，監測車之測向靈敏度為 $20\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (頻率為 2GHz)。於發射端，分別設定中、南區行動監測車之發射端功率為 -35dBm 以及 -43dBm 之弱訊號，並透過訊號產生器送出 2.4GHz 頻率時，量測到的最小訊號分別為 $12\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 、 $10\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ ，符合 ITU 規定之場強靈敏度，因此進行八方位量測；而北區行動監測車量測到的最小訊號未達到 ITU 規定之場強靈敏度，因此，不進行八方位測向靈敏度量測。由量測結果可得中、南區行動監測車之驗測精確度分別為 16.93、4.79，如表 5-10 與表 5-11 所示：

表5-10測向靈敏度量測結果(南區行動監測車)

Evaluate 定向 Sensitivity (-43 dBm)			
車頭北方位	Angle	Measured Angle	Diff = $(\text{Angle} - \text{Measured Angle})^2$
12°	260°	253.8°	38.44
60°	260°	258.3°	2.89
84°	260°	222.2°	1428.84
143°	260°	255.2°	23.04
178°	260°	231.8°	795.24
241°	260°	262°	4
270°	260°	259.9°	0.01
331°	260°	260.5°	0.25
Accuracy		16.92893233	

表5-11測向靈敏度量測結果(中區行動監測車)

Evaluate 定向 Sensitivity (-35 dBm)			
車頭北方位	Angle	Measure Angle	Diff =(Angle – Measure Angle) ²
54°	265.4°	257°	70.56
84°	265.4°	256°	88.36
130.7°	265.4°	262°	11.56
166.7°	265.4°	267.2°	3.24
208.7°	265.4°	265.4°	0
255°	265.4°	265°	0.16
330°	265.4°	262.7°	7.29
359°	265.4°	263.8°	2.56
Accuracy		4.792311551	

(五) 精確度

如同靈敏度量測方式，是藉由行動監測車進行實際量測，南、中、北三區之待測車分別位於發射源(數位訊號產生器及天線)之 260°、265.4°、252°方位角，進行定向量測，轉動定向接收機量測訊號的方位角，與實際方位角比對，估算其精確度(Accuracy)。於發射端分別設定南、中、北區行動監測車之發射端功率各為-23dBm、-15 dBm、-10dBm 以及-13dBm 之強訊號，並透過訊號產生器送出 2.4GHz 之頻率，驗測精確度結果：南區約為 2.85、中區約為 4.00，北區之兩輛監測車分別為 2.66、3.13，如表 5-12 至表 5-15 所示：

表5.12精確度量測結果(南區行動監測車)

Evaluate 定向 Accuracy (-23 dBm)			
車頭北方位	Angle	Measure	Diff
12°	260°	256.5°	12.25
60°	260°	258.5°	2.25
84°	260°	254.2°	33.64
143°	260°	256.2°	14.44
178°	260°	261°	1
241°	260°	259.8°	0.04
270°	260°	259.9°	0.01
331°	260°	261.1°	1.21
Accuracy		2.846928169	

表5-13精確度量測結果(中區行動監測車)

Evaluate 定向 Accuracy (-15 dBm)			
車頭北方位	Angle	Measure Angle	Diff
54°	265.4°	264.2°	1.44
84°	265.4°	258°	54.76
130.7°	265.4°	259°	40.96
166.7°	265.4°	261°	19.36
208.7°	265.4°	265.4°	0
255°	265.4°	265.7°	0.09
330°	265.4°	264.8°	0.36
359°	265.4°	262.1°	10.89
Accuracy		3.997811902	

表5-14精確度量測結果(北區監理處之行動監測車BR-516)

Evaluate 定向 Accuracy (10 dBm)				
車頭北方位	Angle	Measure Angle	場強 (E Field) (dB μ V/m)	Diff =(Angle - Measure Angle) ²
8.9°	252°	249.74°	27.3	5.1076
45.4°	252°	247.3°	29.4	22.09
124°	252°	254.38°	8.3	5.6644
162.5°	252°	248.74°	26.1	10.6276
194.2°	252°	251.36°	24.8	0.4096
233.6°	252°	255.4°	28.8	11.56
265.7°	252°	252.14°	25.2	0.0196
320.4°	252°	250.92°	28	1.1664
Accuracy		2.660949079		

表5-15精確度量測結果(北區監理處之行動監測車BR-517)

Evaluate 定向 Accuracy (-13 dBm)				
車頭北方位	Angle	Measure Angle	場強(E Field) (dB μ V/m)	Diff =(Angle - Measure Angle) ²
12.7°	252°	255.42°	28.6	11.6964
82°	252°	247.13°	25	23.7169
112.2°	252°	255.04°	24.3	9.2416
162.2°	252°	254.18°	30.4	4.7524
214.5°	252°	248.33°	27.8	13.4689
259.2°	252°	252.73°	27.1	0.5329
307.4°	252°	255.09°	26.6	9.5481
314.1°	252°	254.3°	28.8	5.29

Accuracy	3.127443045
----------	-------------

二、 直接由天線輸入端輸入訊號

(一) IP3

此量測直接由天線輸入端輸入訊號，訊號產生器產生兩相同功率且頻率間隔為 1-2MHz 之 f_1 、 f_2 測試訊號，傳輸至接收機之天線輸入端。由於非線性的關係，會產生頻率為 $f_3 = 2f_1 - f_2$ 和 $f_4 = 2f_2 - f_1$ 兩種互調變的訊號，此即 IP3 所在之頻率。由各區監理處行動監測車監測螢幕顯示之量測結果，求得 f_3 頻率、 f_4 頻率、 $P_{\max}$ 及 a 值，並將 a 值與 P_{f1} 代入下式(1)中，可得 IP3 為，上述內容整理如表 5-16 至表 5-19：

表5-16 IP3量測結果(南區行動監測車)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	$P_{f1} (P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	$P_{\max}$ (dBm)	a (dB)	IP3 (dBm)
149.5	150.5	148.5	151.5	-5	-66	-65	-65	60	25
8. $f_3 = 2f_1 - f_2$; 9. $f_4 = 2f_2 - f_1$; 10. $P_{\max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 11. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{\max}$; 12. $IP_3 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a/2$; (1)									

表5-17 IP3量測結果(中區行動監測車)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	$P_{f1} (P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	$P_{\max}$ (dBm)	a (dB)	IP3 (dBm)
149.5	150.5	148.5	151.5	-4	-64	-70	-64	60	26
13. $f_3 \text{ (MHz)} = 2f_1 - f_2$; 14. $f_4 \text{ (MHz)} = 2f_2 - f_1$; 15. $P_{\max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 16. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{\max}$; 17. $IP_3 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a/2$; (1)									

表5-18 IP3量測結果(北區監理處之行動監測車BR-516)

f₁ (MHz)	f₂ (MHz)	f₃ (MHz)	f₄ (MHz)	P_{f1} (P_{f2}) (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP3 (dBm)
149.75	150.25	149.25	150.75	-6	-60	-62	-60	54	21
18. $f_3 = 2f_1 - f_2$; 19. $f_4 = 2f_2 - f_1$; 20. $P_{\max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 21. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{\max}$; 22. $IP3 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a/2$;									

表5-19 IP3量測結果(北區監理處之行動監測車BR-517)

f₁ (MHz)	f₂ (MHz)	f₃ (MHz)	f₄ (MHz)	P_{f1} (P_{f2}) (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP3 (dBm)
298	302	294	306	-6	-67	-67	-67	61	24.5
23. $f_3 \text{ (MHz)} = 2f_1 - f_2$; 24. $f_4 \text{ (MHz)} = 2f_2 - f_1$; 25. $P_{\max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 26. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{\max}$; 27. $IP3 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a/2$;									

(二) IP2

量測方式為直接由天線輸入端輸入訊號，訊號產生器產生兩相同功率且頻率間隔為 1-2MHz 之 f_1 、 f_2 測試訊號，傳輸至接收機之天線輸入端。由於非線性的關係，會產生頻率為 $f_3 = f_2 - f_1$ 和 $f_4 = f_1 + f_2$ 兩種互調變的訊號，此即為 IP2 所在之頻率。由各區監理處之行動監測車監測螢幕顯示之量測結果，得出 f_3 頻率、 f_4 頻率、 $P_{\max}$ 及 a 值，並將 a 值與 P_{f1} 代入下式(2)中，可得 IP2 值，量測結果如表 5-20 至表 5-23：

表5-20 IP2量測結果(南區行動監測車)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	$P_{f1}(P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP2 (dBm)
149.463	150.613	1.15	300.076	-14	-85	-85	-85	71	57
28. $f_3 = f_2 - f_1$; 29. $f_4 = f_1 + f_2$; 30. $P_{max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 31. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{max}$; 32. $IP2 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a$; (2)									

表5-21 IP2量測結果(中區行動監測車)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	$P_{f1}(P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP2 (dBm)
149.525	150.5	0.975	300.025	-14	-78	-78	-78	64	50
33. $f_3 = f_2 - f_1$; 34. $f_4 = f_1 + f_2$; 35. $P_{max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 36. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{max}$; 37. $IP2 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a$;									

表5-22 IP2量測結果(北區監理處之行動監測車BR-516)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	$P_{f1}(P_{f2})$ (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP2 (dBm)
149.85	150.2	0.35	300.05	-16	-68	-68	-68	52	36
38. $f_3 = f_2 - f_1$; 39. $f_4 = f_1 + f_2$; 40. $P_{max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 41. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{max}$; 42. $IP2 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a$;									

表5-23 IP2量測結果(北區監理處之行動監測車BR-517)

f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	P_{f1} (P_{f2}) (dBm)	P_{f3} (dBm)	P_{f4} (dBm)	P_{max} (dBm)	a (dB)	IP2 (dBm)
147.9	150.26	2.36	298.16	-21	-78	-78	-78	57	36
43. $f_3 = f_2 - f_1$; 44. $f_4 = f_1 + f_2$; 45. $P_{max} \text{ (dBm)} = \max(P_{f3}, P_{f4})$; 46. $a \text{ (dB)} = P_{f1} - P_{max}$; 47. $IP2 \text{ (dBm)} = P_{f1} + a$;									

(三) 雜訊指數

雜訊指數為量測接收機輸入端訊號功率與輸出功率之比值。量測前，將接收機卸下與訊號產生器連接之傳輸線，並接上 50Ω 負載，並利用頻譜分析儀量測雜訊功率密度，計算出雜訊指數。量測結果南區與中區監測車雜訊指數結果皆為 9 dB，北區兩輛監測車雜訊指數分別為 9dB、7dB，所得之結果皆符合小於 12 dB 之系統規格。各區行動監測車之雜訊指數量測內容整理如表 5-24 至表 5-27：

表5-24雜訊指數量測結果(南區監理處之行動監測車)

Noise Figure	P_{out}	Gain	Noise Floor	RBW
9 dB	-165 dBm/Hz	0 dB	-115 dBm	100kHz

表5-25雜訊指數量測結果(中區監理處之行動監測車)

Noise Figure	P_{out}	Gain	Noise Floor	RBW
9 dB	-165 dBm/Hz	0 dB	-115 dBm	100kHz
10 dB	-164 dBm/Hz	0 dB	-127 dBm	5kHz

表5-26雜訊指數量測結果(北區監理處之行動監測車BR-516)

Noise Figure	P_{out}	Gain	Noise Floor	RBW
9 dB	-165 dBm/Hz	0 dB	-115 dBm	100kHz

表5-27雜訊指數量測結果(北區監理處之行動監測車BR-517)

Noise Figure	P_{out}	Gain	Noise Floor	RBW
7 dB	-167 dBm/Hz	0 dB	-117 dBm	100kHz

(四) 選擇性

選擇性定義為眾多干擾訊號中，區分出所要訊號的能力。其驗測架構方式透過數位訊號產生器產生 CW 訊號，輸入接收機並由頻譜分析儀呈現量測結果，所量測到的訊號峰值往下 60dB 與 6dB 頻寬之比值即為此接收機之選擇性。量測結果顯示，南區選擇性比值為 2.5，而中區選擇性比值為 5，北區兩輛之選擇性比值分別為 3.27、3.16，整理如表 5-28 至表 5-31。

表5-28 Selectivity量測結果(南區)

Selectivity	$\Delta f_{6dB}(MHz)$	$\Delta f_{60dB}(MHz)$
2.5	0.000048	0.00012

表5.30 Selectivity量測結果
(北區BR-516)

Selectivity	$\Delta f_{6dB}(MHz)$	$\Delta f_{60dB}(MHz)$
3.272727273	0.000044	0.000144

表5-29 Selectivity量測結果(中區)

Selectivity	$\Delta f_{6dB}(MHz)$	$\Delta f_{60dB}(MHz)$
5	0.000048	0.00024

表5.31 Selectivity量測結果
(北區BR-517)

Selectivity	$\Delta f_{6dB}(MHz)$	$\Delta f_{60dB}(MHz)$
3.163265306	0.000098	0.000310

(五) 掃瞄速度

北區監理處之兩輛行動車監測車直接由天線輸入端輸入訊號方式，進行掃瞄速度量測。量測方法為模擬一個靠近右側邊界之訊號，量測掃瞄速度。根據行動監測車接收機之規格，掃瞄速度皆為每秒 1000MHz，並將接收機掃瞄頻率範圍設定為 2.3GHz 至 2.5GHz，因此於發射端產生頻率為 2.49GHz 且訊號期間為 0.2 秒的脈衝訊號。量測結果顯示，北區之兩輛監測車皆能偵測到正確頻率，以及訊號之有效特徵值，如表 5-32 與表 5-33 所示：

表5-32掃瞄速度量測結果

(北區監理處之行動監測車BR-516)

T ₀ (s)	B(MHz)	Scan Speed (MHz/s)	detect
0.2	200	1000	ok

表5-33掃瞄速度量測結果

(北區監理處之行動監測車BR-517)

T ₀ (s)	B(MHz)	Scan Speed (MHz/s)	detect
0.2	200	1000	ok

(六) 自動增益控制

自動增益控制為接收機可以接收的輸入訊號強度範圍，其驗測架構為經由數位訊號產生器產生 CW 訊號，輸入接收機並透過頻譜分析儀呈現量測結果，於自動增益控制範圍內調整輸出功率，觀察 IF 訊號之功率是否相同。各區行動監測車之輸出功率範圍設置在 0 dBm 與 -120dBm 以及 10 dBm 與 -110dBm 之間，皆可偵測正確之 IF 訊號功率，量測結果整理如表 5-34 至 5-37：

表5-34 AGC量測結果(南區)

AGC	P _{0dBm}	P _{-120dBm}
>120dB	ok	ok

表5-35 AGC量測結果(中區)

AGC	P _{0dBm}	P _{-120dBm}
>120dB	ok	ok

表5-36 AGC量測結果

(北區監理處之行動監測車BR-516)

AGC	P _{10dBm}	P _{-110dBm}
>120dB	ok	ok

表5-37 AGC量測結果

(北區監理處之行動監測車BR-517)

AGC	P _{10dBm}	P _{-110dBm}
>120dB	ok	ok

第六章 電波監測站之查勘作業及改善建議

第一節 監測站簡介

世界各國之頻譜主管機關及設備供應商，於電波監測的規範與作法上，無不以 ITU-R 頻譜監測手冊之建議為基礎。而我國現有電波監測系統的架構與功能主要依據「ITU-R 1995 年頻譜監測手冊」建議書，已建置完成通用的電波監測站(具監測與定位功能)，共 35 站。

依據「ITU-R 1995 年頻譜監測手冊」所提及有關「電波監測站選址」之重要原則分別為：

1. 適合地點：首選地理環境單純、地勢高並可鳥瞰人口密集的區域。
2. 防止幅射：因幅射會影響定向之精確度，建置監測站時，應遠高壓電、金屬及易產生反射波之海面與湖面。
3. 避開障礙物：選擇監測站位址時，應避免四周環境建物相對高度高於監測站。
4. 電波環境因素：監測站址四周若存在大功率的發射源，將使得雜訊位準過高，影響監測與定向的精確度。

由於台灣人口密集、地形繁複，及電信自由化後各種無線通訊業務的蓬勃發展，故難以尋得滿足前揭監測站選址原則的理想地點。此外，由於當時電波監測站的觀念才剛萌芽，相關機構與法令無法適時配合如：監測站四周服務人口增長的預測、有效防止監測站四周高層建築物的興建及避免大功率電台在鄰近監測站四周的侵襲等，導致 1999 年所建置完成的監測站在面對四周環境丕變下，其監測與定向精確度逐漸減低。其中最為顯著的是：台北市士林與新竹縣六家監測站，其監測站地勢不高，加上附近高樓環伺，而陷入監測效果不佳的窘境。

另一方面，由於部分監測站位處山區，易受土石流肆虐造成坍方，導

致進場道路極為險峻難行；部分監測站位處易遭雷擊之區域，即使裝設雷擊計數器、突波吸收器及避雷隔離變壓器保護，仍多次遭受雷擊而毀損相關設備。在永續維運的考量上，更極需改弦易轍以重新思考與擬定「固定站的建置」以符合新世代電波監測系統之需求。

第二節 查勘項目

而建置電波監測站的首要原則為，評估各固定站的最適屬性(監測與定向型、監測型、簡易型)。欲達此目的，本計劃於查勘過程中，將對既有之固定站址進行以下查勘項目：地理位置(如經緯度、海拔高度、建物高度)、鐵塔(如型式、航空警示燈)、避雷設備、接地(如避雷與設備接地)、電力、空調設備、電信網路與電波環境等。

一、 地理位置

NCC 固定監測站址、海拔高度、鐵塔高度及建物高度如表 6.1 所示。既有的固定站址配置於各地，其所建構出的「電波監測網」，採取跨區整合暨相互支援的方式，以實現「監測與交測定位」的功能。表 6-1 中的數據資料為進場交通與施工難易度的重要指標，需提供在未來的招標文件中。以次格山的建物而言，如圖 6-1 所示，需責成施工廠商克服此「天線至監測定向接收機」中所造成傳輸線能量的嚴重損耗，並進行嚴格的驗證與測試，以確保監測與定向的精確度。

表6-1電波監測站查勘位置一覽表

項次	縣市別	站名	東經 (WGS-84)			北緯 (WGS-84)			地 址	建物高度 (m)	鐵塔高度 (m)	總和 (m)
			度	分	秒	度	分	秒				
1	台北市	士林	121	31	24.8	25	4	51.7	台北市士林區基河路 10 號	12F(54)	9	63
2	新北市	次格山	121	36	17.7	24	57	46.7	新北市新店區北宜路 3 段 337 號	約 30m	12	42
3	新北市	大棟山	121	23	3.3	24	59	44.3	新北市樹林區山子腳段橫坑子小段 1-1 號	2F(9)	17	26
4	桃園縣	高原	121	12	24.8	24	50	22.3	桃園縣龍潭鄉高楊北路 65 號	3F(13.5)	12	25.5
5	宜蘭縣	美城	121	47	21	24	46	43.5	宜蘭縣壯圍鄉美城村大福路 2 段 400 號	3F(13.5)	9	22.5
6	宜蘭縣	冬山	121	47	41.67	24	37	54	宜蘭縣冬山鄉香和村冬山路 1 段 879 號	6F(27)	12	39
7	新竹縣	六家	121	1	51.6	24	49	7.1	新竹縣竹北市十興里東興路一段 90 號	6F(27)	12	39
8	新竹縣	尖筆窩山	121	8	55.2	24	40	11	新竹縣橫山鄉南昌村 12 鄰尖筆窩 66 號	3F(13.5)	17	30.5
9	花蓮縣	吉安	121	34	39	23	58	31	花蓮縣吉安鄉吉安村中山路 3 段 78 號	3F(13.5)	12	25.5
10	花蓮縣	月眉山	121	32	21	23	49	10.5	花蓮縣壽豐鄉月眉村 18 鄰月眉 6 段 14-11 號	2F(9)	17	26
11	苗栗縣	大埔	120	54	20	24	42	55	苗栗縣竹南鎮公義路 1339 號	4F(18)	12	30
12	苗栗縣	九華山	120	45	20	24	26	53	苗栗縣銅鑼鄉九湖村 16 鄰九湖 183-1 號	2F(9)	17	26
13	台中市	豐原	120	42	49	24	14	54	台中市豐原區中興路 171 號	6F(21)	9	30
14	台中市	大肚山	120	36	6	24	12	56	台中市大雅區通山路 99 號	3F(15)	20	35
15	彰化縣	溪湖	120	28	44	23	58	20	彰化縣溪湖鎮彰水路 4 段 323 號	4F(12)	12	24
16	南投縣	鳳鳴	120	38	48	23	49	7	南投縣名間鄉埔中村埔中巷 8-15 號	3F(14)	17	31
17	雲林縣	莿桐	120	30	11	23	45	42	雲林縣莿桐鄉和平路 74 號	4F(18)	9	27
18	嘉義市	金龍	120	28	16.3	23	28	43.5	嘉義市金龍街 63 號 14 樓之 1	15F+屋凸	3	73.5

										(67.5+3)		
19	嘉義縣	六腳	120	14	42	23	30	32	嘉義縣六腳鄉六腳村 100 號	2F 挑高+屋凸 (9+3)	無	12
20	嘉義縣	尖凍山	120	36	44	23	28	41	嘉義縣竹崎鄉桃源村 20 鄰桃源 77 號	2F 挑高(9)	18	27
21	台南市	嘉民	120	23	0	23	23	1	台南市後壁區上茄冬號 48 之 1	3F 挑高(13.5)	15	28
22	台南市	安平 (健康)	120	10	14.6	22	59	49.7	台南市健康三街 592 巷 55 號 24 樓之三	24F+2 層屋凸 (117+6)	無	123
23	高雄市	茄萣	120	11	5	22	54	34	高雄市茄萣區白砂路 100 號	2F 挑高(9)	15	24
24	高雄市	東照山	120	23	42	22	41	21	高雄市大樹區小坪路 107-3 號	3F(13.5)	20	33.5
25	高雄市	枕頭山	120	31	6	23	2	37	高雄市杉林區木梓村茄苳巷 105 號	2F 挑高(9)	18	27
26	高雄市	大坪頂	120	23	29	22	33	35	高雄市小港區高坪 17 街 182 號	5F 挑高+屋凸 (22.5+3)	5	30.5
27	屏東縣	泰山	120	36	32	22	47	7	屏東縣高樹鄉三民路 3 號之 8	3F 挑高+屋凸 (13.5+3)	15	31.5
28	屏東縣	南州	120	30	38.3	22	29	37.1	屏東縣南州鄉仁理路 11 巷 21 號	2F 挑高(9)	15	24
29	屏東縣	後村	120	27	38	22	34	37.1	屏東縣萬丹鄉後庄仔路 74 之 13 號	3F 挑高(13.5)	15	28.5
30	屏東縣	崇明	120	28	38.49	22	40	51	屏東縣屏東市崇明四街 1 號 13 樓之 1	13F(58.5)	無	58.5
31	台東縣	馬蘭	121	7	50	22	46	27	台東縣台東市更生路 1076 號	5F(22.5)	15	37.5
32	台東縣	利嘉山	121	3	15	22	47	23	台東縣卑南鄉利嘉路 689 巷 98 號	2F 挑高(9)	18	27
33	澎湖縣	澎南	119	35	39	23	31	33	澎湖縣馬公市雞母塢 37-2 號	2F 挑高(9)	18	27
34	澎湖縣	馬公	119	33	52.59	23	33	46.79	澎湖縣馬公市臨海路 36 之 1 號(港務大樓)	14F(63)	5	68
35	金門	金湖	118	25	1.7	24	26	27.6	金門縣金湖鎮復興路 4 之 1 號	4F(18)	5	23



圖6-1 次格山監測站建物外觀

另外，本次查勘所使用的設備為 GPS(WGS84 座標)如圖 6-2 所示。查勘分析結果與 NCC 提供的資料核對均為正確。



圖6-2 地理位置所使用的GPS設備

二、 鐵塔

「鐵塔的型式」是各類型天線座落方式的重要依據，既有監測站中鐵塔の種類可分為直立、拉線、鋼骨與鋼筋水泥(Reinforce Concrete;以下簡稱RC)結構四種，如圖 6-3，其各固定站鐵塔配置整理如表 6-2 所示。其中 RC 結構僅見於澎湖縣澎南監測站。直立式、鋼骨與 RC 式均可滿足「新世代電波監測系統」的各類型天線的座落與建置。目前查勘的結果顯示：拉線式鐵塔較無閒置的空間以放置各類型天線。



圖6-3(a) 直立式鐵塔



圖6-3(b)拉線式鐵塔



圖6-3(c) 鋼骨式鐵塔



圖6-3(d) RC結構監測塔

表6-2 「固定監測站」各類型鐵塔型式一覽表

項次	縣市別	站名	直立式	拉線式	鋼骨	RC
1	台北市	士林		○		
2	新北市	次格山	○			
3	新北市	大棟山	○			
4	桃園縣	高原	○			
5	宜蘭縣	美城		○		
6	宜蘭縣	冬山	○			
7	新竹縣	六家	○			
8	新竹縣	尖筆窩山			○	
9	花蓮縣	吉安	○			
10	花蓮縣	月眉山			○	
11	苗栗縣	大埔	○			
12	苗栗縣	九華山			○	
13	台中市	豐原		○		
14	台中市	大肚山			○	
15	彰化縣	溪湖	○			
16	南投縣	鳳鳴			○	
17	雲林縣	荖桐		○		
18	嘉義市	金龍		○		
19	嘉義縣	六腳	無	無	無	無
20	嘉義縣	尖凍山			○	
21	台南市	嘉民	○			
22	台南市	安平(健康)		○		
23	高雄市	茄萣	○			
24	高雄市	東照山			○	
25	高雄市	枕頭山			○	
26	高雄市	大坪頂		○		
27	屏東縣	泰山	○			
28	屏東縣	南州	○			
29	屏東縣	後村	○			
30	屏東縣	崇明		○		
31	台東縣	馬蘭	○			
32	台東縣	利嘉山			○	
33	澎湖縣	澎南				○
34	澎湖縣	馬公		○		
35	金門	金湖		○		
數量統計			13	10	10	1

三、 避雷與設備接地

基於天線部分應做好避雷保護系統，監測定向系統應具備設備防雷、信號防雷和電源防雷。設備防雷方面，「避雷與設備接地」的查勘重點，係依據現行既有固定監測站是否滿足「避雷接地小於 10 歐姆」與「設備接地小於 5 歐姆」的規範值。並且查勘使用的導線材是否為直徑大於 100mm² 的良好線材。為精確量測接地導線的「避雷與設備接地」歐姆值，本計劃採用的接地電阻計與量測方法如表 6-3 所示。

表6-3 接地電阻計與量測方法

接地電阻計之廠牌型號	TES1700	
測試點與量測方法(以設備接地量測點為例)		範例
 設備接地測試點(空放) 通常在建築物地基建設時， 即應預留管路 設備接地 自設接地測試點(打釘) 相距5~10米 自設接地測試點(打釘)		

查勘結果顯示：除澎湖澎南外，其餘監測站之避雷接地均符合上揭要求。其 RC 結構塔至地面的避雷接地量測呈現過載，但一樓避雷接地點的量測值小於 10 歐姆，此顯示塔頂避雷接地箱的導線需重新配置安裝。

查勘 35 個「監測定向固定站」的位置均選擇於空曠與海拔較高的地點。基於(1).「監測定向固定站」處於山區地形的大幅氣候變化。(2).「監測站

鐵塔與天線設備」相較於周遭的地形與地物面貌係屬於極為顯著的突高與凸出建築物。(3).依據「使用者現狀需求」所設置的「雷擊計數器」。針對較容易遭受雷擊機率的「監測定向固定站」進行評估如表 6-4 所示。

主動式避雷針也是避雷解決方案中的重要選項。主動式避雷針之原理為能夠隨大氣電場變化而吸收並貯存能量，當貯存的能量達到某一程度時便會觸發避雷針尖放電，尖端周圍空氣離子化，使避雷針上方形成一條人工的向上雷電先導，它比自然的向上雷電通道能更早地與雷雲的向下雷電先導接觸，形成主放電通道。相較於現行監測定向固定站採用的避雷針方式而言，主動式避雷針具有的特性為：

1. 可以使雷雲向該避雷針放電的幾率增加，落雷更準確。
2. 等效於將避雷針加高，增大保護範圍。
3. 由於人工先導使放電提前發生，即把未完全成熟的雷雲提前放電，這樣就能使雷閃的強度減弱。
4. 建置成本提高。

表6-4 易受雷擊區的監測定向固定站總覽

縣市別	站名	山區 地形 氣候 變化 程度	海拔 高度 (m)	建物 高度 (m)	鐵塔 高度 (m)	塔頂 高度 (前三 項總 和)	「使用者現狀需求」 已設置 「雷擊計數器」	站台位 置落雷 機率	
								高度	低度
新北市	次格山	大	678	30	12	720	無資料	○	
新北市	大棟山	大	418	9	17	444	無資料	○	
新竹縣	尖筆窩山	大	973.5	13.5	17	1004	無資料	○	
苗栗縣	九華山	大	399	9	17	425	√	○	
台中市	大肚山	小	317	15	20	352	無資料		○
嘉義縣	尖凍山	大	1093	9	18	1120	√(計數器有感應記錄)	○	
高雄市	東照山	小	162.5	13.5	20	196	無資料		○
高雄市	枕頭山	大	756	9	18	783	√(計數器有感應記錄)	○	
台東縣	利嘉山	大	87	9	18	114	√(計數器有感應記錄)	○	

信號防雷方面，主要由於落雷極為容易藉由監測定向天線信號傳輸線

導引至信號接收機，查勘結果顯示：現行監測定向固定站中僅見 Thales 系統採用信號落雷阻絕的接地防護方式如圖 6-4 所示。



圖6-4 Thales系統信號落雷阻絕的接地防護

電源防雷方面，對於易受雷擊區的監測定向固定站而言，由於電力線經常成為雷擊的引線來源，為強化保護設備以避免遭受雷襲，其有效的解決方案為在電力線走向上加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。電源避雷與防雷的解決方案之一如圖 6-5 所示。

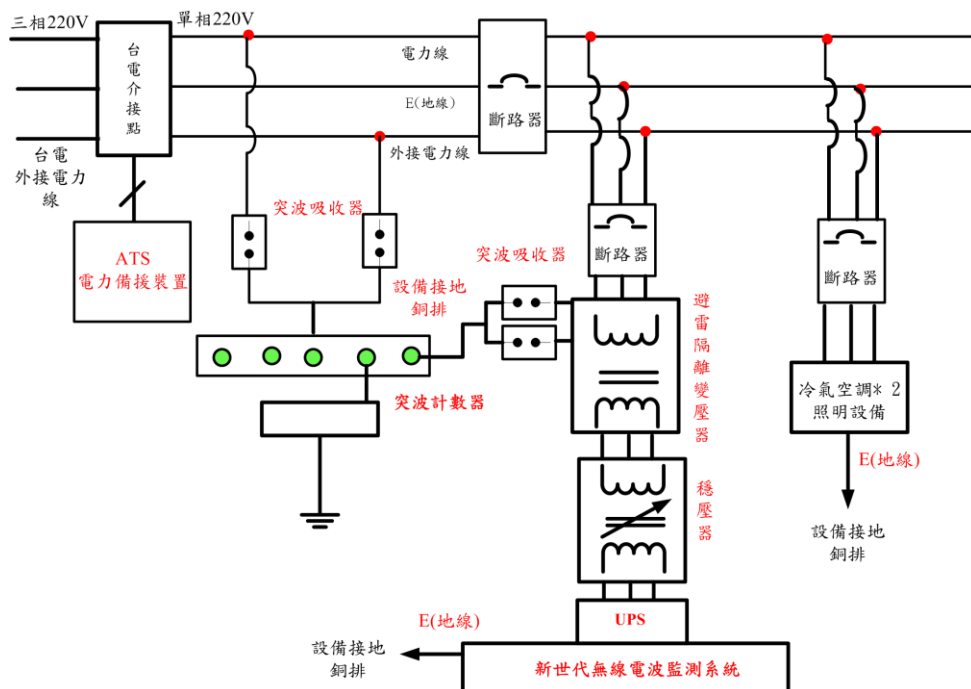


圖6-5 電源避雷示意圖

四、 電力與空調設備

為符合經濟效益，「新世代電波監測系統」應力求輕、薄、短、小之設

計概念。而為因應電力與空調設備之需求，本計劃於電力部分的查勘重點為(1) 穩定供電系統 (2)備用電源及自動切換(3)不斷電系統(Uninterruptable Power Supply;以下簡稱 UPS) (至少能維持 10 分鐘以上)；空調設備部份為(1)冷房效果(2)停電自動復歸功能(3)空調設備之自動切換。此外，查勘結果顯示，現行各監測站所用監測設備的電流值為 3~10 安培，在「新世代電波監測系統」輕量化的設計概念下，應能滿足其用電需求。而各監測站在空調冷房效果上，因採用隔間放置「現行各監測站設備」的方式，冷房效果皆能維持在 25 度以下。

五、 電信網路

監測站電信網路查勘重點項目為實測各區域控制中心與所轄監測固定站間的網路封包傳輸速率，或稱為網路流量。量測的方式採用發送指定長度的網際網路控制訊息協定(Internet Control Message Protocol;以下簡稱 ICMP)封包，記錄 ICMP 封包從控制中心來回任一監測站的往返時間(RoundTrip Time;以下簡稱 RTT)。並根據下列公式 6-1 估計該網路路徑的有效頻寬。

$$T(L) = \alpha + \frac{1}{\beta} L \quad (6-1)$$

α ：涵蓋路徑中之傳遞延遲、緩衝延遲、及 ICMP 回覆延遲(milli-second)

β ：代表路徑的有效速率(bits per second)

L ：代表傳送的封包資料長度(byte)

而有效網路速率的預估值可透過傳送不同封包資料長度(L_1 及 L_2)，以分別獲得其 ICMP 之 RTT($T(L_1)$ 及 $T(L_2)$)，並代入式(6-2)計算得之：

$$\beta = \left| \frac{L_1 - L_2}{T(L_1) - T(L_2)} \right| \times 8 \quad (6-2)$$

本計畫利用此網路速率預估機制，開發一有效速率量測程式，進行控制中心對所轄固定監測站台的網路速率實測。圖 6-6 為該程式執行實測畫面：

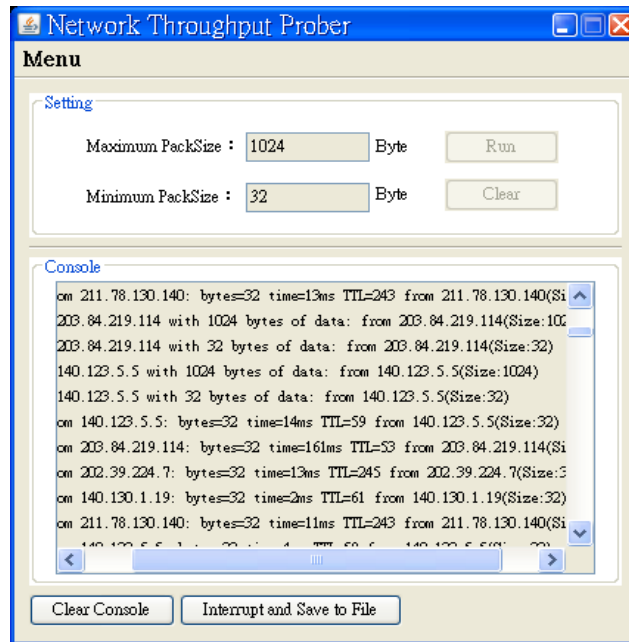


圖6-6 網路速率實測程式畫面

為收集可靠網路速率量測資料，使用此程式重覆監測各區域控制中心至每一監測站的網路速率，收集有效可用的資料集，統計其平均網路速率並記錄於查勘紀錄。根據 ITU 頻譜監測手冊第二章第五節之建議，新世代電波監測系統之網路速率需求，及其網路技術建置方案如表 6-5 所示。

表6-5 ITU新世代監測系統網路速率需求與建置方案

傳輸資料類型	網路需求速率	有線網路方案	無線網路方案
控制命令暨固定頻率測向與量測結果	9 kbps 64 kbps	PSTN ISDN 專線	專用無線電 GSM
同上，同時回傳數位音訊	16 kbps 128 kbps	ISDN 專線	GPRS/EDGE
頻率掃瞄、即時頻譜、中頻顯示、多頻道測向、或遙控電腦桌面顯示	64 kbps 1 Mbps	Frame Relay ADSL VDSL	CDMA 1X UMTS
寬頻 I/Q 資料	1 Mbps > 1G bps	VDSL ATM LAN	Microwave WLAN WiMAX LTE

其中，參照本次的查勘實測結果如表 6-6 所示，提出現行的監測網路系統建議分述如下：

1. 目前採用標準化虛擬私有網路(Virtual Private Network; 以下簡稱 VPN)網路架構，與先進國家所採架構一致，具備開放性、網路安全與未來擴充等特性。
2. 因應未來行動監測站、可運載式監測台數量增加及監測任務加重，其接取方式應採行動 VPN 連接至各所屬控制中心，以避免經過網際網路所造成的資訊安全疑慮並提升其連網效能。
3. 因應未來進階監測任務需求，如即時寬頻 I/Q 傳輸、或 TDOA 測向技術的導入，目前採用之 ISDN、ADSL 及低速專線監測站，應改採高速專線或寬頻 DSL 等接取網路，以提升其網路效能。
4. 為提高網路接取的可靠度，需於監測站評估載入備援網路，以備不時之需。

表6-6 各固定監測站「電信網路」的查勘實測結果

監測中心	位置	專線種類	網路速率(kbps)
北區	士林監測站	1M/1M FTTB	884.02
	大棟山監測站	ISDN	79.78
	尖筆窩山監測站	1M/1M FTTB	875.79
	美城監測站	1M/1M FTTB	843.6
	月眉山監測站	T1(512k)	406.14
	次格山監測站	T1(512k)	453.34
	高原監測站	1M/1M FTTB	803.73
	冬山監測站	1M/1M FTTB	878.9
	六家監測站	1M/1M FTTB	913.69
	吉安監測站	1M/1M FTTB	601.74
中區	中區控制中心(大肚山)	2M/2M FTTB	1955.02
	豐原監測站	1M/1M FTTB	1033.38
	九華山監測站	1M/1M FTTB	923.70
	大埔監測站	1M/1M FTTB	1041.12
	鳳鳴監測站	1M/1M FTTB	1117.55
	溪湖監測站	1M/1M FTTB	1185.33
	荊桐監測站	1M/1M FTTB	1037.56

南區	嘉義尖凍山監測站	512k T1	476.4293
	台南枕頭山監測站	512k T1	429.6506
	高雄大坪頂監測站	1M FTTB	1251.485
	屏東笠頂山監測站	512k T1	停站
	台東利嘉山監測站	512k T1	485.4321
	金門金湖監測站	1M FTTB	1107.592
	高雄東照山監測站	1M FTTB	1243.101
	澎湖馬公監測站	512k ADSL	303.2172
	嘉義金龍監測站	512k ADSL	547.8608
	南州國際監測站	1M FTTB	1230.855
	台南安平監測站	1M FTTB	1269.878
	嘉民監測站	512k ADSL	335.9438
	後村監測站	1M FTTB	1163.29
	茄苳監測站	1M FTTB	1105.194
	泰山監測站	1M FTTB	1118.206
	南州監測站	1M FTTB	1124.409
	馬蘭監測站	1M FTTB	1083.847
	澎南監測站	1M FTTB	1159.874

六、電波背景環境

為執行電波背景環境量測，本計劃採用的(1)儀器之廠牌型號(表 6-7)、(2)天線之廠牌型號(表 6-8)及(3)依循 ITU 頻譜監測手冊第三章所制定的測量頻率範圍參數設定(表 6-9)，分述如下。更進一步，使用數位相機記錄各現行既有固定監測站的八方位照片，以進行地理環境的分析。

表6-7 使用儀器之廠牌型號

頻譜儀	頻段	備註
Agilent Technologies N9340B (Hand Spectrum Analyzer)	100KHz~3GHz	

表6-8使用天線之廠牌型號

天線	頻段	天線因子	電纜 損耗 Cable Loss	頻段	範例
HF active Antenna Aktive Stabantenne HE011	50KHz~30MHz	15dB	2dB	300 KHz ~ 3.3MHz 3 MHz ~ 30 MHz	
Diamond Antenna D-130J Super Bandwidth Discone D-130J	10MHz~1.3GHz	17.4dB	2dB	30 MHz ~330MHz 300 MHz ~1.3 GHz	
D-250	800MHz~3.6G Hz	1dB	0dB	1.0 GHz ~3.0 GHz	
■ 電場強度 E_0 (dBμV/m) = 接收信號功率強度(dBm) + 107 + 天線因子(dB/m) + 電纜損耗(dB) ■ Antenna factor (天線因子) = $20 \log(f) - G - 10 \log(Z_0) - 12.8$					

表6-9測量頻率範圍參數設定

測量頻率範圍	頻譜儀 RES BW & VBW 設定值
300 KHz to 3.3 MHz	1.0 KHz
3 MHz to 30 MHz	3.0 KHz
30 MHz to 330 MHz	30.0 KHz
300 MHz to 1.3 GHz	30.0 KHz
1.0 GHz to 3.0 GHz	30.0 KHz

七、 查勘作業記錄表

綜合前揭重要的查勘結果，為了清楚呈現各固定監測站的地理與電波環境等因素。本計劃將固定監測站查勘作業的各項數據彙整為「查勘作業記錄表」，其表格型式如附件一。

第三節 監測/定向功能評估

為了建置高效能之「新世代電波監測系統」，本計劃查勘過程中，針對以下構面進行評估作業，包括(1) 地理環境 (2) 電波背景環境 (3) 鐵塔建置成本 (4) 維運永續性 (5) 服務涵蓋 (6) 交測需求 (7) 區域需求性。

為了清楚呈現各固定監測站的地理與電波環境等因素，以作進一步的監測/定向功能評估分析。本計劃將既有各固定監測站建置的重要選定構面彙整為「監測/定向功能評估表」，其表格型式如附件二，且經過現行固定監測站在前揭各項重要構面審慎的評估下，其分析結果如表 6-10 所示，其中括號數字代表意義為不可被取代的監測、監測與定向、簡易式功能屬性的固定站數量。

表6-10各站監測/定向功能評估分析統計表

項次	縣市別	站名	監測	監測與測向	簡易型 監測站	備註
1	台北市	士林		●		1. 「士林監測站」的地理與電波環境上，北臨圓山，且本身所處位置地勢不高，附近高樓環伺與大型建築物阻隔，視野不佳影響定向精確度。 2. 由於「士林監測站」置於中華電信頂樓，其鐵塔周圍已被水冷式冷氣設備包圍，導致背景雜訊相當高，影響監測與定向精確度。 3. 「士林監測站」為台北市現有唯一之監測站，實務上有存在的必要性。 4. 建議「國家通訊傳播委員會」於台北市另覓合適地點，如「通傳大樓頂樓」架設監測與測向站。

2	新北市	次格山	●			1. 「次格山監測站」監測站位置上，其「服務人口涵蓋率」稀少，進場道路交通不佳。 2. 其機房(1 樓)與天線(頂樓)之距離過遠，導致天線至接收機傳輸線能量的嚴重損耗而影響定向精確度，適宜進行單項的「監測任務」。
3	新北市	大棟山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
4	桃園縣	高原		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
5	宜蘭縣	美城		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求) 上極高的必要性。
6	宜蘭縣	冬山	●			1. 「冬山監測站」所處位置的「服務人口涵蓋率」稀少。在區域需求上，因位置與「宜蘭縣美城監測站」距離短，適宜進行單項的「監測任務」。
7	新竹縣	六家	●			1. 「六家監測站」的地理與電波環境上，其位置地勢不高，附近高樓環伺與大型建築物阻隔，視野不佳影響定向精確度。適宜進行單項的「監測任務」。
8	新竹縣	尖筆窩山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求) 上極高的必要性。
9	花蓮縣	吉安		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求) 上極高的必要性。
10	花蓮縣	月眉山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
11	苗栗縣	大埔	●			1. 「大埔監測站」鄰近「新竹科學園區」，在地理與電波環境下，位置地勢不高，附近高樓環伺與大型建築物阻隔，視野不佳影響定向精確度。適宜進行單項的「監測任務」。
12	苗栗縣	九華山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求) 上極高的必要性。

13	台中市	豐原		●		1. 豐原監測站(海拔約 210 公尺)，雖其東面數百公尺外有大樓，惟因該站台鄰近舊有社區及機關學校，周遭環境建設高樓機率不大，位屬大台中地區北方，對南面之大台中市區地區(海拔約 80-100 公尺)執行監測定向，與大肚山監測站形成交測網，進行市區交測任務，以現有系統執行定向仍能準確定位，仍具其不可取代性，建議為監測與測向站。
14	台中市	大肚山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上高度的必要性。
15	彰化縣	溪湖		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
16	南投縣	鳳鳴		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
17	雲林縣	莿桐		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
18	嘉義市	金龍		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性必要性。
19	嘉義縣	六腳			●	1. 「六腳監測站」地處偏僻區域。定向功能上無法有效形成交測定位的功能。使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)必要性較低，應以簡易型監測站替代。
20	嘉義縣	尖凍山			●	1. 「尖凍山監測站」所處位置進場道路因土石流肆虐，居民已經發生遷村予撤離的情況。 2. 雖然已進行被動式避雷措施，例如加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。仍多次遭受雷擊毀損設備。應以簡易型監測站替代。
21	台南市	嘉民		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。

22	台南市	健康		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
23	高雄市	茄萣			●	1. 「茄萣監測站」在區域需求上，因位置與「健康監測站」距離短，服務區域重疊。建議以簡易型監測站替代。
24	高雄市	東照山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
25	高雄市	枕頭山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
26	高雄市	大坪頂		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
27	屏東縣	泰山	●			1. 「泰山監測站」使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)必要性較低，適宜進行單項的「監測任務」。
28	屏東縣	南州		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
29	屏東縣	後村	●			1. 「後村監測站」使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)必要性較低，適宜進行單項的「監測任務」。
30	屏東縣	崇明			●	1. 「崇明監測站」在區域需求上，因位置與「屏東縣南州監測站」距離短，服務區域重疊。應以簡易型監測站替代。
31	台東縣	馬蘭		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。 3. 可加強「行動與運載式監測站」的應用功能以取代「台東縣馬蘭」監測/定向固定站的功能。
32	台東縣	利嘉山		●		1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。

33	澎湖縣	澎南		●	1. 「澎南監測站」地處偏僻區域。定向功能上無法有效形成交測定位的功能。使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)必要性較低。 2. 在區域需求上，因位置與「澎湖縣馬公監測站」距離短，服務區域重疊。應以簡易型監測站替代。
34	澎湖縣	馬公		●	1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。在維運上需維持租用港務局頂樓的永續性，以安置「監測/定向設備」。
35	金門	金湖		●	1. 地理環境與電波環境良好，適合監測與測向。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
數量統計：			6	24	5
註：簡易型監測站係指遙測模組式接收機，由國家通訊傳播委員會(NCC)以另案採購方式建置。					

第四節 綜合改善建議

本計劃根據查勘結果提出下列建議，如表 6-11。

表6-11 現行既有固定監測站綜合建議一覽表

項次	縣市別	站名	改善建議
1	台北市	士林	1. 「士林監測站」的地理與電波環境上，其位置地勢不高，附近高樓環伺與大型建築物阻隔，視野不佳影響定向精確度。 2. 「士林監測站」在使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)具備監測/定向上極高的必要性。 3. 在「國家通訊傳播委員會北區處」協調「通傳大樓頂樓」架設監測站完成後，「士林監測站」可考慮以簡易型監測站替代，並發揮「行動與運載式監測站」的功能，以擴大服務大台北地區的監測/定向任務。
2	新北市	次格山	1. 特殊的建築造型導致天線至接收機傳輸線能量的嚴重損耗，因此，需責成施工廠商克服此「天線至監測定向接收機」中所造成傳輸線能量的嚴重損耗，並進行嚴格的驗證與測試，以確保監測與定向精確度。 2. 雖然目前無雷擊毀損設備的情況發生，在永續維運的考量下，可採取不與「中華電信公司」共站的方式，另尋求獨立自主的防護措施以加強改善「避雷接地」。例如：加裝雷擊計數器、突波吸收器與

			避雷隔離變壓器保護。 3. 進場道路欠佳，遭遇雨季時容易發生坍方，在永續維運的考量上，可逐漸運用「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站的功能。
3	新北市	大棟山	1. 因採獨立 ISDN 網路，建議未來應納入新世代電波監測系統之 VPN 網路。 2. 電波環境量測 30 MHz~ 330 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
4	桃園縣	高原	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
5	宜蘭縣	美城	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
6	宜蘭縣	冬山	1. 宜蘭監測區域遠離「北區控制中心」，人力派遣有鞭長莫及之疑慮。基於「宜蘭監測區域」須保留一個監測/定向站之原則(較無交測之緊迫性)，及在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，可考慮以「簡易式監測站」取代此監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。
7	新竹縣	六家	1. 在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，應盡可能以「簡易式監測站」取代此監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本的目標。 2. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
8	新竹縣	尖筆窩山	1. 目前此站尚無雷擊毀損設備的情況發生，但在永續維運的考量下，可加強避雷措施。例如：加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。避免遭受雷擊而毀損設備。 2. 因其進場道路欠佳，遭遇雨季時易發生坍方，在永續維運的考量下，可逐漸運用「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站。
9	花蓮縣	吉安	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
10	花蓮縣	月眉山	1. 進場道路欠佳，遭遇雨季時容易發生坍方，在永續維運的考量上，可逐漸運用「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站的功能。 2. 花蓮監測區域遠離「北區控制中心」，人力派遣有鞭長莫及之疑慮。基於「花蓮監測區域」須保留一個監測/定向站之原則(較無交測之緊迫性)，及在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，可考慮以「簡易式監測站」取代此監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。
11	苗栗縣	大埔	1. 考量鄰近的「新竹科學園區」建物必然會愈來愈高，為彌補新竹地區監測與定向服務的盲點與死角，須運用「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站。並發揮「行動與運載式監測站」的功能以補償固定站減縮之影響。

12	苗栗縣	九華山	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
13	台中市	豐原	1. 豐原監測站(海拔約 210 公尺)，其東面數百公尺外有大樓，其位屬大台中地區北方，對南面之大台中市區地區(海拔約 80-100 公尺)執行監測定向，與大肚山監測站形成交測網，進行市區交測任務。考量其現有系統執行監測與定向的必要性與不可取代性，未來需注意周遭環境高樓數量的成長以避免影響定向精確度。除東邊有大型建築物外，考量鄰近的建物必然會愈來愈高。「台中市豐原監測站」必然為附近高樓環伺而逐漸失去定向的精確度。 2. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
14	台中市	大肚山	1. 具備勤空間，適合建置為中區控制中心。
15	彰化縣	溪湖	1. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在較高的雜訊位準(-69.89dBm)。
16	南投縣	鳳鳴	1. 目前無重大雷擊毀損設備的情況發生，「設備接地歐姆值」符合「最低標準 5 歐姆值」，在永續維運的考量下，可考慮加強保護的措施，例如加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。
17	雲林縣	荊桐	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
18	嘉義市	金龍	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
19	嘉義縣	六腳	1. 「六腳監測站」地處偏僻區域。定向功能上無法有效形成交測定位的功能。使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)必要性較低，應以簡易型監測站替代。
20	嘉義縣	尖凍山	1. 「尖凍山監測站」所處位置的進場道路欠佳，更因土石流肆虐，居民已經發生遷村予撤離的情況。 2. 雖然已進行被動式避雷措施，例如加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。仍多次遭受雷擊毀損設備。應以簡易型監測站替代。
21	台南市	嘉民	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
22	台南市	健康	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
23	高雄市	茄萣	1. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
24	高雄市	東照山	1. 具備勤空間，適合建置為南區控制中心。
25	高雄市	枕頭山	1. 雖然地勢高，但受到群山環抱，來自台南市區的干擾源，將無法全面發揮監測/定向的精確功能。
26	高雄市	大坪頂	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。

27	屏東縣	泰山	1. 在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，應盡可能以「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力目標。
28	屏東縣	南州	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。
29	屏東縣	後村	1. 在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，可考慮以「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。 2. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
30	屏東縣	崇明	1. 電波環境量測 300 KHz~ 3.3 MHz 頻段存在 6 個電場強度大於 100 dB μ V/m 發射源。
31	台東縣	馬蘭	1. 台東監測區域遠離「南區控制中心」，人力派遣有鞭長莫及之疑慮。基於「台東監測區域」須保留一個監測/定向站之原則(較無交測之緊迫性)，及在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，可考慮以「簡易式監測站」取代此監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。
32	台東縣	利嘉山	1. 因地處頁岩，可考慮增加接地支路或有效改善的方式以降低「避雷與設備接地歐姆值」。
33	澎湖縣	澎南	1. RC 結構塔至地面的避雷接地量測呈現過載，但一樓避雷接地點的量測小於 10 歐姆，建議塔頂避雷接地箱的導線需重新配置安裝。
34	澎湖縣	馬公	1. 地理環境與電波環境良好。 2. 使用者現狀需求(服務涵蓋、交測需求、區域需求)上極高的必要性。在維運上需維持租用港務局頂樓的永續性，以安置「監測/定向設備」。澎湖監測區域遠離「南區控制中心」，人力派遣有鞭長莫及之疑慮。基於「澎湖監測區域」須保留一個監測/定向站之原則(較無交測之緊迫性)，及在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，可考慮以「簡易式監測站」取代此監測/定向固定站。並加強「行動與運載式監測站」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。
35	金門縣	金湖	1. 在接近大陸地區的電波環伺下，由於金門縣地形上呈現東西橫向與高山切割阻隔，現有之監測站僅能在「金門縣金湖鎮附近」執行其監測與定向任務，難以執行「金門縣全境」之監測、定向及干擾處理。 2. 「新世代電波監測系統」仍應盡可能以「簡易式監測站」取代現有監測/定向固定站。並加強「運載式與可攜式監測設備」的功能，以符合固定站減縮及節約維運成本與人力的目標。

第七章 結論與建議

綜合本計畫各章節之研究結果，整理歸納成重要結論、立即可行建議及中長期性建議等三種建議。重要結論為，建置新世代電波監測時，必須考量之重要項目；而立即可行建議為，NCC 可立即就現行電波監測業務所面臨之問題，思考解決之道。最後，中長期性建議為，未來整體電波監測業務，預期將面臨的挑戰。

第一節 重要結論

本計畫針對電波監測產業發展趨勢、系統規格架構、採購招標、契約規範及查勘結果等，歸納出以下重要結論：

1. 三層式系統架構

考量新世代電波監測系統須能滿足整合性及開放性之需求，及符合市場發展趨勢，以提升系統建置之可行性，因此，本計畫建議採用三層式系統架構，作為軟硬體間溝通的媒介。

2. GPA 採購協定

於研究過程中，公共工程委員會已將 NCC，名列為適用 GPA 採購協定之政府組織，因此，NCC 必須接受 GPA 協定之規範，於國際上公開招標，使各 GPA 會員國皆能參與此系統之招標。

3. 異質最有利標

鑒於新世代電波監測系統於，技術規格、維護合約、功能、過去履約績效及價格合理性等評選項目，各家廠商有其不同之優勢及異質性，同時，為避免有低價搶標之情況發生，故本計畫建議採用異質最有利標，為此建構案之決標方式。

4. 驗收程序

監測系統接收機重要參數如 IP3/IP2 可使用訊號產生器進行量測，測向系統的測試則需要一個滿足 OATS 的環境及相關的測試平台。量測所需設備包括具指向性之發射天線及可產生突短訊號之數位訊號產生器。測向系統所需測量的重要參數為測向靈敏度、精確度及最小訊號時間。

5. 維護計畫

由於 AOA 定向技術之定向精確度主要根植於：在視野廣闊的優良電波環境下，設定不同的各頻段，配合旋轉天線陣列(例如:呈現五角形配置的 5 對天線陣列)角度，以獲得相對應的「Calibration file」。接著採用「定向演算法」，進一步解算出更為精確的定向角度。依據前揭的定向原理，當原來的天線條件或環境改變，自然會影響「定向的精確度」。為永續確保「定向的精確度」，應注意如下的情況：

- (2) 天線變質或毀壞，先啟用備料的建置機制後，審視「得標廠商」後送維修的能力與時程。
- (3) 許多類似「雷擊損壞的定向天線」，依據前揭的理論，應排除「線上修復並恢復到原先相同性能的可能性」。因為其「完全不能匹配原始廠測的 Calibration file」。「得標廠商」必須提出完善的「定向的校正與修復(Troubleshooting)」後送維修計畫。
- (4) 援引前述(天線變質或毀壞)的情況，特別是「行動監測車定向的精確度」更是「得標廠商」最具挑戰的工程，其中如何解離天線與車體，將是最重要維修計畫與細節。

6. 具開放性及擴充性

本計畫建議可培養相關人力及投入一定比例經費，來處理將來可能面臨的系統擴充問題，並且在採購及建置系統時，在規格上要做一些

必要的要求，在相關介面上做必要的規範，並明令得標廠商需交付相關介面程式及相關文件。

7. 行動上網品質監測

上網品質之監測，要從輻射之電磁波來量測，困難度相當高，若能從電信營運商之網管中心連線，即可容易取得行動上網之品質。因此，電波監測系統不需包含行動上網品質之監控。

第二節 立即可行建議

本計畫藉由出國訪察與舉辦研討會的方式，進行資料蒐集，並期望 NCC 可立即就以下建議，深入思考我國電波監測的未來發展：

(1) 需求導向

歐美等先進國家的電波監管單位，在規劃電波監測系統時，主要係以需求導向之理念來規劃其電波監測系統。實為 NCC 仔細思量，我國電波監測實際需求為何？

(2) 人才培養及經費支持

各先進國家雖於監測任務經費縮減下，仍致力於保有一定數量之人力及經費，建立監測實驗室，進行研究、規劃及系統設計之工作，實值得我國效法。

(3) 行動監測站之重要性

為因應固定監測站數量的減少、新型態通訊協定與行動通訊業務的發展與激增，應該多發揮「固定站與行動監測車交測」功能的應用，讓監測範圍可以更機動性地擴大。

(4) TDOA 與 AOA 技術互補

本計劃建議 NCC 可以持續掌握 TDOA 技術之發展，在台灣的網路頻寬達到一定品質時，可計畫興建一個 TDOA 定位系統，以加強 AOA

定位不足之處。未來也許有機會可以大幅降低 AOA 定位之比重，以降低電波監測系統之建置及維運成本。

第三節 中長期建議

本計畫亦為未來勢必會面臨到的電波監測相關議題，提出以下建議：

1. 各廠商之間系統整合

在未來系統整合上，本計畫建議 NCC 委由第三方公司來負責整合工作，或是由主管機關培養資訊團隊進行整合。同時，必需投入一定比例之經費來維持系統整合之技術。此外，若可於建置時，以單一標案將系統建置完成，避免有不同廠牌的設備存在，亦可省去整合異質設備的困擾。

2. 簡易監測站考量

為「新世代電波監測系統」的長遠規畫與永續性建置的考量，僅具「監測功能的固定監測站」應盡可能以「簡易式監測站」取代。此外，若執行監測、定向與干擾處理業務的區域，遠離「區域控制中心」，人力派遣有鞭長莫及之疑慮。在監測/定向的效能與預算減縮的考量下，基於「監測/定向固定站」較無交測之緊迫性，應以保留一個監測/定向站為原則，並加強「行動與運載式監測站」的功能。

參考書目

- [1] 國家通訊傳播委員會, “我國電波監測系統介紹” NCC News, pp. 17-21, vol. 2, no. 11, 2009年3月。
- [2] ITU- Spectrum Monitoring Handbook, 2011.
- [3] ITU-R Spectrum Management Series.
- [4] Transmitter Location System, website:
<http://www.tlsglobal.com/>
- [5] Ofcom, 英國Ofcom簡報資料, 2011年9月
- [6] FNA, 德國FNA簡報資料, 2011年9月
- [7] ANFR, 法國ANFR簡報資料, 2011年9月
- [8] FCC, 美國FCC簡報資料, 2011年9月
- [9] IEEE 802.16-2009, Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems, May 2009.
- [10] IEEE Std. 802.16m™-2011, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems, Amendment 3: Advanced Air Interface, May 2011.
- [11] IEEE 802.16 Task Group m (TGm), website:
<http://ieee802.org/16/tgm/>
- [12] 3GPP 36 series, “*LTE (Evolved UTRA) and LTE-Advanced radio technology*”, website:
<http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36-series.htm>
- [13] Agilent Technology, “*Introducing LTE-Advanced*” .
- [14] Aldo Buccardo, “A Signal Detector for Cognitive Radio System” , June 2010.
- [15] Simon Haykin, “*Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications*”, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 23, NO. 2, February 2005
- [16] Peter Clarke, “*IEEE publishes ‘white space’ WRAN standard*” , EEtimes, July 2007
- [17] IEEE 802.22 Working Group on Wireless Regional Area Networks, website: <http://www.ieee802.org/22/>

- [18] Carlos Cordeiro, Kiran Challapali, and Dagnachew Birru, Sai Shankar N, *“IEEE 802.22: An Introduction to the First Wireless Standard based on Cognitive Radios”*, JOURNAL OF COMMUNICATIONS, VOL. 1, NO. 1, April 2006.
- [19] IEEE Std. 802.11p™-2010, IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments. July 2010.
- [20] IEEE Std. 802.11n™-2009, IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 5: Enhancements for higher throughput. October 2009.
- [21] Bluetooth Special Interest Group, BLUETOOTH SPECIFICATION Version 4.0, June 2010.
- [22] Broadcast Partners, FMeXtra™ Manual Version 0.92b - Preliminary, DEC. 2007
- [23] ITU Radiocommunication Study Groups, Digital Radio Mondiale RESULTS OF THE DRM FIELD TRIAL IN SRI LANKA, April 2011
- [24] DVB Mobile TV : Technology, website:
<http://www.dvb-h.org/technology.htm/>
- [25] Qualcomm, “MediaFLO Quick facts”, 2009
- [26] ETSI , TS 102 428 V1.2.1, April 2009
- [27] 陳順和, 考試電子舞弊問題探討與防制對策之研究, 考試學刊, 第6期 p.107, 2009.06
- [28] Aurelian Bria, Juan Espino, Jan Markendahl, “On spectrum allocation and interference management for WCDMA and OFDMA femtocells”, Royal Institute of Technology, Sweden, 2010

- [29] Matt Loy, “Understanding and Enhancing Sensitivity in Receivers for Wireless Applications” , Texas instruments, May, 1999
- [30] 莊惠如、林福林、陳宜隆、李亮輝, 射頻微波通訊之量測及儀器介紹, 科儀新知第二十三卷第三期, 2001.09
- [31] 行政院公共工程委員會, 政府採購法
- [32] 行政院公共工程委員會, WTO政府採購協定簡介
- [33] 行政院公共工程委員會, 我國簽署WTO政府採購協定大要
- [34] 張耿禎, 工程決標方式之探討, 中央大學營建管理研究所, 2006.06
- [35] 童文彥, 限制性招標爭議之探討, 2006, 01
- [36] 行政院公共工程委員會, 最有利標評選辦法
- [37] 林高洲, 感知無線電之運用與發展, 中華民國電子零件認證委員會
- [38] ITU-R Spectrum Management Series.1837
- [39] ITU-R Spectrum Management Series.1838
- [40] ITU-R Spectrum Management Series.1839
- [41] ITU-R Spectrum Management Series.2125
- [42] ITU-R Spectrum Management Series.2211
- [43] B. W. Boehm et al., Software Cost Estimation with COCOMO II, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2000.
- [44] A. J. Albrecht et al., “Software function, source lines of code, and development effort prediction: a software science validation,” IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 9, No. 6, pp. 639-648, 1983.
- [45] R. Valerdi, The Constructive Systems Engineering Cost Model (COSYSMO), PhD Dissertation, Industrial and System Engineering, University of Southern California, LA, USA, 2005.
- [46] 中英文-政府採購協定(GPA)彙編, 網址: <http://www.pcc.gov.tw/>
- [47] 行政院公共工程委員會, 機關異質採購最有利標作業須知, 網址: <http://plan3.pcc.gov.tw/gpletf/異質最有利標-950523發文確定版.doc>
- [48] satID, website: <http://www.satid.co.uk/home.html>
- [49] satID, “satID Service Level Agreement” , May 2007

附錄

附件一 電波監測站查勘作業記錄表

查勘人員：_____

日期：_____

站名	區域	地址			
	☐ 市區 ☐ 市郊 ☐ 郊區 ☐ 山區				
經緯度 (WGS84 座標)	_____度_____分_____秒 E _____度_____分_____秒 N	海拔高度_____米 建物高度_____米			
查勘項目	查勘重點	查勘結果	改善建議	備註	
鐵塔	◆ 高度 ◆ 型式 ◆ 航空警示燈 (自動明亮控制器及控制箱)	_____公尺 ☐ 直立 ☐ 拉線 ☐ 鋼骨 ☐ RC ☐ 有 ☐ 無			
避雷設備	◆ 避雷針 ◆ 避雷突波吸收器 ◆ 良好導線材(直徑大於 100mm ²) ◆ 避雷隔離變壓器 ◆ 雷擊計數器	☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無 _____mm ² ☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無			
接地	◆ 避雷接地小於 10 歐姆 ◆ 設備接地小於 5 歐姆	_____歐姆 _____歐姆			
電力	◆ 穩定供電系統 ◆ 備用電源及自動切換 ◆ UPS (至少能維持 10 分鐘以上)	☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無			
空調設備	◆ 冷氣效果 ◆ 停電自動復歸功能 ◆ 空調設備之自動切換	_____°C ☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無			
電信網路	◆ 類型 ◆ 頻寬	☐ 光纖 ☐ ADSL ☐ ISDN _____Kbps			
電波背景環境	◆ 電場強度大於 90 dBuV/m ◆ 電場強度介於 80 dBuV/m 與 90 dBuV/m 之間	☐ 有 ☐ 無 ☐ 有 ☐ 無			
	信號頻率 (MHZ)	信號強度 (dBμV/m)			
	標示大於 100 dBμV/m 的頻率	標示大於 100 dBμV/m 的電場強度			

附件二 監測/定向功能評估表

項目	評估構面與因素					
站名						
地理環境	1. 監測站地勢高低情況。並進行判斷監測站周圍是否存在高樓環伺與大型建築物阻隔而導致視野不佳的情境。 2. 地理環境是否遠離高壓電與金屬反射物的不良影響。					
電波 背景環境	電場強度均 小於 80 dBuV/m	是 () 否 ()				
		300 kHz~ 3.3 MHz (個數)	3 MHz~ 30 MHz (個數)	30 MHz~ 330 MHz (個數)	300MHz~ 1.3 GHz (個數)	1.0 GHz~ 3.0 GHz (個數)
	電場強度存在 大於 100 dBuV/m					
	雜訊位準(dBm)					
鐵塔 建置成本	若屬拉線式鐵塔並未申請雜項執照。在現行各家廠商可選用具有多個監測天線與定向整體銜接在一起的解決方案，應可解決拉線式鐵塔的固定監測站承載各類型天線的疑慮。					
維運永續性	進場道路交通	佳 () 劣 ()				
	雷擊區	是 () 是否已進行被動式避雷措施，例如加裝雷擊計數器、突波吸收器與避雷隔離變壓器保護。仍多次遭受雷擊毀損設備。 否 ()				
	產權共有 (非自有)	是 () 是否與中華電信公司產權共有、或租用港務局大樓或借用水利署而有維運永續性的疑慮。 否 ()				
服務涵蓋	人口涵蓋率	繁多 () 稀少 ()				
	監测定向 使用率	高 () 低 ()				
交測需求	是否應以「簡易式監測站」型式取代現有監測/定向固定站的功能，並發揮「行動與運載式監測站」的功能以補償固定站減縮的效應。					
區域需求性	判斷監測與定向那個重要縣市與區域					
監測/定向 功能評估	監測 () 監測與定向 () 簡易式 ()					
改善建議						

附件三 公共工程委員會訪談紀錄

參加人員：

成大研究團隊： 陳文字博士 王春清博士

國家通訊委員會：曾科長文方 梁技士坤烟 李技士桂雲

公共工程委員會：蘇處長明通 陳副處長尤佳 蔡科長承平

問題	答覆
請問 NCC 是否適用 GPA 機關？	是的，雖然在 GPA 的清單中並未明列 NCC 為適用機關，但基於 NCC 是概括承受 DGT 及新聞局的業務，宜將其納入 GPA 機構，將來公共工程委員會會將其納入清單中，因此建議將此案以 GPA 的採購方式為宜。
本案為巨額採購，若適用 GPA 採購招標，請問將來招標作業為國內標或國際標？	GPA 為協定國貨區域之招標作業，一般就可以用 GPA 的採購稱呼即可，不必強調國內標或國際標。
某些國家若非 GPA 協定國或區域，請問她可以參加招標採購作業嗎？	依 GPA 的採購程序，僅有簽署 GPA 的國家或區域才能參加招標，然對於貴單位的採購，若某些國家或區域可以增進採購案的品質，貴單位可以考慮在招標程序中勾選或增列部分國家或區域可允許參加招標採購。
請問決標方式有最低標、最有利標，異質最低標等方式，依處長您的看法哪種方式較適合？	最低標就是以價格論輸贏，品質較難兼顧。其實要採取何種採購方式，仍以 NCC 的想法較重要，如要兼顧品質，仍以最有利標決標為宜。最有利標的決選方式有很多種，如打分數、序位法、單價分析法可採用，各有優缺點，然在決標過程當中，可依採購法 56 條加以彈性應用。以單價分析法而言，打了各投標廠商的分數及價格標作相除，裡面看似合理，但仍然有機會造成低價搶標之可能。若有此狀況 NCC 可依採購法 56 條加以協商，以避免低價搶標之嫌。
維護合約為將來採購完成之重點工作，但得標廠商通常會獅子大開口提高維護費用，請問處長有何方式可以避免？	此可將維護案納入招標採購程序中，比如採最有利標時加以評選此項目(打一個分數)，並可以預估未來設備使用年限逐年編列預算於合約中或規格裡，以避免得標廠商胡亂招標。
最有利標評選可以實機功能展示嗎？	可以，但要考慮機器是否可搬運至台灣來，若真要展示亦可考慮 video 展示或其它可以實際了解其實際功能的展示方式為之。

附件四 測試程序專家訪談記錄

專家姓名：黃俊雄

服務單位：絡達科技股份有限公司測試部經理

訪談日期：100 年 10 月 26 日 AM 10:00~12:00

地點：新竹市科學園區篤行路 6-5 號 5F

紀錄：陳文字

問題	答覆
請問如何量測接收機之相位雜訊(phase noise)？	首先將接收機接到頻譜儀，再使用訊號產生器輸入一個 CW tone，若 offset 為 10kHz，則頻譜的 Span 可設為 50kHz，為了不要讓雜訊太大而無法觀察到於 offset 處之訊號，頻譜儀的 RBW 可設為 1kHz。若量測之主訊號為 x dBm，offset 處之訊號為 y dBm，則 phase noise 為 $\begin{aligned} & x-y-10\log RBW \\ & =x-y-10\log 1k \\ & = x-y-30 \text{ (dB)} \end{aligned}$ 若接收機提供 Lo 輸出埠，可將頻譜儀接到此 Lo 輸出埠，量測時先將頻譜儀 reset，調整頻譜儀之頻率範圍，使 CW tone 位於頻譜儀螢幕中央位置，再將 span 縮小至 50kHz，其餘量測步驟如上段所述。 注意事項：為了降低 noise level，接收機之 gain 要儘量降低。
請問如何量測接收機之 selectivity?	量測之架構和量相位雜訊相同，一樣是輸入個 CW tone，頻譜儀以至少能看到完整 RBW 之頻率範圍並能觀察到 60dB 頻寬為原則。建議可將 RBW 設為 1kHz，Span 設為 10kHz，所量測到的 60dB 頻寬與 20dB 頻寬之比值即為此接收機之 selectivity。
請問如何量測接收機之 image rejection?	將接收機之 IF 輸出埠接到頻譜儀，再使用訊號產生器輸入一個 CW tone，假設頻率為 100 MHz (f1)，記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率 PIF。此時本地振盪器頻率應為 f1-IF。重新輸入一個相同功率之 CW tone，頻率設為 f1-2IF，記錄頻譜儀所觀察 IF 訊號之頻率和功率 PIF_img，兩次所量測功率 dB 值之差，即為頻接收機之 image rejection。
請問如何量測接收機之 IF	建議此項可請工廠出具驗測報告即可。

rejection?	
請問如何量測接收機 AGC 之範圍?	將接收機之輸入端接上訊號產生器，再將接收機之 IF 輸出端接上頻譜儀，再使用訊號產生器輸入 CW tone，並於 AGC 範圍內調整輸出功率，觀察 IF 訊號之功率是否相同。例如，AGC 範圍是 120dB，分別由訊號產生器輸入 10dBm 及 -100dBm 之訊號，若 IF 訊號之功率相同，則此接收機之 AGC 可達 120dB。
請問如何量測接收機之 IP2?	IP2 之量測架構和 IP3 相同，其公式如下： $IP2 = 2P_f - IM2$ $IP3 = 0.5(3P_f - IM3)$ 其中，P_f 為兩根等強度相鄰訊號之功率 $IM2$ 為二階互調變訊號功率 $IM3$ 為三階互調變訊號功率 注意事項：兩個相鄰之訊號功率，不可超過接收機之線性區。
請問量測接收機之雜訊指數(Noise Figure)有那些注意事項?	頻譜儀要接到接收機之 IF 輸出埠較為適當。

附件五 各區處需求回應表

1. 軟體需求

需 求	對應代號	頁 碼
1. 一般性		
1.1 開放設備互連介面協定。	章節 1.6	徵求說明書 P.11
1.2 具有友善人機介面。	章節 2.1.2	徵求說明書 P.18
2. 量測		
2.1 可選擇垂直或水平天線作量測。	GR-DMR-003	徵求說明書 P.19
2.2 可觀看頻譜信號狀況之類似頻譜分析儀功能。	章節 2.1.2	徵求說明書 P.18
2.3 ITU 量測，能排定時間自動量測，量測結果可報表輸出。	GR-RMTR-018	徵求說明書 P.25
2.4 例行量測設定，可以匯出、匯入方式完成，量測時可解調聲音。	GR-RMTR-006	徵求說明書 P.21
2.5 常見之調變模式(如 AM、FM、CW、SSB.....)解調。	GR-RMTR-013	徵求說明書 P.24
2.6 數位電視信號解調及量測。	GR-RMTR-013	徵求說明書 P.24
2.7 能設定 threshold，達到設定值作自動量測。	GR-RMTR-004	徵求說明書 P.21
2.8 多工功能，量測、定向或交測、錄音可同時進行。	GR-RMTR-005	徵求說明書 P.21
3. 定向		
3.1 同頻多電波發射源之定向能力。	GR-RMTR-011	徵求說明書 P.22
3.2 具有突發 burst 信號、寬頻信號測向能力，須具 REPLAY 功能。	GR-RMTR-011	徵求說明書 P.23

3.3 在多重路徑電波傳播 (multipath) 環境中，具有較佳的定向分析功能。	GR-RMTR-011	徵求說明書 P.22
3.4 可選擇垂直或水平天線作定向。	GR-DMR-003	徵求說明書 P.19
3.5 Real time 定向，且能設定 threshold。	GR-RMTR-012	徵求說明書 P.23
3.6 測向結果資料(如頻率、時間、方位、地圖)輸出。	GR-RMTR-012	徵求說明書 P.23
3.7 DF SCAN 功能，設定時間、頻段作 DF SCAN 功能，結果資料自動蒐集，可以報表方式顯示及輸出。	GR-RMTR-012	徵求說明書 P.23
4. 交測		
4.1 可同時控制數個監測站作交測(如能 Real time 交測更佳)。	GR-RMTR-011	徵求說明書 P.22
4.2 交測結果能以電子地圖方式顯示，且能將相關資料匯出。	GR-RMTR-011	徵求說明書 P.23
4.3 電子地圖能更新圖資。	GR-GITR-008	徵求說明書 P.21
5. 錄音		
5.1 設定頻率、時間、結檔時間進行錄音。	GR-RMTR-017	徵求說明書 P.25
5.2 可選擇錄音檔案格式。	GR-RMTR-017	徵求說明書 P.25
6. 頻譜佔用分析功能		
6.1 頻譜佔用分析。	GR-RMTR-014	徵求說明書 P.24
7. 自我診斷功能		
7.1 固定時間進行設備自我診斷系統設備狀況。	GR-DMR-005	徵求說明書 P.19
7.2 設備於固定時間或於檢修後，能與所建資料庫場強資料作比對，確保檢修後之量測數值正確性(或能自我校正功能)。	GR-DMR-005	徵求說明書 P.19

8. 監測車路測功能		
8.1 設定頻率或頻段進行電波路測，路測結果可作匯出(包括量測數據、電子地圖)。	MMSFR-Type1-002	徵求說明書 P.34
8.2 路測功能含廣播電台、行動電話、行動上網品質等監測。	GR-RMTR-003	徵求說明書 P.21
9. 電波自動比對功能		
9.1 量測資料與資料庫自動比對，電波背景自動比對告警、定向、記錄。	GR-RMTR-009	徵求說明書 P.22
9.2 合法廣播電臺全時加大功率監測及記錄。	GR-RMTR-003	徵求說明書 P.21
9.3 受監測信號出現或消失時，能提供告警（簡訊通知）之功能。	GR-RMTR-002	徵求說明書 P.21
10. 語音干擾訊號聲紋比對功能。		
11. 信號辨識功能		
11.1 信號調變種類及相關參數的分析。	GR-RMTR-013	徵求說明書 P.24
12. 電波涵蓋量測功能		
12.1 電波涵蓋量測功能。	GR-RMTR-015	徵求說明書 P.24

2. 硬體需求

需 求	對應代號	頁 碼
1. 系統架構		
1.1 具有垂直、水平極化監測能力。	FST1-SMAT-VH F-002	徵求說明書 P.41
2. 固定站		
2.1 天線系統須具有防強風、耐高熱、抗鹽蝕及避雷擊等高抗災特性，適合室外長期使用。	FMS-T1DV-001	徵求說明書 P.4
2.2 具有較佳線性度，及較佳抗外部電波干擾能力。	FMS-T1DV-002	徵求說明書 P.4

3. 監測車		
3.1 行動監測車請依其任務需求來設計：		
● 加裝低噪音發電機，並可持續執行 8 小時以上之完整監測/定向功能型監測車。 ● 具 4 輪傳動機動性強可穿越惡劣地形之簡易(小)型監測車。 ● 可監測 SHF 頻段型監測車。	MMS-T1DV-010 MMS-T1DV-011 MS-T1VS-GC-007 MMS-T3DV-001	徵求說明書 P.6 徵求說明書 P.52 徵求說明書 P.8
3.2 行動監測車須具天線防撞偵測警示設備、衛星導航設備及倒車影像監視等安全防護設備。	MMS-T2DV-009 MMS-T1DV-014	徵求說明書 P.6
4. 便攜式設備		
4.1 對大樓內違規使用射頻器材者（如 DECT）尋找較佳之測定設備，如可以無人載具或遙控直升機吊掛之可攜式測定設備。	章節 1.5 (PMS)	徵求說明書 P.10
4.2 可以人工搬遷至大樓頂樓架設之即時測定設備。	章節 1.4 (TMS)	徵求說明書 P.9
5. 其他		
5.1 具連線品質穩定及頻寬容量足夠之網路設備。	由 NCC 自行與 ISP 業者洽談。	