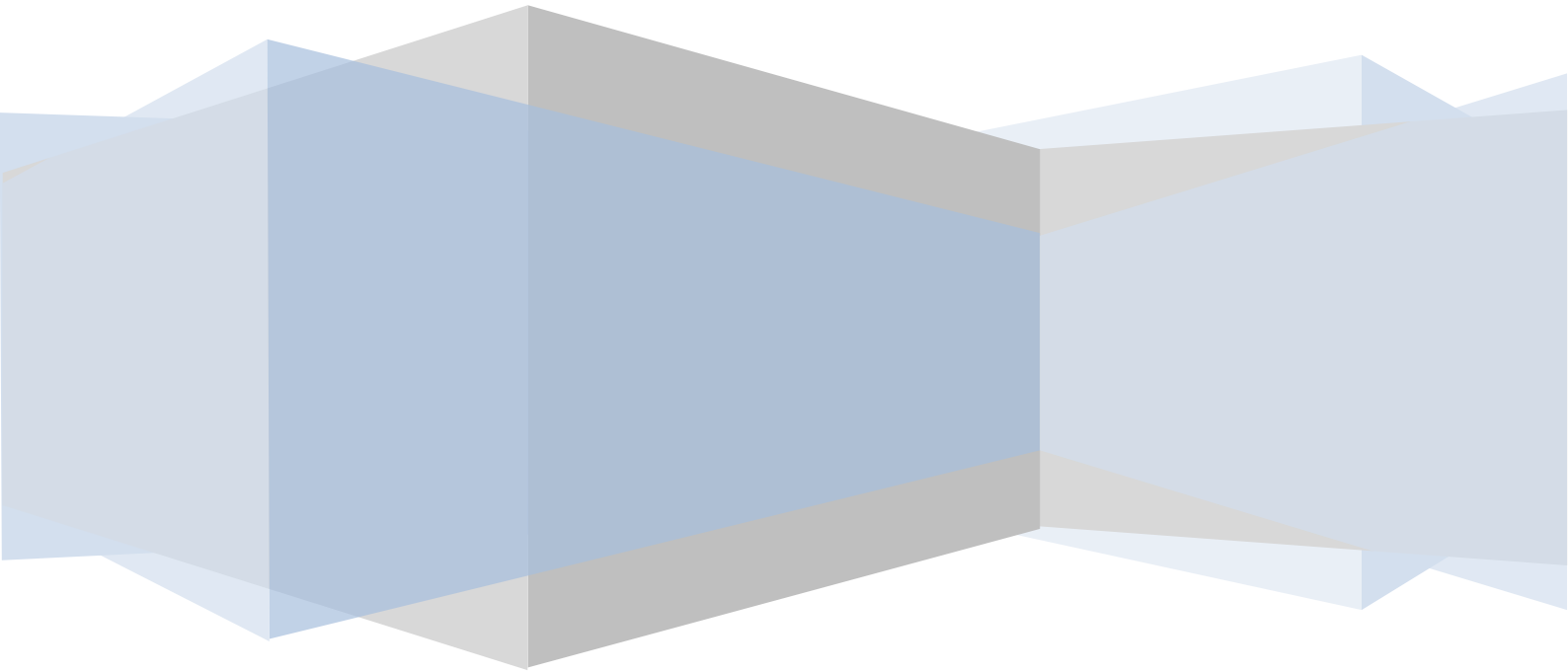
一〇九年補助研究報告
計畫編號：Y109-A4

建構彈性化頻譜監理機制之研究



補助機關：國家通訊傳播委員會

執行單位：財團法人電信技術中心

中華民國一〇九年二月

一〇九年補助研究報告
計畫編號：Y109-A4
GRB 系統編號：PG10906-0065

建構彈性化頻譜監理機制之研究

執行單位

財團法人電信技術中心

計畫主持人

王彥中

協同主持人

林永勝

研究人員

王渝柏、余曜成、巫國豪、卓卿敏、周傳凱、邱于峮、

柯盈池、洪希真、張簡耀暉、陳吳帆、陳冠榮、程致剛、黃羿青

本報告不必然代表國家通訊傳播委員會意見

中華民國一〇九年二月

目次

表　次.....IX

圖　次.....XI

提　要.....XIII

Abstract.....XIX

第一章　緒論.....1

第一節　研究背景.....1

第二節　前期計畫執行概況.....3

一、 106 年度辦理「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究計畫」.....3

二、 107 年度辦理「新世代行動通信及物聯網技術發展之頻譜共享機制規範、頻譜整備與超寬頻技術設備監理制度研究」.....4

三、 108 年度辦理「建構彈性化頻譜管理新機制之實測驗證」6

第三節　研究動機與主題.....7

一、 頻譜接取技術與頻譜使用效率.....7

二、 國際頻譜共享機制之發展.....7

三、 頻譜共享機制演進為彈性化頻譜監理機制之一環.....11

四、 本計畫研究主題.....12

第四節　執行進度與成果效益.....12

第二章　動態頻譜接取技術創新發展與應用.....17

第一節　感知無線電.....18

一、 簡介.....18

二、 相關技術標準 20

第二節 空閒電視頻段免執照共享接取.....31

一、 簡介 31
二、 運作機制 32
三、 各國監理架構及相關技術規範 33
四、 小結 44

第三節 授權共享接取.....45

一、 簡介 45
二、 LSA 運作機制.....48
三、 LSA 監理架構及相關技術規範.....49
四、 LSA 場域實證及推動現況.....50
五、 小結 54

第四節 頻譜接取系統.....54

一、 簡介 54
二、 運作機制 55
三、 監理架構及相關技術規範 62

第五節 6GHz 頻段之自動頻率協調系統 94
第六節 衛星通訊頻段之協調共享.....96
第七節 國際主要頻譜共享機制比較整理.....97

第三章 國際動態頻譜共享關連政策與創新應用研析 103

第一節 美國 103

一、 政策法規 103
二、 標準規範 103
三、 商業模式 104

四、 產業生態 104
五、 PAL 拍賣活動 104

第二節 英國 115

一、 政策法規 115
二、 執照類型、效期與費用 118
三、 技術條件 119

第三節 各國 6 GHz 頻段開放與技術規範 124

一、 美國 124
二、 英國 127
三、 韓國 129

第四節 其它國家發展動態 129

一、 澳洲 129
二、 法國 134

第五節 小結 136

第四章 我國動態頻譜共享政策法規與監理機制研析 139

第一節 我國頻譜共享法制環境建構與重要議題分析 139

一、 共享頻率使用者之範圍 141
二、 頻譜既有使用者調查與可用性量測 142
三、 依據不同頻段需求制定對應之保護規範 142
四、 共享頻率資料庫之建立、驗證、維運及監督 142
五、 智慧多元化頻譜利用環境 143

第二節 無線電頻率使用管理辦法之制定 143
第三節 我國頻譜共享機制所需之規範建議 144

一、 使用許可 144
二、 機制運作流程 145
三、 確保無線電頻率之和諧有效使用 146
四、 共享頻率資料庫建構及驗證 148
五、 終端及服務設備管理及驗證規範 148

第四節 小結 149

第五章 美國 CBRS 頻段發展與應用 151

第一節 市場現況 151

一、 SAS 平臺 151
二、 CBSD 佈署 152
三、 ESC 佈署 156

第二節 CBRS 相關證證機制 157

一、 SAS 平臺初始商業佈署（ICD）認證 158
二、 CBSD 認證 159
三、 CBRS 認證之專業安裝（CPI） 160
四、 ESC 認證 160
五、 CBRS PKI 憑證總管理中心認證 161
六、 OnGo 認證 162

第三節 技術趨勢及演進 163

一、 GAA 共存 163
二、 TDD 組態協調 166
三、 5G NR 170
四、 AFC 171

第四節 CBRS 發展藍圖 173

第五節　服務應用場景.....175

一、 為行動網路擴充容量和涵蓋範圍.....176
二、 企業專網 Private Networks.....177
三、 固定無線接取 Fixed Wireless Access.....178
四、 物聯網.....179
五、 小結.....179

第六章　我國動態頻譜共享驗證平臺規劃與設置.....181

第一節　系統架構.....181
第二節　CommScope SAS 平臺解決方案.....186

一、 雲端佈署與服務安全管理.....191
二、 SAS 平臺主要功能與架構.....193
三、 SAS 平臺對 CBSD 的服務.....195
四、 SAS 平臺在動態保護區中對既有使用者的保護機制.....200
五、 SAS 平臺之間的定期合作活動（CPAS）.....202
六、 SAS 平臺使用的傳播模型.....203

第三節　測試場域設置.....208

一、 期中：CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證.....208
二、 期末：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證.....209

第七章　使用情境實驗場域之測項及實證技術報告.....211

第一節　測試目的.....213
第二節　網路環境與軟硬體設備參數設定.....216

一、 Domian Proxy 設定.....218
二、 CBSD 設定.....218
三、 SAS 平臺端.....222
四、 SAS 客戶端.....223

第三節　管理系統整合測試及測試總表.....223

一、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的管理（SAS – DP Function Test）.....224

二、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理（SAS Management of PAL and GAA Grant Requests entend procedure）225

三、 SAS 對 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響（SAS use of Provided ST2 Satellite FSS Stations and Impact to CBRS system）.....225

四、 SAS 對現有干擾的管理（SAS Management of Interference into Incumbents）.....225

第四節　管理系統整合測試驗證結果.....230

一、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的管理.....231

二、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的進階管（TC_FT_02）.233

三、 SAS 對 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響.....236

四、 SAS 對現有干擾的管理.....239

第五節　小結.....242

第八章　動態頻譜共享接取技術之實測驗證成果說明會.....245

第一節　成果說明會時間／地點／議程.....245

第二節　實機展示的系統架構及設備.....246

一、 現場實機展示架構圖.....246

二、 現場實機展示設備介紹.....248

第三節　成果及效益.....250

第九章　結論與建議.....251

第一節　研究成果.....251

一、 動態頻譜接取技術創新發展與應用.....251
二、 國際動態頻譜共享關連政策與創新應用研析.....251
三、 我國動態頻譜共享政策法規與監理機制研析.....253
四、 使用動態頻譜共享驗證平臺進行服務驗證.....253

第二節　頻譜共享服務平臺建置評估規劃.....254

一、 使用頻段及潛在使用者分析.....257
二、 傳播模型.....261
三、 地理圖資.....263
四、 佈署方式及資訊安全.....264
五、 認證機制.....265
六、 禁區的干擾與保護.....267
七、 頻譜共享服務平臺.....268
八、 經費評估.....274

第三節　主要建議事項.....279

一、 立即可行之建議.....279
二、 中長期性建議.....280

中英文名詞對照.....281
參考文獻.....285

一、 中文文獻.....285
二、 西文文獻.....286

附錄

附錄一：期末報告(修正版)審查意見修正對照表.....附-1
附錄二：期末報告審查意見修正對照表.....附-7

附錄三：期中報告審查意見修正對照表.....附-12
附錄四：共享驗證平臺實驗場域規劃與設置.....附-15
附錄五：實驗場域系統設備整合測試計畫.....附-32
附錄六：實驗場域系統設備整合驗證報告.....附-57
附錄七：臺灣地理資訊處理與應用.....附-202
附錄八：成果說明會資料、簽到表.....附-233
附錄九：專家講座資料、簽到表.....附-279
附錄十：美國 6GHz 頻段開放政策說明.....附-321
附錄十一：英國 6GHz 頻段開放政策說明.....附-364
附錄十二：英國 3.8-4.2GHz 頻段之鄰頻干擾風險評估.....附-394
附錄十三：美國 CBRS 頻段管理規則摘譯.....附-407

表次

表 1-ETSI RRS 各工作組 CR 相關規範制定概況.....30
表 2-美國 CBRS 管理規則條文大綱.....62
表 3-美國 CBRS 管理規則之重要名詞定義.....65
表 4-CBSD 及與終端戶設備之發射功率限制.....78
表 5-國際主要頻譜共享機制比較整理.....100
表 6-PAL 頻譜拍賣得標最高前五名公司匯整.....106
表 7-PAL 頻譜拍賣總得標金額最高前五名公司.....110
表 8-PAL 頻譜拍賣總得標執照數量最高前五名公司.....112
表 9-低功率共享接取執照之技術許可條件 (英國).....120
表 10-中功率共享接取執照之技術許可條件 (英國).....121
表 11-1800MHz 共享頻段基站之帶內發射限制 (英國).....122
表 12-1800MHz 共享頻段基站之帶外發射限制 (英國).....122
表 13-2300MHz 共享頻段基站之 OOBE 限制 (英國).....123
表 14-3.8-4.2 GHz 共享頻段鄰頻基站最大功率 (英國).....123
表 15-英國低功率共享接取執照之技術許可條件.....123
表 16-截至 2020 年 10 月獲得 OnGo 認證的 CBSD 設備列表.....153
表 17-根據 GAA CBSD 有無重疊涵蓋及干擾之處理機制.....165
表 18-3GPP 定義的 7 種可能的 LTE TDD UL-DL 組態配置表.....167
表 19-CBRSA CxG 的強制性 E-UTRA TDD UL / DL 組態配置.....167
表 20-美國 CBRS 服務應用場景彙整.....180
表 21-SAS-CBSD IOT 平臺架構時序說明表.....184
表 22-各階段之環境建置、設備數量配置及協作廠商表.....185
表 23-SAS 平臺功能匯整表.....188
表 24-SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的回應代碼分類.....196
表 25-SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的回應代碼（Response Code）表.197
表 26-CommScope SAS PoS 設置表.....208
表 27-正文 CBSD PoS 設置表.....208

表 28-實驗場域申請、建置及相關活動時程 209
表 29-根據 GAA CBSD 有無重疊涵蓋及干擾之處理機制 218
表 30-CBSD 設定的相關參數 221
表 31-CommScope SAS 平臺參數 222
表 32-管理系統整合測試彙整表 224
表 33-使用情境與測試項之對應表 224
表 34-管理系統整合測試結果彙整表 230
表 35-測試驗證程序時間匯整表 230
表 36-現場實機展示設備 248
表 37-頻譜共享服務使用頻段匯整 257
表 38-頻譜共享服務傳播模型比較 261
表 39-頻譜共享資訊架構佈署方式比較 264
表 40-美國 CBRS 認證機制匯整 266
表 41-我國頻譜共享服務平臺應具功能建議 271
表 42-我國頻譜共享服務開發階段建議 273
表 43-預估平臺建置費用 276
表 44-頻譜共享服務認證機制費用 278
表 45-美國 CBSD 月租費用 279

圖次

圖 1-我國動態頻譜共享機制分年推動狀況.....2
圖 2-IEEE 1900.2 干擾分析架構.....21
圖 3-IEEE 1900.4 系統架構.....22
圖 4-IEEE 1900.5 系統架構.....23
圖 5-IEEE 1900.6 參考模型.....24
圖 6-IEEE 802.11af 系統架構.....26
圖 7-IEEE 802.11af 通道聚合.....26
圖 8-IEEE 802.19.1 參考模型.....28
圖 9-LSA 頻譜共享機制之運作.....49
圖 10-美國 3.5GHz 頻段 CBSD 發射功率限制.....79
圖 11-美國 3.5GHz 頻段傳統式無線寬頻服務之保護.....85
圖 12-6GHz 頻段之 AFC 系統架構.....95
圖 13- AFC 系統以 3D 保護區避免干擾之示意.....95
圖 14-PAL 與 GAA 頻譜位置說明.....109
圖 15-ESC 佈署規劃.....157
圖 16-FCC SAS 管理者的初始商業佈署報告.....159
圖 17-CBRS PKI 層次結構圖.....161
圖 18-CBRSA CxG 的強制性 NR-TDD UL / DL 組態配置.....169
圖 19-CBRSA CxG 的 NR-TDD 子訊框“F”符號模式圖.....169
圖 20-AFC 功能架構圖.....172
圖 21-CBRS 服務應用場景圖.....176
圖 22-SAS-DP-CBSD IOT 平臺.....183
圖 23-SAS-DP-CBSD IOT 平臺時序說明.....184
圖 24-SAS–Domain Proxy–CBSD interface protocol.....185
圖 25-CommScope SAS CBRS 系統架構.....187
圖 26-CommScope SAS Part 96 測試報告.....190
圖 27-SAS 架構於 AWS 伺服器高階層示意圖.....192

圖 28-SAS 網路安全系統.....193
圖 29-CommScope SAS 主要功能及架構.....195
圖 30-ITM 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數.....205
圖 31-Hybrid 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數.....207
圖 32-CBSD 註冊狀態圖.....212
圖 33-CBSD 授權狀態圖.....213
圖 34-亞太電信頂樓 CBSD 發射方向示意圖.....217
圖 35-CBSD-1 室內架設設備實照.....219
圖 36-CBSD-2 室外架設設備實照.....219
圖 37-CBSD-3 室外架設設備實照.....220
圖 38-CBSD 室外架設平面圖.....221
圖 39-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理.....226
圖 40-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求進階管理.....227
圖 41-SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響.....228
圖 42-SAS 對現有干擾的管理.....229
圖 43-動態頻譜共享接取技術之實測驗證成果說明會議程表.....245
圖 44-成果說明會來賓合影.....246
圖 45-成果說明會現場實機展示架構圖.....247
圖 46-成果說明會現場實機展示.....248
圖 47-成果說明會現場實機展示設備一.....249
圖 48-成果說明會現場實機展示設備二.....250
圖 49-頻譜共享服務發展建議.....256

提要

一、 研究緣起

本研究旨在實證動態頻譜共享機制於我國國情下之適用性，就共享頻率資料庫服務運作管理系統進行服務驗證，期盼所獲經驗與建議可作為主管機關未來導入更靈活運用頻譜的新監理模式之參據，進一步確保我國頻譜資源能充分供給及有效利用，並能與國際頻譜規管與應用趨勢緊密接軌。

二、 研究方法及過程

本研究參考美國 3.5GHz 頻段運行層級式頻譜共享機制發展經驗，邀集國內行動業者、行動通訊設備廠商及通過美國聯邦政府認證之共享頻率資料庫管理機構參與頻譜分配實驗平臺之實作，成功引入具商業運行成熟度之系統與設備解決方案，針對共享頻率設備連線至共享頻率資料庫的直、間接連線態樣，有關通訊效能、可靠度、頻譜效率及資訊安全等技術進行研究、制定測試案例、評估指標與測試標準，於實驗室及室內外環境之實際場域進行驗證。主要執行工作項目包括：

- 頻譜分配實驗平臺擴充
- 臺灣圖資處理與應用
- 實驗場域設置
- 測試及驗證程序
- 系統整合測試
- 使用情境展示
- 頻譜監理機制與相關議題探討
- 舉辦專家講座及技術研討會

三、 重要發現

(一)動態頻譜接取技術創新發展與應用

感知無線電（CR）整體概念包含無線電環境分析，通道估計與預測，並將分析預測結果透過軟體無線電平台進行傳輸參數調整；除包括根據相應的任務、政策、規則和目標進行推理和規劃等高層之功能，一般尚期望其能被賦予更強大之深度學習、人工智慧處理能力，以更有效提升對無線環境之認知及調適能力。長期來看，CR可於重疊覆蓋的多種無線電異質通信網路環境間進行選擇，以實現包括終端、網路及業務在內之重配置能力，提高整體網路性能，滿足新世代行動寬頻系統需求，及達致無所不在之無線寬頻傳輸環境。

從國際發展趨勢來看，空閒電視頻段（TVWS）免執照共享接取是最早以資料庫作為管理機制核心，並且成功在全球範圍內、多個國家開放運行的頻譜共享機制。歐盟所倡議的授權共享接取（LSA）機制與美國 CBRS 頻段下的頻譜接取系統（SAS），均屬於層級式頻譜共享機制，並同樣地以資料庫作為機制核心，讓特定頻段得以在不影響既有使用者頻譜使用權利的前提下，增加次級使用者共享頻率的機會。就規範層面來看，相關機制雖各有適用頻段，惟長期來看，仍有可能擴大適用到其他更多頻段。

(二)國際動態頻譜共享關連政策與創新應用研析

主要國家動態頻譜共享關連政策與創新應用演進當中，均朝向發展具備層級化管制架構之新興頻譜使用授權，期望能對 5G 創新服務與垂直應用之發展產生正面之效益。

美國 CBRS 頻段之規管架構、技術及市場歷經多年發展，此一帶有自動授權機制的動態共享正佈署在廣泛的美國國土與高度複雜的頻譜共享環境當中。已有多個彼此競爭的 SAS 管理者能夠為 GAA 及 PAL 商業使用者的 CBSD 設備提供即時的頻譜授權接取服務。

英國自 2016 年 4 月確立共享評估架構，其後在 2019 年 7 月發布「共享接取執照」及「區域接取執照」之頻譜共享執照新制。「共享接取執照」採先申請先使用原則，由業者向 Ofcom 提出特定地區之頻率執照申請，Ofcom 將於收受申請後檢視申請人提供服務之相關參數，評估與其他執照人間之干擾狀況。依據允許的設備功率大小，業者得申請本地接取為主的低功率執照（區域執照），以及用於更長距離接取的中功率執照（基站執照）。藉由「區域接取執照」開放共享，可由不同部門、單位加速布建地方性網路，例如工業用戶或企業用戶，而非以提供全國性的行動寬頻服務為目的。基於英國已有開放 TWVS 應用所累績之經驗，前述頻譜共享執照未來亦將朝向以資料庫自動化授權的方式演進。

澳洲無線電頻率使用執照有三類：頻譜執照、設備執照和類別執照。主管機關認為，現今頻譜管理機制中已存在不同形式的頻譜共享接取。例如，類別執照適用的設備，被授權在相同條件的基礎上使用限定的共用頻率範圍。經由設備執照或頻譜執照所指配的頻率，則能夠充分利用可使用之頻率範圍、地理空間、時間等條件，來滿足多種使用者需求。頻譜共享創新的關鍵概念在於如何善用頻譜實際使用訊息。共享頻譜接取設備或共享頻譜管理系統必須具備對周遭無線電頻率環境進行觀測和評估的能力，以能夠即時察覺環境變化並及時作出正確反應。新型態頻譜共享方式多以層級化的流程建立和運行管理為主；各個層級的頻譜接取條件越明確，就越有利於使用者評估所提供的接取權限是否適合其需求。

儘管歐盟國家當中對於頻譜共享的進展未如預期的蓬勃發展，此類增進頻率效率的應用仍引起監管機關一定程度的興趣。鑒於共享規則的設置上有極高程度取決於特定頻段內預計的主要和次級使用者性質，法國已就如何提高頻率分享資料庫之可靠性、及每個頻段的特徵性進行相關了解及研究。

(三)我國動態頻譜共享政策法規與監理機制研析

頻譜共享機制如何能夠妥善的運作，必備的條件在於風險控制與干擾來源之辨識與及時的處理，因此共享機制必須設法確保能將干擾的問題妥善處理。故在執照、頻段、既有或共享頻率使用者間之關係，均應有相對的規範。

本團隊前於 106 年研究報告提出共享頻率管理規則草案，其條文中之相關名詞定義、共享頻率分配原則、共享頻率資料庫管理機構等，已獲通傳會參採，見諸於無線電頻率使用管理辦法第 2 條、第 24 條至第 28 條。該草案其餘條文內容尚包含共享頻段之執照優先級別，既有使用者、共享使用者與共享頻率資料庫管理者各別之權利義務，以及共享頻率設備之基本運作規範等，但尚無具體頻段之規劃。未來則需視主管機關開放特定頻段以及規劃共享使用者開放範圍之進程，再依據後續需求進行規範增定。

(四)臺灣動態頻譜共享驗證平臺規劃與設置

完成 CommScope SAS 平臺及新竹、內湖兩個測試場域之設置，並就平臺雲端佈署與服務安全管理、主要功能與架構、對共享頻率設備服務、在動態保護區中對既有使用者的保護機制、平臺間定期合作活動（CPAS）及使用的傳播模型等提出詳細說明。

(五)使用動態頻譜共享驗證平臺進行服務驗證

「服務驗證」主要藉由上述各項研究成果為基礎，並參考國際最新規範，規劃應用情境，建置實驗平臺，進行頻譜共享服務實際實地驗證，主要驗證成果簡述如后。

<u>建立臺灣環境資料庫建置過程</u>

運用美國 CBRS 機制，在本研究案中的 SAS 系統平臺中，實地仿照建置臺灣在地資訊，如臺灣地圖的地理資訊、實驗場域中的衛星站資訊、臺灣禁區資料等，作為 CBRS 服務性驗證的重要基礎。

既有使用者及優先使用者的保護

基於美國 CBRS 的監理機制對於既有使用者的頻譜使用模式與共享框架規則，協調既有使用者與共享頻率使用者達成和協共存。共享頻率使用者 GAA 與優先使用者 PAL 需遵循監理規則，在美國 CBRS 既有的保護機制，實地在臺灣地理資訊中，實驗驗證相關 CBRS 頻段分配與機制。

干擾運行原則及運算

對於 SAS 平臺中管理基站干擾上使用對應功率、CBRS 機制之註冊程序、干擾發生時的回覆程序、災害發生時的對應策略以及資料庫參照與設定方式。

持續關注國際標準規範

透過本研究專案實作美國 CBRS 的 SAS 平臺更深入相關 CBRS 標準及技術演進，進一步瞭解目前國際技術討論方向及熱烈關注討論議題，而法規面及技術面均仍在持續發展當中。

(六)促成國內業者設備外銷國際 1 件

本研究結合我國行動業者、設備供應商及國外頻譜共享資料庫管理者等，並參考美國 CBRS 層級式共享機制發展與運行經驗，共組研究及實測驗證團隊，進行我國實際場域服務驗證。正文科技為實測驗證團隊一員，其設備 CBSD WLTGFC-105 已取得 FCC 認可之 CBRS 相關憑證，並已出貨給美國客戶公司 Accelleran（Model Name：E1012）。

四、 主要建議事項

(一)立即可行之建議

發展頻譜共享服務前題需先決定共享頻段，依頻段特性發展適合臺灣的傳播模型，再依傳播模型的參數來定義適合的臺灣地理圖資土地劃分類型，建立共享平臺的基礎。共享平臺的功能建議以三層式架構設計，並依三階段需求進行模組化開發及在地化佈署。另外，可參考美國 CBRS 認證機制，依各階段之需求逐步完善臺灣共享服務平臺之相關認證機制。

在第一階段，主要以建立共享頻率資料庫應具基本功能及既有接取使用者之保護管理為主，此階段之主要認證機制應含共享服務平臺及共享頻率設備之認證。其效益為提供頻率分配與管理的資料庫；協助主管機關與共享頻率使用者進行相關協調，有效利用頻率資源。

平臺開發方面建議國內自行開發，有利發展臺灣的動態頻譜共享服務平臺之生態系統，並且開發技術的自主性及設計彈性較高；開發費用及維運成本也較低。平臺營運方面，建議可由受主管機關監督與政策指令的中立第三方進行維運，對外公平提供頻譜共享管理，對內具備維持資料庫安全與正確之專業。考量臺灣監理規管達成資訊安全落地原則及臺灣地理圖資的國土安全資訊，建議採用實體 IDC 機房方式在地化建置，除能提高資訊安全外，亦能完全掌控相關資訊流向及服務監理。

(二) 中長期性建議

本研究建議將導入動態管理機制作為第二階段之規劃重點，其涉及到自動頻率核配機制、階層式管理服務，以及干擾和禁區管理等功能添加，並視頻段管理需求，進一步完善共享頻率設備互通性及操作性認證、環境感測能力系統認證、專案安裝認證及 PKI 憑證總管理中心認證等項目。接續於第三階段持續滾動式精進與完善平臺，以落實頻譜共享管理、提高頻譜使用效率之政策目標，同時與國際技術接軌，持續完善頻譜共享服務。

Abstract

This research aims to demonstrate the applicability of the dynamic spectrum sharing mechanism that suits our national conditions, and to verify the service operation and management system of the shared frequency database service. It is hoped that the experience and suggestions obtained can be used by the competent authority to introduce new supervisors for more flexible use of spectrum in the future. The reference of the model further ensures that our country's spectrum resources can be fully supplied and effectively used, and can be closely aligned with international spectrum regulation and application trends.

It is mainly refers to the development experience of the US 3.5GHz band operating hierarchical spectrum sharing mechanism. We invited domestic mobile operators, mobile communication equipment manufacturers, and shared frequency database management agencies certified by the US federal government to participate the implementation of the spectrum allocation experimental platform. The system and equipment solutions with commercial operational maturity was introduced. To conduct research and develop tests for the direct and indirect connection status of shared frequency equipment to the shared frequency database, and related factors such as communication efficiency, reliability, spectrum efficiency and information security cases, evaluation indicators and test standards are verified in the actual field of the laboratory and indoor and outdoor environments.

The prerequisite for the development of spectrum sharing services is to first determine the shared frequency band, develop a propagation model suitable for Taiwan based on the characteristics of the frequency band, and then define the appropriate type of Taiwan's geographic map and land division based on the parameters of the propagation model to establish the basis for the sharing platform. The function of the shared platform is recommended to be designed with a three-tier architecture, and modularized development and local deployment should be carried out according to the three-stage requirements. In addition, you can refer to the

US CBRS certification mechanism and gradually improve the relevant certification mechanism of the Taiwan shared service platform according to the needs of each stage.

This research proposes to introduce dynamic management mechanism as the focus of the second stage of planning, which involves automatic frequency allocation mechanism, hierarchical management services, and addition of functions such as interference and restricted area management, and video segment management requirements to further improve shared frequency equipment, interoperability and operability certification, environmental sensing capability system certification, project installation certification, and PKI certificate management center certification. Continuing the third phase of continuous rolling refinement and improvement of the platform to implement the policy goals of spectrum sharing management and improving spectrum utilization efficiency, while at the same time in line with international technology, continue to improve spectrum sharing services.

第一章　緒論

第一節　研究背景

第五代（5th generation, 5G）行動通訊技術首度運用毫米波頻段，實現更大頻寬、更低延遲和更高數據傳輸率，讓行動寬頻進入全新里程碑。邁向未來 5G 垂直應用蓬勃發展的過程中，除了隱含著產業典範移轉的挑戰與機會，如何滿足多元頻譜近用的需求，亦是值得進一步探討的課題。

鑒於 5G 發展可能在頻譜可用性與存取方式帶來更複雜的狀況，為突破頻譜資源重新配置傳統作法上的瓶頸，且在技術及商業創新等面向提供足夠的彈性，除了持續整備頻譜資源，有效支持諸如動態頻譜接取及共享頻率管理之彈性化頻譜監理機制將愈加重要。

我國電信管理法於民國（下同）108 年 6 月 26 日發布，109 年 7 月 1 日正式施行。該法於制訂時即注意到提升頻率使用效益之需求，故在促進頻率彈性化使用的規範上，分別於第 52 條規範免許可使用頻率、第 57 條規範頻譜共享機制、第 58 條規範電信業者間提供使用（出租出借）、第 59 條規範頻率改配（二次交易）。在頻率使用管理上，已大幅度放寬原電信法下較嚴格之管制作為，也建立頻率獨立規範的基礎，並且納入許多國際新型態頻率使用機制。

以近十數年國際趨勢觀之，頻譜監理政策、法規、執照制度與管理資訊系統之支援與配合，仍是各先進國家重視之課題。我國亦在國家通訊傳播委員會的支持及指導下，藉由頻譜共享機制概念性驗證及法規研究為起步，接續邀集各界共同參與先導試驗場域設置及服務驗證，進行頻譜共享試行運作，俾能在過程中逐步完善法規配套，朝向建立基於資料庫服務輔助之彈性化頻譜監理機制的目標邁進，如圖 1 示意。

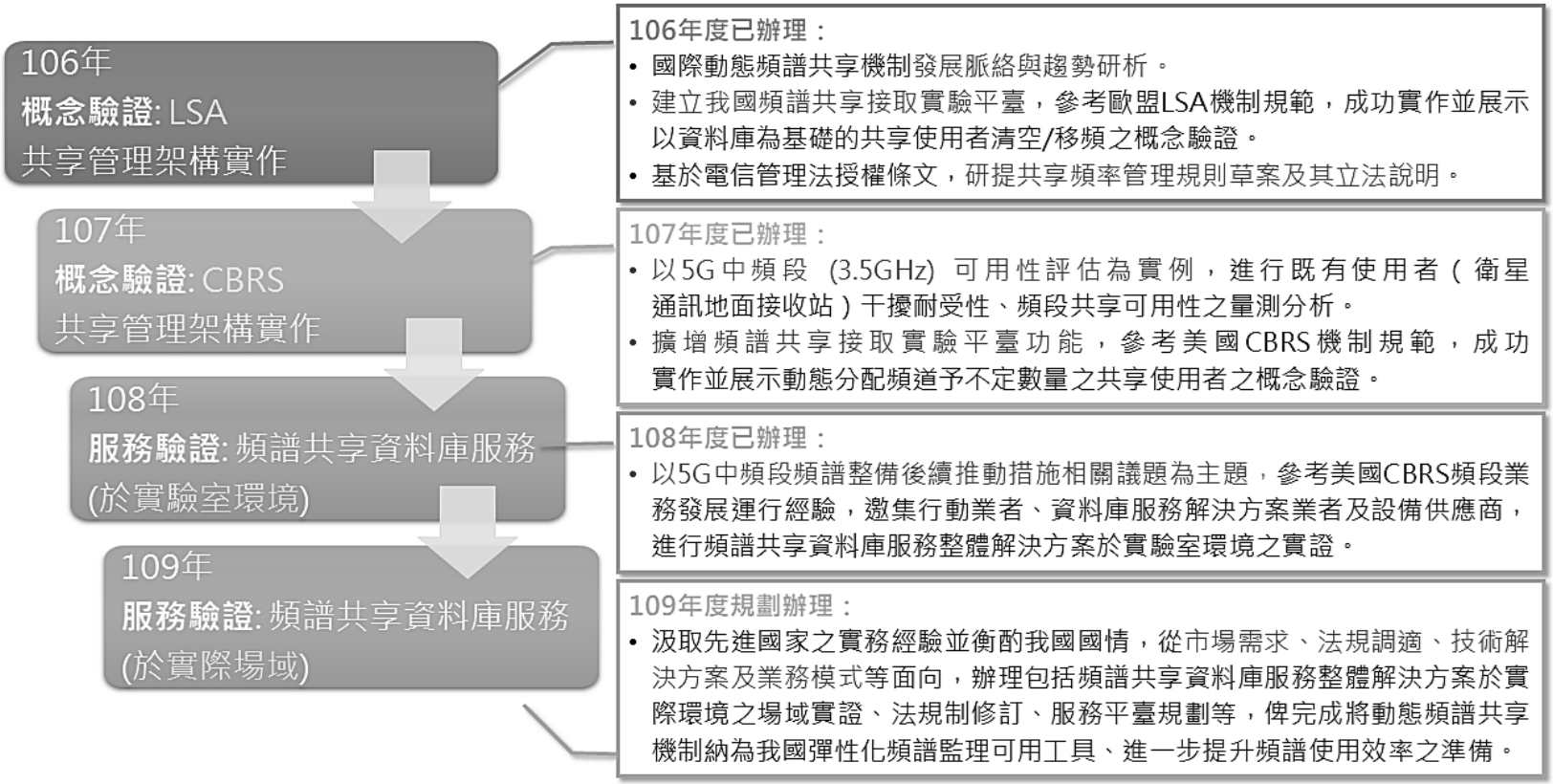


圖 1-我國動態頻譜共享機制分年推動狀況

資料來源：本研究整理

第二節　前期計畫執行概況

政府自 106 年起推動「數位國家・創新經濟發展方案」（106 年至 114 年，以下簡稱 DIGI+方案）。「數位創新基礎環境行動計畫」為 DIGI+方案的主軸之一。該政策目標希冀推動我國數位基盤建設發展，提昇寬頻基礎建設，研析前瞻頻譜創新應用規劃。其中，又以持續釋出無線頻譜資源供產業技術發展與應用服務推動，為實現數位經濟下創新服務之重點工作目標。

為緊隨國際頻譜共享機制與彈性化頻譜監理發展趨勢，達成 DIGI+基礎建設分組「1.2.1.4 試行頻譜共享服務」具體目標，爰擬定各年度研究計畫之工作重點，其執行成果內容摘要如下：

一、 106 年度辦理「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究計畫」

促成產學研合作研究 1 件

106 年計畫由財團法人電信技術中心與中央研究院、國立臺灣大學及國立中山大學等單位合作進行研究。

本研究成功整合電信技術中心無線電頻譜實驗室、台大電信工程研究所動態頻譜接取實驗室與中山大學行動寬頻網路實驗室，以三者既有設備環境為基礎，構建 ViSSA 頻譜共享接取實驗平臺（Virtual Lab of Shared Spectrum Access），經參照歐盟授權共享接取（Licensed Shared Access, LSA）機制之規範，成功實作出 LSA 頻譜庫（LSA Repository, LR）與 LSA 控制器（LSA Controller, LC）之介面協定及管理系統，可對需執照頻段之頻譜共享態樣進行概念性驗證，並具體設計使用情境，完成以資料庫引導（Database guided）及

感測（Sensing）為基礎的共享頻率使用者清空與移頻之概念性驗證與時延評估兩例，同、異質網路之共存效能及干擾評估四例。

此外，本研究亦探討頻譜地理位置資料庫及其運作，針對未來實際之通訊情境進行干擾防護與參數優化演算法之模擬。另就利用 Crowd sourcing 來檢測特定頻段的使用情形，研究提出自適性演算法來處理惡意使用者存在的問題，以提升頻譜檢測之準確率。

研訂子法草案 1 件

我國「電信管理法」第 57 條讓主管機關得以無線電頻率共享之核配方式，使不同類型無線電通信系統間，能有更廣泛之頻譜共享使用機會。針對母法條文之授權，106 年計畫藉由國際頻譜共享法制歸納分析與專家小組審視，提出「共享頻率管理規則草案」建議，內容包含頻譜執照規劃、既有使用者之保護原則、共享頻率使用者的管理、共享機制之運作技術規範與管理原則、地理資料庫之管理與技術規範、干擾處理以及共享頻率設備之技術規範等。

辦理深度訪談 8 場次及法制架構研討會 1 場次

由於頻譜共享機制之建立涉及爭議層面眾多，從法規架構、環境差異至政策取向差異，均顯示我國與國際發展狀況有許多不同的考量層面亟待釐清。本研究爰透過深入訪談 8 家業者，及舉辦座談會等方式，與產、官、學、研各界進行雙向交流及研討，以增進並凝聚各界對頻譜共享機制的了解及共識。

二、 107 年度辦理「新世代行動通信及物聯網技術發展之頻譜共享

機制規範、頻譜整備與超寬頻技術設備監理制度研究」

促成產學研合作研究 1 件

107 年計畫由財團法人電信技術中心與國立臺灣大學及國立中山大學等單位續行合作。

為能更進一步研析共享頻率自動調控情境，本研究參照美國民用寬頻無線電服務（Citizens Broadband Radio Service Device, CBRS）頻段之技術規範，進行共享頻率資料庫（Spectrum Access System, SAS）與共享頻率設備（Citizens Broadband Radio Service Device, CBSD）介面協定之研發，針對 CBSD 連線至 SAS 建立資料交換的相關規範進行實作，完成包括註冊請求、頻道請求以及傳輸請求等處理程序，能在不特定數量 CBSD 間進行頻道指配，以及動態調整 CBSD 操作參數來避免使用者間干擾之實驗設計。

研訂固定衛星服務地面站訊號接收抗擾技術建議 1 件

為配合我國 5G 頻譜第一階段釋出整備，本研究針對 3.5GHz 頻段之地面站衛星接收設備增設干擾改善措施進行實際場域測試，發現對衛星接收端加裝帶通濾波器實為必要；另考量 5G 訊號進入衛星接收頻道的混附發射亦為影響主因，建議以地面站為中心之半徑 150 公尺區域設定為干擾保護協調區，視實際需求同步於 5G 基站傳送端增設濾波器，或規範帶外輻射限值為-52dBm/MHz，以充分滿足共存所需條件。

辦理研討會及論壇共 2 場次

分別於 8 月 17 日舉辦「5G/IoT 創新應用與頻譜資源整備座談會」，10 月 26 日舉辦「5G 應用 x 動態頻譜趨勢論壇」，邀請學者專家及產業利害關係人出席與會。

三、 108 年度辦理「建構彈性化頻譜管理新機制之實測驗證」

促成產學研合作研究 1 件

鑒於參酌國際標準可為我國帶來科技、經濟及社會面向廣泛益處，延續我國於行動通訊發展長期扮演緊密跟隨者的角色，108 年計畫爰以美國 CBRS 頻段層級式頻譜共享機制之發展運行經驗為參考，吸引國內、外具實務經驗業者來臺進行頻譜共享接取及無線電頻率動態指配相關實驗，由財團法人電信技術中心與美商康普通訊科技（CommScope Inc.）、亞太電信、正文科技及聯瑞科技組成實證團隊，藉由國際合作，以實務實作方式開發及引導關鍵技術與系統進入服務驗證階段，以為未來建立智慧頻譜管理示範應用場域奠定基礎。

提出頻譜共享使用案例場域實證技術報告 1 份

於實驗室環境完成 CBRS 解決方案初步設置，完成系統整合並進行單一使用者在直接連線態樣之系統功能驗證。本研究產出之技術報告具體呈現共享頻率資料庫服務的運作要素和關鍵技術解決方案，有利未來作為動態頻譜共享機制在國內實施所需系統建置的參考範例。

辦理專家講座 2 場次、場域實證研討會 1 場次

除分別於 7 月 23 日、8 月 20 日舉辦專家講座外，並在 10 月 31 日辦理技術研討會，向各界說明美國 CBRS 頻段發展現況、SAS 服務使用案例，以及服務驗證專案進行概況。藉由與國內業者、國際廠商、學界及相關研究單位進行技術交流，增進政策互動與利害相關人參與，達到回饋並增進監理實務應用之效。

第三節　研究動機與主題

一、 頻譜接取技術與頻譜使用效率

隨著電信市場自由開放競爭，通信產品種類、使用數量、服務形態與應用都持續增加，無線電頻率使用日益擁擠，頻譜規劃工作愈形重要。若能合理分配有限的頻譜資源，以發揮最大的頻譜資源使用效率，不但能滿足通訊傳播產業市場需求，進而協助通訊傳播產業發展，帶動經濟繁榮。

然而，傳統的靜態頻譜分配策略，雖然在防範各類型電子傳輸設備間之妨害性電波干擾，以及確保通訊傳輸品質方面成效卓著，卻在同時容易導致嚴重的頻譜利用不足和頻譜短缺問題。因此，鼓勵新興通訊傳播產業科技研發、增進頻譜資源利用，亦被列為頻譜規劃工作的重要目標之一。

感知無線電（Cognitive Radio, CR）可以檢測頻譜佔用情況，並使動態頻譜接取（（Dynamic Spectrum Access, DSA）技術能夠填補由靜態分配策略引起的頻譜空洞，故被廣泛認為是解決前述問題的有效方法，因此開啟了國際間針對頻譜共享機制的相關研究與發展。

二、 國際頻譜共享機制之發展

頻譜共享機制之需求大致來自三個層面，分別是促使可用資源儘早投入、提升使用效率以及頻譜重整之過渡時期。

在促使可用頻譜資源儘早進入市場之層面，長期而言，行動寬頻對於頻譜資源之需求有增無減，但若是短期內釋出大量的頻譜，卻可能反而導致業者無力負擔頻譜競拍之成本，使頻譜資源之價值無法反應，但允許頻譜資源閒置卻也不是好的選擇；其次，無線通

訊之技術不斷推陳出新，但服務應用之創新發展有時也無法負擔頻譜專屬權利之成本，故先以共享機制釋出頻譜使用權，一方面吸引新興服務應用提早發展，另方面當市場對於頻譜之需求提升時，便可將頻譜資源移出共享機制，重新以專屬執照釋出。例如：美國於2017年所完成之600MHz頻段誘因拍賣作業。

另一頻譜共享機制之需求，來自於提升整體頻譜使用效率。部分無線通訊應用之服務對象並非公眾，無需進行全國性布建，因此對於領土範圍遼闊之國家而言，該頻譜資源有非常多地區是閒置的，若善加利用，則可提升頻譜使用效率，並降低偏遠地區之使用成本。

最後是頻譜重整之過渡時期，由於頻譜之重整需花費不少成本與時間，因此在重整期間，若有相當數量之可用頻譜，亦可先行透過共享機制釋出，在此一期間，可先提供新興服務或應用之發展，亦可促成新技術之研發。

頻譜共享機制能因應不斷變化的環境、情況和目標，動態調整頻譜的分配與使用。更具體而言，動態頻譜共享接取可促使無線電設備：

- 確定或得知在不產生干擾條件下可使用之頻率
- 在可使用頻率上運行，並且在必要時騰出頻率

在頻率核配的方式中，傳統上多採靜態的配置作法，例如頻率、空間的隔離，以避免干擾；另一種新型態的動態頻譜接取方式，則透過建立資料庫服務來負責共享頻率之核配，成為共享機制之核心。

經觀測國際頻譜共享機制之發展脈絡，先期以空閒電視頻段開放免執照共享接取為主，由於考量對頻段既有使用者之有效保護，故多以低功率規範其設備之運作。其後如歐盟授權共享接取（Licensed Shared Access, LSA）機制與美國 CBRS 頻段以頻譜接取

系統（Spectrum Access System, SAS）負責共享頻率之核配，在法規架構方面均較完整，惟在細部技術規範之發展上仍配合該國家或區域之特性各有不同。

歐盟：鼓勵以 LSA 機制快速實現 2.3GHz 頻段之行動寬頻用途

歐盟 LSA 機制從 2.3GHz 頻段進行規劃，係考量該頻段兼具電波涵蓋及系統容量上之相對優勢，並且有 3GPP Band 40 之商用網路與終端設備支援無虞。在 LSA 機制下，頻率持照者分別為既有使用者與共享頻率使用者，其頻率分配與干擾管理係以 LSA 頻譜庫與 LSA 控制器為核心，可依照主管機關頻譜管理政策調整共享條件。歐盟標準制定組織（European Telecommunications Standard Institute, ETSI）業已完成 LSA 技術規範之制定，歐洲郵電主管部門大會（Conference of European Postal and Telecommunications administration，CEPT）及電子通訊委員會（Electronic Communications Committee，ECC）亦提供共享機制建立之參考指引，目前已有數個歐盟國家完成 LSA 場測。另根據歐盟科研架構 Horizon 2020 計畫內容揭示，歐盟鼓勵持續就增強型（enhanced）LSA 機制於 5G 應用進行研究。其後，亦已將 LSA 機制延伸應用到 3.6-3.8GHz 頻率範圍之共享釋出。

綜觀歐盟 LSA 機制之發展，其初始目的在於大幅降低行動通訊基礎建設成本。此一模式可視為提供額外頻譜的補充方案，但在市場高度競爭下，尚難以取代行動寬頻服務對專屬頻譜的需求。

美國：藉由 CBRS 頻段層級式共享機制促進創新

美國將 3550-3700MHz 定名為創新頻段（即前述之 CBRS 頻段），用頻譜與監理政策來引導並促進產業與應用創新。其特色是由既有使用者（Incumbent Access, IA）、優先接取執照（Priority Access License, PAL）及一般授權接取（General Authorized Access, GAA）

所形成之層級式管理架構，規劃以 SAS 作為頻譜共享接取管理與干擾控制的核心。

考量該頻段既有使用者為軍方雷達，為擴大 PAL、GAA 等共享頻率使用者可使用之條件，另設計以環境感測能力（Environmental Sensing Capability, ESC）來管理禁制／保護區（exclusion / protection zone）。由於海軍船艦行進位置屬機敏資訊，因此由美國國防部批准的 ESC 系統將確定周遭是否存在海軍雷達訊號。一旦偵測到該等訊號，ESC 系統即會通知 SAS，後者立即將可能受到影響的共享頻率使用者移轉到其他頻道或令其關閉。

由美國聯邦通信委員會（Federal Communications Commission，FCC）訂定之 CBRS 監理規範於西元（下同）2015 年成形，在產業及技術標準方面，包含 CBRS 維運與功能需求、安全相關技術規範、SAS 與 CBSD 介面協定規範、SAS 及 CBSD 之測試與驗證、專業工程人員認證（Certified Professional Installer, CPI）等，共 10 份規範（第一版）則在 2018 年初由無線創新論壇（Wireless Innovation Forum, WInnForum）此一產業標準組織完成訂定。

CBRS 頻段商業營運全面展開之前，FCC 要求 SAS 管理者應成功通過美國國家電信暨資訊管理局（National Telecommunications and Information Administration, NTIA）所主導的實驗室測試，且要根據業者自身所提出之「初始商業布建」（Initial Commercial Deployment, ICD）規劃執行方案，展現在實際場域正常運行與至少持續運轉 30 天以上的能力。

2019 年 9 月 16 日，FCC 宣布 5 家 SAS 管理者將開始進行 ICD，其包括 Amdocs、CommScope、Federated Wireless、Google 及 Sony。此外，CommScope、Federated Wireless 及 Google 等三家業者提出之 ESC 系統已通過 FCC 認證，經 FCC 批准的 ESC 涵蓋計畫，相關佈署正在進行中。

FCC 於 2019 年 9 月 27 日提出 PAL 執照拍賣規則。拍賣作業於 2020 年 7 月 23 日開始，8 月 25 日完成。

三、 頻譜共享機制演進為彈性化頻譜監理機制之一環

無線寬頻網路是數位匯流基礎建設的重點，世界各國因應頻譜需求大增，為有效使用有限頻譜資源，除掌握無線通信科技創新發展的趨勢，積極訂定相關法規，設計誘因機制來重整頻譜與調整使用目的，美、英等國家亦規劃「創意頻段」，導入靈活運用頻譜的新規管架構與模式，促成資訊與網路技術、系統、服務、應用和商務創新。

由於頻譜的需求不斷增加，為了確保頻譜利用的最佳化，更多類型的頻譜共享與需求將隨著技術演進不斷出現。以英國為例，通訊傳播管理局（The Office of Communications, Ofcom）於 2015 年 7 月發布諮詢文件，針對推動頻譜共享之策略與選擇，提出評估架構。Ofcom 指出，由於頻譜的需求持續增加，Ofcom 必須確保頻譜利用的最佳化。隨著頻譜利用技術的發展，更多的頻譜共享型態與需求不斷出現，此評估架構可系統性的考量 Ofcom 所需扮演的角色與頻譜使用的最佳化，並且在定義新的頻譜授權時，能符合新的需求。而評估架構的目標在確保頻譜的供應可滿足既有及新的需求，儘可能充分利用資源，並促進創新服務與新業者進入市場。

2019 年 7 月 25 日，Ofcom 正式開放「共享接取」（shared access）及「區域接取」（local access）兩項適用於頻譜共享使用的執照新制。鑒於無線電頻率對英國經濟和社會具有重要意義，Ofcom 期望藉由有別於傳統的釋照作法來支持創新並致力實現頻譜的新用途。Ofcom 亦表示，將以實現全自動化的動態頻譜指配作法為目標，由於設備需先連接到集中式資料庫，資料庫自動根據時段和位置的可用性指配使用頻率，將可促進更有效的共享接取。從頻譜管理角度

來看，如此也可確保共享頻譜的有效使用，但解決方案可能需要更長時間的開發與測試。

綜如上述，頻譜共享機制是近年間歐美主要國家為增加額外頻譜資源、提升頻譜使用效率所發展出來的管理輔助工具。我國行動寬頻市場發展極為快速，展望未來也將面臨頻譜資源有限之狀況，故參酌歐美國家經驗，評估並研析導入頻譜共享機制之可行性，以抒解未來頻譜不足之可能性。同時，在 5G 新世代行動通訊技術發展趨勢下，頻譜共享機制升級為智慧多元頻譜管理工具之潛力，亦一併探討。

四、 本計畫研究主題

延續自民國 106 年起各相關計畫研究成果與實證作法，本計畫利用已設置及漸次擴充之動態頻譜共享驗證平臺，於實際場域賡續進行共享頻率資料庫管理功能之測試研究，並增加單一使用者間接連線態樣之系統功能驗證，以及多使用者之應用情境驗證，期望更有效掌握系統建置策略與導入實務。

基於前述相關議題之歸納及場域實證之規劃推動。本計畫主要目標訂定如下：

- 於實際場域進行並完成我國 5G 中頻段動態頻譜共享接取之服務驗證。
- 針對我國 4.8-4.9GHz 頻率範圍用作專頻專網之技術監理需求，進行議題探討並蒐集分析其他國家之參考作法。

第四節　執行進度與成果效益

本計畫為實證動態頻譜共享機制於我國國情下之適用性，就層級式共享頻率資料庫服務運作管理系統進行服務驗證，所得成果將

可用於設計符合我國國情之動態頻譜共享機制，來重整頻譜與調整使用目的，以便未來導入靈活運用頻譜的監理模式及新規管架構，更進一步提升整體頻譜使用與管理效率。

透過計畫團隊成員對於頻譜分配實驗平臺之實作，引入具商業運行成熟度之共享頻率資料庫系統與設備解決方案進行場域實證，除有助帶動我國層級式頻譜共享機制之發展，並對於技術、經濟、社會、政策等面向都有其可量化或質化之預期效益。如下說明。

可量化效益

- 建立頻譜管理政策研究團隊 1 組。
- 建立頻譜共享應用實證場域 1 處。
- 提出頻譜共享使用案例場域實證技術報告 1 份。

質化效益

- 對國內產業發展之關連性

參採國際標準可為我國帶來科技、經濟及社會面向之廣泛益處，故在行動通訊標準領域，我國亦長期扮演緊密跟隨者的角色。本計畫以產業需求為導向，積極促成國內外產、學、研跨域合作，進行彈性化頻譜管理機制下動態頻譜共享接取應用之研究，引導頻譜共享關鍵技術與管理系統進入服務驗證階段。除藉由實測驗證達到回饋並增進監理實務應用之效，亦可結合我國資通訊產業及設備廠商所形成完整的生態體系，俾能適時掌握 5G 世代之頻譜需求與設備發展的契機。

- 對社會國家之影響

本計畫於歷年間持續推廣彈性化頻譜管理機制之探討，鼓勵各方利害關係人參與，使多元立場與觀點納入頻譜政策制定過程，將有利於我國推動落實更具彈性的頻譜監理機制。

本計畫於本年度所定績效指標與實際達成情形，如下表所示。

績效指標	量化指標	質化指標
H.技術報告及檢驗方法	頻譜共享使用案例場域實證技術報告 1 份。	併入期末報告，詳請參閱第五至第九章，及附錄四至附錄七。
		藉由技術報告具體呈現共享頻率資料庫服務的運作要素和關鍵技術解決方案，有利未來作為動態頻譜共享機制在國內實施所需系統建置的參考範例。
I1.辦理技術活動	辦理頻譜共享使用案例場域實證研討會（說明會、座談會）1 場次。	於 10 月 15 日假鴻海科技集團內湖大樓，舉辦「動態頻譜共享接取技術之實測驗證」成果說明會，實機展示頻譜共享使用情境及平臺功能。

績效指標	量化指標	質化指標
		辦理研討會（或說明會、座談會）與國內業者、國際廠商、學界及相關研究單位進行技術交流，可增進政策互動與利害相關人參與，達到回饋並增進監理實務應用之效。
T.促成與學界或產業團體合作研究	業界合作研究 1 件。	持續與美商 CommScope (SAS)、亞太電信、正文科技及聯瑞科技共同合作，於我國設置場域，完成 CBRS 解決方案整合介接並展開實證研究。
		拓展產學研合作關係，加速產業技術與應用之本土化發展。

（本頁空白）

第二章　動態頻譜接取技術創新發展與應用

隨著行動通訊事業的快速發展，使得有限頻譜資源與無線寬頻通訊需求之間的矛盾日趨明顯。雖然在 4G 主流標準－長期演進（Long Term Evolution, LTE）已採用正交分頻多工（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）、多輸入多輸出（Multiple Input Multiple Output, MIMO）兩大關鍵技術來提高頻譜利用率，但是仍難以徹底解決有限頻譜資源的問題。另一方面，部分無線系統在時間和地域上的的頻譜使用分布並不均勻，比如對於廣播電視頻段，隨著廣播電視系統數位化發展，在相同使用頻寬下極大地提高了傳輸容量，亦使得許多廣播電視頻段長期處於空閒狀態。

動態頻譜接取（Dynamic Spectrum Access, DSA）技術及其應用形式可能並不完全相同。例如，5GHz 免執照頻段允許 Wi-Fi 及 3GPP 所定義之授權輔助接取（Licensed Assisted Access, LAA）、5G NR-U（5G NR in Unlicensed Spectrum）等多種頻譜接取技術和諧共存。行動業者為快速拓展 5G 服務，亦得以利用 3GPP R15 定義之動態頻譜共享（Dynamic spectrum sharing, DSS）技術，在同頻段中同時運營其 4G 和 5G 網路。

本章首先說明感知無線電定義與相關技術標準之發展，並依序整理空閒電視頻段（TV White Space, TVWS）免執照共享接取、歐盟授權共享接取（Licensed Shared Access, LSA）機制、頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）、適用於 6GHz 頻段設備管理之自動頻率協調系統（Automated Frequency Coordination, AFC），以及未來衛星通訊頻段之協調共享等，相關動態頻譜接取技術及應用之發展趨勢。

第一節　感知無線電

一、 簡介

為解決頻譜資源緊缺的問題，感知無線電（Cognitive Radio, CR）被認定為新世代無線通信技術發展的重點項目之一。CR 系統係利用高效率及高彈性之軟體無線電（Software Defined Radio, SDR）特性，在確保不對其它無線系統造成妨害性干擾的前提下，找尋空閒可用通道，以提高頻譜使用效率及增加系統傳輸能力。

感知無線電是由學者 Mitola 於西元（下同）1999 年提出的概念，是一種擁有能感測周遭環境並自我重置的智慧型無線電。感知無線電網路中存在兩類使用者，依存取資源權限分別為主要使用者（primary user, PU）與次級使用者（secondary user, SU），兩者能透過動態頻譜接取（dynamic spectrum access, DSA）共享頻譜資源。SU 必須在不影響 PU 頻譜資源正常使用的前提之下，才可透過向主要系統租借空閒的頻譜使用。基於這樣的概念，感知無線電被視為提升頻譜利用率的重要技術，利用感知無線電技術能動態地共享頻譜，提升使用的效率。

CR 系統的首要工作是通過頻譜感測獲得無線電操作環境資訊，即通過對目標頻段 PU 系統發射機信號的檢測，判斷目標頻段是否可用。當目標頻段可用時，SU 系統開始使用此頻段，並週期性感測 PU 系統系統是否重新開始工作，一旦發現 PU 重新使用該頻段，SU 系統需要自目標頻段退讓，並遷移到其它頻段繼續工作。

在整個流程中，CR 系統需要完成頻譜感知，頻譜決策，頻譜轉移。而頻譜管理則是根據獲得的無線電環境資訊對可利用的頻段做出相應的管理，以提高頻譜使用的效率；當授權系統開始工作時，SU 系統為避免對 PU 的嚴重干擾，需要轉移到新的工作頻段。

一般來說，CR 具備感知能力（Cognitive Capability）及重新配置能力（(Re-Configurability）等兩大特色：

- 感知能力：包括三個主要程序：頻譜感測（Spectrum Sensing）、頻譜分析（Spectrum Analysis）及頻譜決策（Spectrum Decision）。頻譜感測之主要功能是偵測可用頻譜、檢測頻譜空洞（Spectrum Holes）；頻譜分析估計頻譜感知所獲取的頻譜空洞特徵；頻譜決策根據頻譜空洞的特性和用戶需求選擇合適的頻道來進行通信傳輸。
- 重新配置能力：使 CR 能夠重新配置參數組態能力，亦即在不改變環境位置與硬體架構條件下，調整相關參數，如傳輸功率、載波頻率和調變方式等。當該可用頻譜已被 PU 使用，感知無線電將切換到其他可用頻道通信，避免對 PU 之干擾。

目前頻譜感知存在兩種工作方式：分散式和集中式。

- 分散式：CR 系統中的感知節點單獨工作，在確定授權頻段空閒的時候，CR 系統使用這一授權頻段，感知節點繼續檢測本頻段授權系統的工作狀態，一旦發現授權系統重新開始工作，則 CR 系統退出此頻段；
- 集中式：CR 系統中的感知節點在確定授權頻段空閒的時候通知中心節點，由中心節點告知 CR 系統是否可以使用這一授權頻段，感知節點發現授權系統重新開始工作後通知中心節點，由中心節點告知 CR 系統是否退出此頻段。

綜上所述，CR 能夠感知通訊環境的變化，並據此調整系統傳輸參數，從這個意義可知 CR 整體概念包含無線電環境分析，通道估計與預測，並將分析預測結果透過軟體無線電平台進行傳輸參數調整；此外 CR 還包括根據相應的任務、政策、規則和目標進行推理和規劃等高層之功能，一般尚期望其能被賦予更強大之深度學習、人工智慧處理能力，以更有效提升對無線環境之認知及調適能力。長期來

看，CR 可於重疊覆蓋的多種無線電異質通信網路環境間進行選擇，以實現包括終端、網路及業務在內之重配置能力，提高整體網路性能，滿足新世代行動寬頻系統需求，及達致無所不在之無線寬頻傳輸環境。

二、 相關技術標準

美國電子電機工程師協會（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）對感知無線電進行了大量的研究與探討。IEEE 在此一領域主要有兩個標準活動，即第 41 標準協調委員會（Standards Coordinating Committee 41, SCC41，前稱 P1900 工作組）和 IEEE 802 委員會，其各由一個工作小組來帶領感知無線電共存相關議題的討論，並將不同系統做標準化的定義，以達大量使用的目的。由此可知，對無線系統而言，在相同頻帶下使用不同的協議應用是非常重要的。這個問題在免執照頻段的應用環境更是重要，種類繁多的應用與 IEEE 標準如 802.11、IEEE 802.15 和 IEEE 802.16 都需要被嚴格的定義清楚以避免信號被干擾。另為參與投入 TVWS 無線接取技術之發展，諸如 IEEE 802.19、IEEE 802.22 等標準亦隨之調整或制定。

(一) IEEE 1900.1 ~ IEEE 1900.3

P1900 工作組（後改稱為 SCC41）於 2005 年 3 月成立，主要為制定動態頻譜接取網路相關標準，藉以改善頻譜使用效率；訂定之內容涉及動態頻譜接取、感知無線電、干擾管理、無線系統協作、高級頻譜管理、下一代無線系統、網路管理、資訊共用等技術領域。P1900 系列標準關注在短至中期能夠實現商用的技術，主要側重於定義和概念、干擾和共存分析、頻譜接取行為評估、分散式決策系統架構、感知無線電管理及頻譜感知技術研究等。

IEEE 1900.1 標準化工作啟動於 2005 年 3 月，2008 年 9 月完成發布，命名為 Terminology and Concepts for Next Generation Radio Systems and Spectrum Management，主要以支援感知無線電之動態頻譜接取技術為探討對象，並就下世代無線電系統與頻譜管理相關的術語及概念（concept）作出解釋和定義。

IEEE 1900.2 標準名稱為 Recommended Practice for Interference and Coexistence Analysis，主要作為各種無線服務共存和相互間干擾分析的技術指引。其通用分析架構由四個相互關聯的步驟所組成，包括：情境定義、為受影響系統（the recipient system）建立干擾和共存標準、定義干擾建模中使用的行為變數，以及建模與分析，如圖 2 所示。

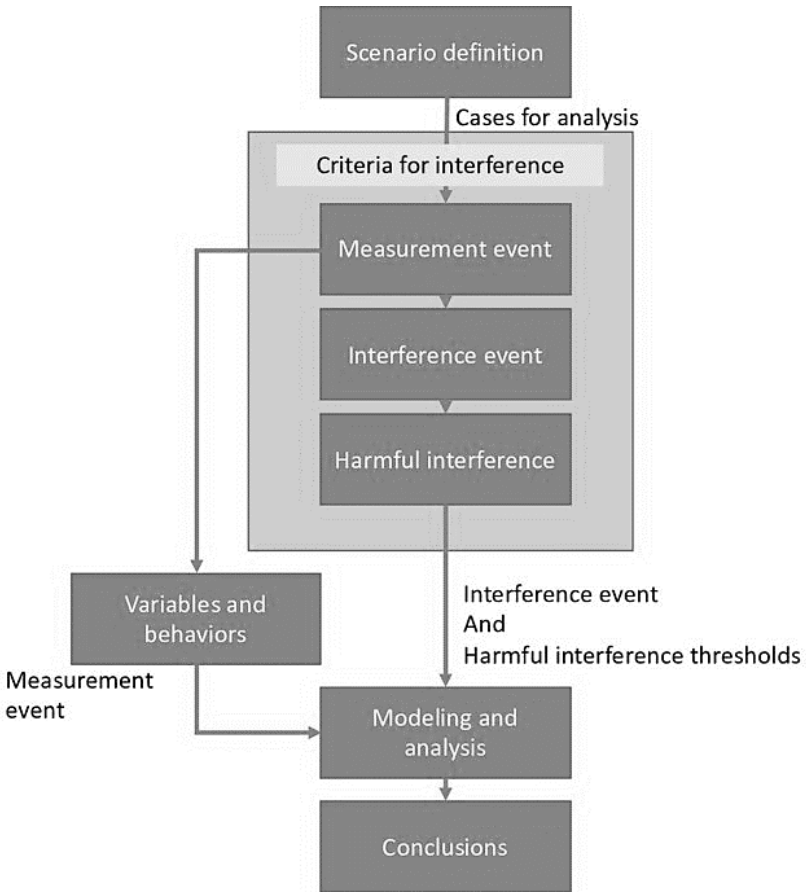


圖 2-IEEE 1900.2 干擾分析架構

資料來源：IEEE

IEEE 1900.3 標準名稱為 Recommended Practice for Conformance Evaluation of Software Defined Radio （SDR） Software Modules，其以動態頻譜接取為前提，原擬對於無線系統在制度上遵守的評估為目的，其後已取消（標準未完成訂定）。

(二) IEEE 1900.4

2009 年發布的 IEEE 1900.4 是全球第一個感知無線網路基本架構標準，正式名稱為 Architectural Building Blocks Enabling Network-Device Distributed Decision Making for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks。IEEE 1900.4 從動態頻譜分配、動態頻譜接取和分散式無線資源使用優化這三個用例中提取的所需功能進行架構設計。

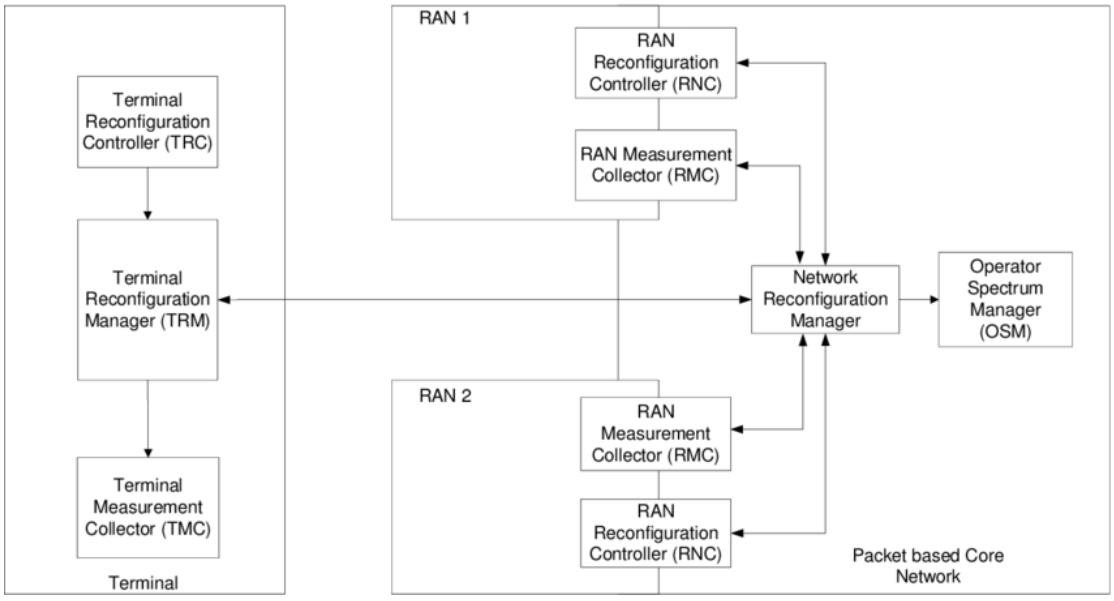


圖 3-IEEE 1900.4 系統架構

資料來源：IEEE

1900.4 定義了網路重新配置管理器（Network Reconfiguration Manager, NRM），終端重新配置管理器（Terminal Reconfiguration Manager, TRM）以及相互間傳遞的訊息。在異質無線接取網路中，

決策功能分佈在網路和終端之間，並且支持包括頻率利用控制的無線資源利用的優化。NRM 和 TRM 之間的介面稱為 Radio Enabler。圖 3 顯示了 IEEE 1900.4 的系統架構。

(三) IEEE 1900.5、IEEE1900.6

IEEE 1900.5 正式名稱為 Policy Language and Policy Architectures for Managing Cognitive Radio for Dynamic Spectrum Access Applications。IEEE 1900.5 定義了以政策為基礎（policy-based）的系統控制架構，以及可用於描述動態頻譜接取資源與服務等 CR 功能的政策語言，其為設備與系統間實現自動化頻譜共享機制設計不可或缺的步驟。

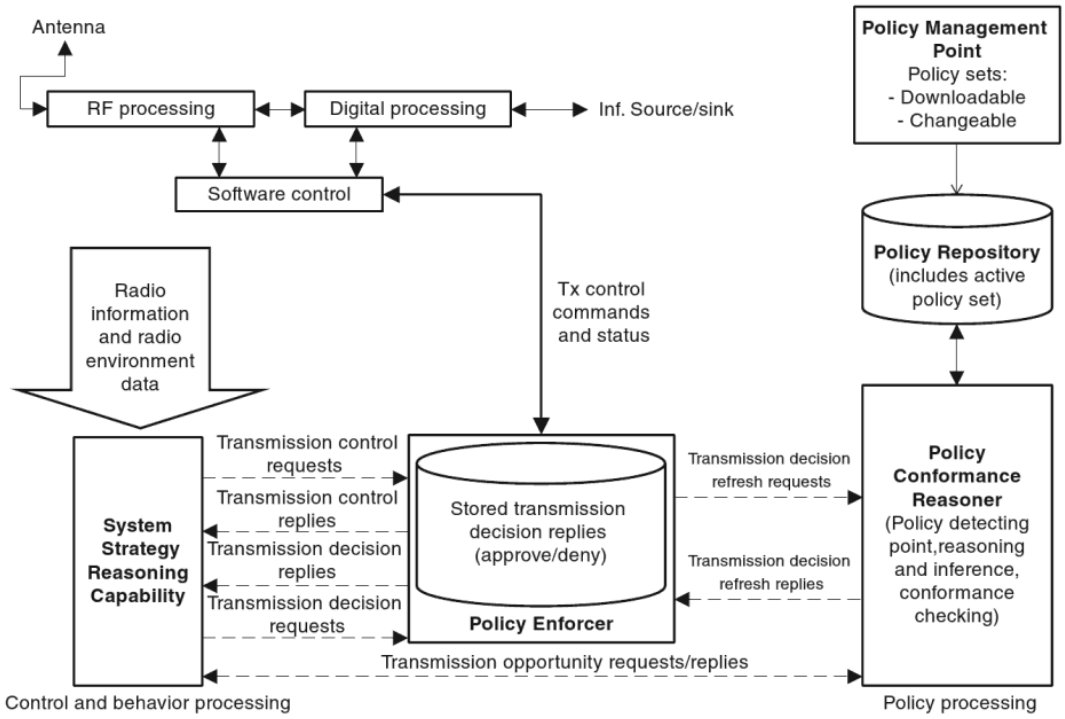


圖 4-IEEE 1900.5 系統架構

資料來源：IEEE

在圖 4 所顯示的系統架構中，右側主要為源自於政策管理點（Policy Management Point, PMP）的政策資料庫，以及依需求判斷

相符行動的政策一致性推理器（Policy Conformance Reasoner, PCR），接續由中間下方的政策執行器（Policy Enforcer）作出相應傳輸控制命令，再傳送到可運用 SDR 技術的無線電設備進行操作。

IEEE 1900.6 - IEEE Standard for Spectrum Sensing Interfaces and Data Structures for Dynamic Spectrum Access and other Advanced Radio Communication Systems，該標準發布於 2011 年 4 月，其目的為提供資料結構與介面的正式定義，主要被使用於感測器（sensor）與感知引擎（Cognitive Engine, CE）之間所交換的相關資訊，如圖 5 所示。

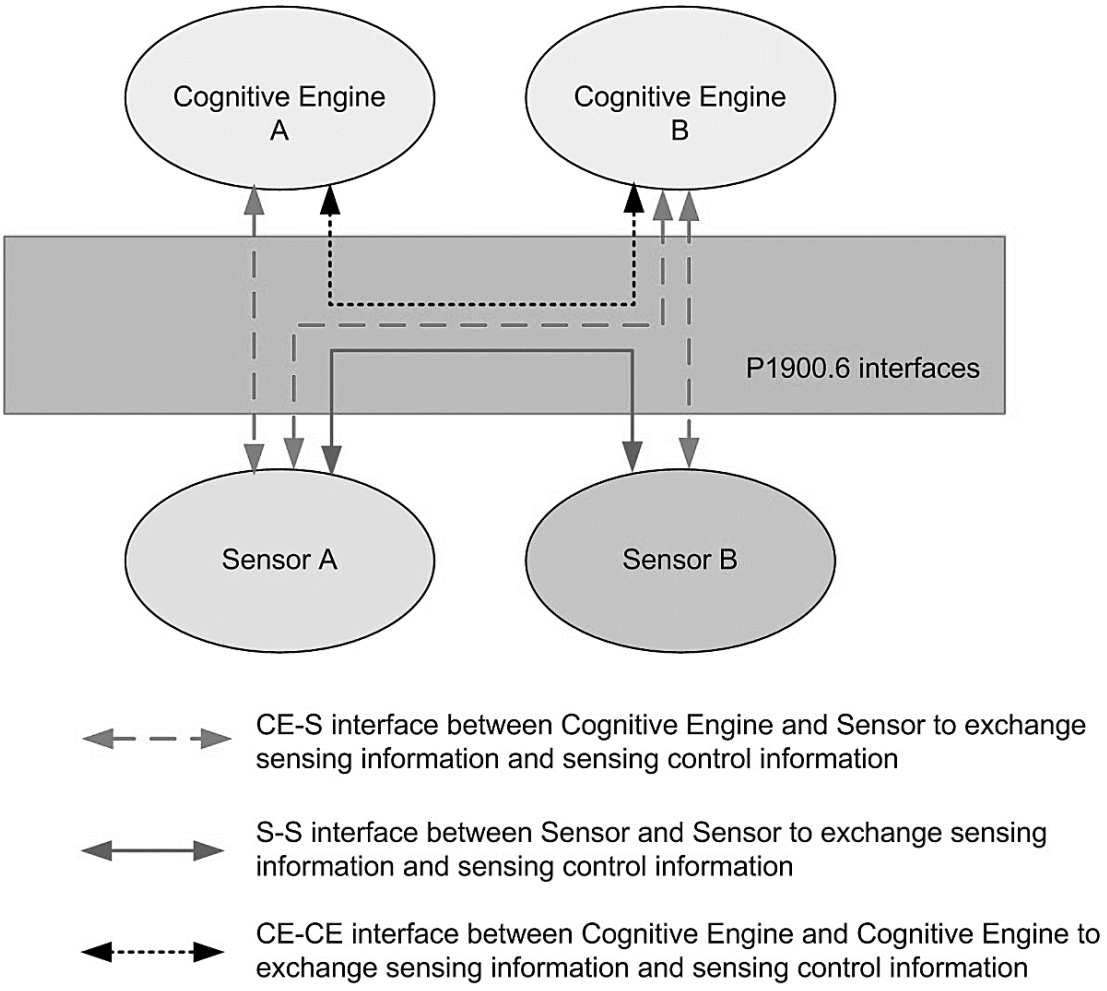


圖 5-IEEE 1900.6 參考模型

資料來源：IEEE

(四) IEEE 1900.7

IEEE 1900.7 是 2016 年 2 月發布的標準，主要針對 TVWS 接取，並定義了啟用動態頻譜接取的實體（PHY）層和媒介存取控制（MAC）層。假定的用例是無線骨幹網，陸地固定/移動網路，海事網路，家庭/辦公網路，IoT，以及點對多點和類似網狀的無線網路，中繼站有各種各樣的網路形式，包括無線網路。PHY 層是基於濾波器組多載波（filter bank multi carrier, FBMC）設計的，其抗相鄰信道洩漏功率（adjacent channel leakage ratio, ACLR）的性能（TVWS 接取特別要求）可以與 OFDM 進行比較。通過採用 FBMC，可以從相鄰通道中靈活選擇所需的安裝複雜度和降低干擾性能之一。MAC 層類似於 IEEE 802.11，並使用 CSMA-CA 和 RTS / CTS 握手。在許多與 TVWS 接取相關的無線電系統中，均需按照空閒頻段管理資料庫（White Space Database, WSDB）相關指令進行操作，但是 IEEE 1900.7 提供了主站（master）和從站（slave）之間的劃分，並且從站不會發射無線電波，直到找到主站為止。如果確保與 WSDB 進行有線連接的無線電設備（通常是接取點）作為主設備，則滿足無線電波系統並對其進行操作將更加容易。

(五) IEEE 802.11af

IEEE 802.11af 是 2014 年發布的標準，與用於在 TVWS 接取使用於無線區域網路的 PHY 層和 MAC 層有關。在 IEEE 802.11af 中，定義了 WSDB、存取點（Access Point, AP）、站臺（Station, STA）和註冊位置安全服務器（Registered Location Secure Server, RLSS）。AP 和 STA 分別作為主、從運行。由於 RLSS 被定義為可選擇性，因此它不是配置 IEEE 802.11af 的基本功能。

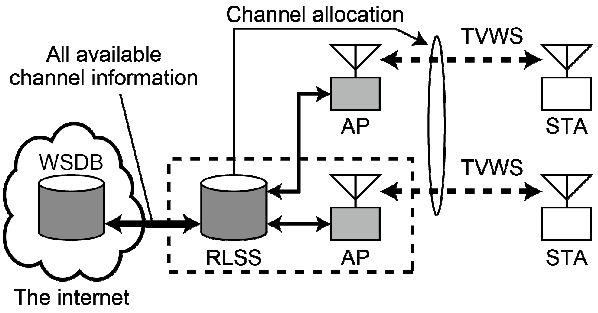


圖 6-IEEE 802.11af 系統架構

資料來源：IEEE

IEEE 802.11af 的 PHY 層基本上是 IEEE 802.11ac 的降頻版本。可以同時使用多個通道，根據模式定義了多個通道聚合模式。為了適應不同國家的無線電法規，其使用頻道的頻寬可以是 6、7 或 8MHz。

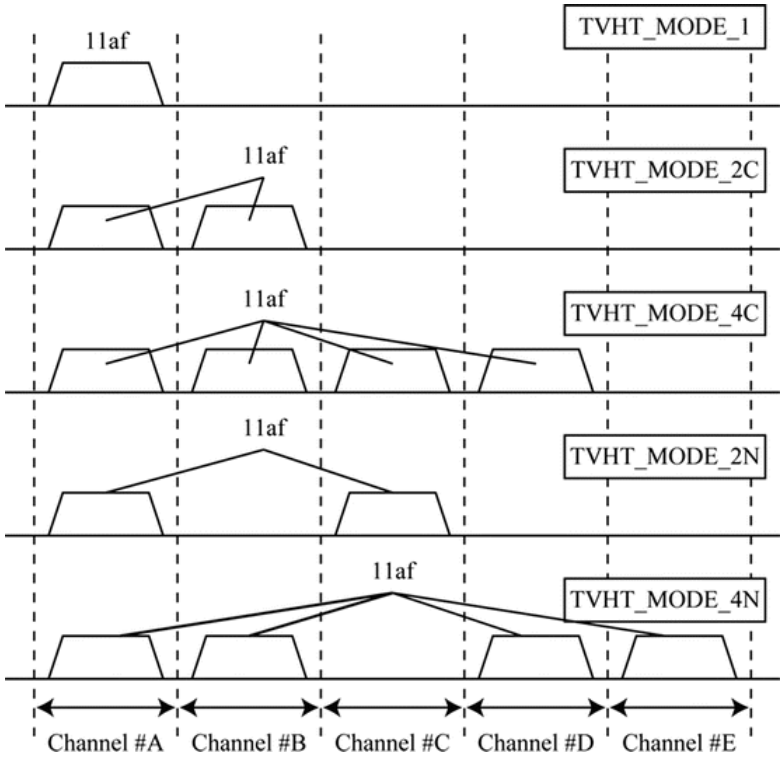


圖 7-IEEE 802.11af 通道聚合

資料來源：IEEE

(六) IEEE 802.15.4m

IEEE 802.15.4 是 2014 年發布的標準，它是一種物理設備，用於使 IEEE 802.15.4 系統指定的低速率無線個人區域網路（Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN）標準能夠進行 White Space 接取。它與 MAC 層有關，帶寬可以從 2 MHz，1 MHz，400 kHz 和 200 kHz 中選擇，並且多個 IEEE 802.15.4 m 系統可以容納在一個可用的電視頻道中。它還定義了一種功能，可以切換到 IEEE 802.15.4g 指定的免執照頻段，並在 TVWS 不可用時繼續運行。

(七) IEEE 802.19.1

IEEE 802.19.1 發布於 2014 年，其目的在不依賴無線技術的情況下，通過網路通信來實現同頻帶共存不同類型無線系統的方法標準。目標系統是一個無線終端，可以獲取自己的位置資訊，並且可以在空閒電視頻段和 5GHz 免執照頻段中獨立運行。架構中定義了三個實體：共存管理器（Coexistence Manager, CM），共存啟用器（Coexistence Manager, CE）和共存發現和資訊伺服器（Coexistence Discovery and Information Server, CDIS）。目標介面僅限於這些實體之間的通信，而不是與其他實體，例如，無線電（空白無線電：WS Radio）本身或 WSDB 的介面之間的通信。

CDIS 提供有關每個 CM 管轄範圍內的無線電資訊，這些資訊與其他 CM 管轄下的無線電關係密切（proximity services）。CM 通過 CE 提供或控制 WS Radio。圖 8 顯示了 IEEE 802.19.1 體系結構和介面的範圍。

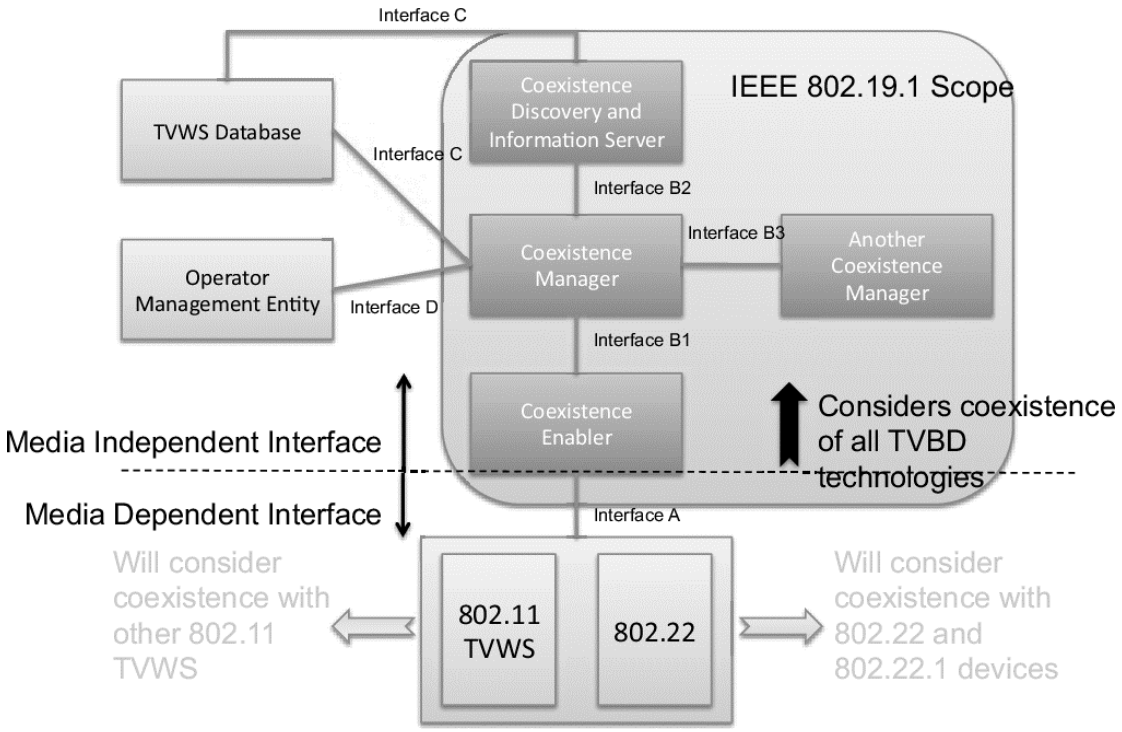


圖 8-IEEE 802.19.1 參考模型

資料來源：IEEE

(八) IEEE 802.22

IEEE 802.22 是 2011 年發布的標準，定義了用於在 TVWS 接取實現點對多點型無線地域網路（Wireless Regional Area Network, WRAN）的 PHY 層和 MAC 層。該系統由基站（BS）和用戶端設備（CPE）組成，並且在 BS 和 CPE 之間具有一對多連接。此時，在 BS 側確定並控制 CPE 的發送定時。相較於 IEEE 802.11af 以區域網路（LAN）的應用為主，IEEE 802.22 則以地域網路（RAN）為目標，最大通信距離可達 100 公里。與 IEEE 802.22 認知無線電技術相關的功能包括：（1）動態安排偵聽所需的偵聽時間的能力，以及（2）訂戶向基站警告存在者的能力。（3）基站可以指示用戶移動到另一個信道。

(九) ETSI RRS WG

歐盟 ETSI 在可重構無線電系統（Reconfigurable Radio Systems, RRS）技術委員會下創建了以下三個工作組：

- 第 1 工作組（WG1）: Cognitive Radio Systems Aspects 主要從系統角度來為 RRS 的通用架構提出建議，以確保不同 RRS 工作組之間的連貫性，並避免相關活動之間的重疊和落差。
- 第 2 工作組（WG2）: Radio Equipment Architecture 專注於可運用 SDR 技術的無線電設備架構，並提出 SDR / CR 無線電設備（手機，基站等）相關介面的通用參考架構。
- 第三工作組（WG3）: Cognitive Management and Control 工作重點為感知管理與控制；該小組收集並定義了可重構無線電系統的系統功能，這些功能與跨異質接取技術的頻譜管理和聯合無線電資源管理有關。此外，該小組還開發了用於可重構無線電系統的管理和控制的功能架構，以及有關感知導引頻道（Cognitive Pilot Channel）的報告，以支持 RRS 的管理。

ETSI RRS 通過提出相關管理和控制架構以及安全性解決方案，來補充前述 IEEE 標準化工作。表 1 列出了每個工作組所制訂的重要研究發現、參考規範及標準。

表 1-ETSI RRS 各工作組 CR 相關規範制定概況

WGx	Specification
WG1	**TS 103 143**: "System architecture for information exchange between different Geo-location Databases (GLDBs) enabling the operation of White Space Devices (WSDs)". **EN 303 144**: "Enabling the operation of Cognitive Radio System (CRS) dependent for their use of radio spectrum on information obtained from Geo-location Databases (GLDBs); Parameters and procedures for information exchange between different GLDBs". **TS 103 145**: "System Architecture and High Level Procedures for Coordinated and Uncoordinated Use of TV White Spaces. This technical specification defines the system architecture for the use of spectrum by White Space Devices (WSDs), specifically in the UHF TV Bands".
WG2	**TR 102 680**: "SDR Reference Architecture for Mobile Device". **TR 102 681**: "Reconfigurable Radio Systems (RRS); Radio Base Station (RBS) Software Defined Radio (SDR) status, implementations and costs aspects, including future possibilities".
WG3	**TR 102 682**: "Functional Architecture (FA) for the Managementand Control of Reconfigurable Radio Systems". **TR 102 683**: "Cognitive Pilot Channel (CPC)".

資料來源：ETSI

第二節　空閒電視頻段免執照共享接取

一、 簡介

世界各國多將無線電視廣播頻道配置於特高頻（Very High Frequency，VHF）和超高頻（Ultra High Frequency，UHF）頻段。由於 UHF 頻段具有長距離、高穿透性等優越的傳播特性，加上其頻段因時間、地域的不同，或用作為防止頻道與頻道間互相干擾而設置的保護頻帶，形成部分頻譜資源閒置的狀況，這些未被充分開發利用的頻譜即稱為空閒電視頻段（TV White Space, TVWS）。

美國 FCC 早於 2002 年便著手探討 TVWS 再利用的可能性。2006 年 FCC 宣布允許以低功率、次級使用的方式進行 TVWS 免執照共享接取，同時規定任何 TVWS 接取設備（White Space Device, WSD）應與已授權之空閒頻段管理資料庫（White Space Database, WSDB）連結。2008 年 11 月，FCC 發布 WSD 使用命令，揭示 TVWS 接取為免執照之次級使用（Secondary Use）（相較於電視廣播具有該頻段的優先使用權），可應用於個人或商業用途之寬頻通訊無線設備，並明定 WSD 必須具備地理位置定位（Location Awareness）、頻譜感測（Spectrum Sensing）及透過系統網路接取地理位置資料庫（Geolocation Database，等同 WSDB）等功能。

2009 年 10 月，FCC 核發 TVWS 實驗執照，並在 2010 年 9 月正式開放 WSD 以免執照方式使用，規定 WSD 只要具備地理位置定位及 WSDB 存取之能力即可。FCC 授權民間業者建置並管理 WSDB，WSDB 管理者可向使用者收取費用。2011 年 1 月，FCC 指定 WSDB 管理者包括 Spectrum Bridge、Iconectiv、Google、Key Bridge Global LLC、LStelcom、RadioSoft、Airity、Comsearch 及 Neustar 等 9 家，2011 年 7 月再新增 1 家（Microsoft），WSDB 皆須經過 FCC 認證，確保符合技術標準與測試系統正常運作。

TVWS 應用常被投入在鄉村等寬頻難以普及的地方，除美國外，新加坡、英國、南韓、南非等國家亦相繼開放 TVWS 免執照共享接取，並由一個或多個 WSDB 管理者負責分配與管理共享頻率資源。

二、 運作機制

TVWS 機制能夠避免干擾既有使用者，主要因各國發展出以地理資料庫系統管制頻譜使用與共享者所在區域，從而使共享者可避開既有使用者所在地。

美國、英國、新加坡及日本之資料庫運作流程均大同小異，當 WSD 查詢所在地可用頻率資訊時，須先連線至通過認證的 WSDB。WSDB 可能由不同的管理者提供，資訊包含既有使用者之狀況、各地區的頻譜使用狀況資訊。WSD 向 WSDB 取得設備所在地的可用頻譜以及最大可傳輸功率等資訊，以確保不會對既有服務造成妨害性干擾（harmful interference）。各個 WSDB 可分別獨立運作，但彼此之間有交換資訊的需求。擁有既有執照授權的頻譜使用者，如：無線電視、外景節目製作及特殊活動轉播（Programme Makers and Special Events, PMSE）服務，需要提供關於所擁有的頻譜在各地區使用狀況的資訊。

各國之 WSDB 均必須經過主管機關的測試，以確保資料庫能夠依據相關規範架構，正確的提供資訊。WSDB 儲存的資訊必須在執照服務提供資訊後迅速更新。WSDB 必須保持隨時可用，保持高度的可用性。WSD 必須週期性的向 WSDB 查詢，以確保資訊的及時性。一個具有充分資訊與智慧化的 WSDB，除了可以提供空閒頻譜的資訊予 WSD，也可進一步提供可用頻道以及可用傳輸功率的資訊。因為 WSDB 登載既有使用者射頻器材與 WSD 的相對距離，這些資訊可以輔助計算適當的發射功率與相鄰頻道的溢波限制。換言之，WSD 可以用不逾越主管機關原先所設定功率限制及參數來運作。

透過 WSDB 的發展，讓資料庫服務成為各種新頻譜共享機制的管理核心。已有既有用途之頻譜，其空閒可用機會能夠被善加利用，提升整體頻譜使用效率，也能為行動寬頻服務提供更多的額外頻譜。

三、 各國監理架構及相關技術規範

(一) 美國

FCC 規劃 White Space 可免執照使用，但因該頻段仍存在持執照的使用者，必須嚴格管制干擾，故 FCC 制定了相當細緻而嚴格的規範，包含 WSD 的種類、用以管理頻譜使用的 WBSD 系統、天線的高度、感測信號的靈敏度、避免干擾的範圍等。由於接取 TVWS 以免執照為基礎，故整體規範相似於低功率射頻器材管制，為了避免對既有使用者造成妨害性干擾，對於發射功率與既有使用者相距位置均有相當細密的規範。

1、 免執照使用

針對空閒頻譜之利用，FCC 於 2008 年 11 月發布「Second Report and Order」（下稱 2008 R&O），自此展開頻譜共享之發展。只要符合 FCC 行政命令與技術規範之 WSD，即可免執照利用空閒電視頻段。

FCC 指出，開放空閒頻譜共享接取利用，除了增加無線通訊之頻譜供給外，同時提升頻譜的使用效率，有助於提供各式無線通訊的業者推出新興服務。

FCC 認為，在免執照的基礎上開放使用 WSD，另透過一系列限制規範來保護取得執照的既有服務商，是符合公眾利益的方式。如此不僅可為這些頻譜引進創新的使用，也同時保護廣播電視或其他授權服務的持續經營與成長。此特點也獲得無線網路服務商

（Wireless Internet Serivice Providers，WISPs）之認同，尤其低頻段的特性，適於提供經濟的無線網路服務於偏遠不經濟區域。

美國 TVWS 開放的細部條件規範於 Part.15，因涉及無線電裝置，故合乎電視頻段使用的需求，因 Part.15 的規則原本即為限制開放性的、低功率的無線電裝置，不得對授權的使用者造成妨害性干擾。美國 TVWS 可用頻譜資源分佈與數量不穩定，隨著頻段使用率、地點、時間的不同，頻率的可使用條件亦各地不一，因此規劃不以執照管制。

2、 WSDB 管理干擾

最初 FCC 在 2008 R&O 文件規劃，認為地理定位（geo-location）/資料庫（database）與頻譜感測（spectrum sensing）的方式，較能確實的識別出空閒電視頻譜，避免干擾，故兩種方式都納入免執照使用 WSD 的規範中。

地理定位意指透過 GPS 系統，準確的定位免執照設備的位置，經由資料庫比對廣播電視或其他執照服務的位置與區域。建立這些地理定位資訊之後，便能提供廣播電視或執照服務充足而可靠的保護。頻譜感測技術則使用了「Listen Before Talk」的方式，檢測電視頻段是否在該區域為空閒狀態。亦即，感測裝置必須時刻監控頻譜的使用狀況，先確定該頻段為空閒，再行傳輸資料。

2010 年 9 月發布的 Second Memorandum Opinion and Order（下稱 2010 MO&O）主要對 2008 R&O 之部分內容進行修正，例如，取消了要求 WSD 須具備感測既有服務訊號之功能；亦即，FCC 認為 WSD 僅需使用地理定位與存取 WSDB 功能，便能避免干擾既有之服務，無須再具備頻譜感測功能。這樣的修正也可降低 WSD 之開發與製造成本。WSDB 系統包含重要規範如下：

- WSDB 登錄資訊的要求

  依據規範要求，WSDB 應能依據 WSD 要求與其所在位置，提供可用的電視頻道資訊。可用頻道的確定，應符合 47 C.F.R §15.712 干擾保護的要求。WSDB 應登錄固定式 WSD 的認證與地理位置資訊。同時規範中亦詳細說明各種資訊登錄的的要求，例如對於固定式及可攜式 WSD，要求其於初始化時，必須核對註冊其登錄資訊，以確定其所在位置與認證資訊。Mode II 可攜式 WSD 應提供 FCC 所要求之識別資訊，以及符合要求的精確所在位置資訊。

- WSDB 管理者的責任

  FCC 可指定一個或多個實體作為 WSDB 管理者，負責分配與管理空閒電視頻段之共享頻率資源，管理者的主要責任有：

  - 維護符合 47 C.F.R §15.713 所要求的各項資訊。
  - 建立獲取必要與適當資訊的程序，並應定時與官方資料進行同步，包含執照與設施的更新。對於非由 FCC 所提供之資訊，亦應建立註冊登記的程序。
  - 在無差別待遇的基礎上，提供足夠資訊予所有免執照的 WSD 使用者。
  - 提供服務的期限為五年，屆滿可由 FCC 加以更新延展。
  - 當有多個 WSDB 同時運作時，WSDB 管理者應進行合作，制訂一個標準化的程序，確保記錄資訊的一致性。

3、 WSDB 的安全要求

FCC 在 2010 MO&O 當中強化了 WSDB 的安全要求，透過合理與穩定的安全保障措施，避免不當的存取、修改、損毀資料庫的內容，也防止各種 WSD 存取未經授權的 WSDB。

首先，WSD 只能存取經 FCC 認可指定的管理者所建置的 WSDB，禁止使用未獲主管機關核准的 WSDB，以維持資料的正確性與即時性。其次，必須使用安全的方法，以防止 WSD 與 WSDB 間的通訊，受到不當干擾與破壞，亦即透過加密、設備識別、電子認證或安全通訊的技術，維持通訊的安全。最後，為了避免未經授權的資訊輸入或更改資料庫，WSDB 的存取與資訊的輸入，WSDB 管理者必須建立適當的的驗證程序，確保所有的通訊裝置所收到的資訊，是由合法授權的來源所得。然而，FCC 並不指定特定的技術來滿足安全要求，因為 FCC 認為，WSDB 管理者和 WSD 設備製造商能夠自行協調並發展出最好的方式。

(二) 新加坡

新加坡從 2009 年即開始 TVWS 研究，並於 2011 年成立產官學小組進行 TVWS 應用及服務試驗；TVWS 法規架構經過 2013 年對外公開徵詢意見，2014 年正式公告實施。

1、 免執照使用

主管機關決定 TVWS 的使用將在免執照的基礎上，使用者必須遵守主管機關所提供之技術操作規範。而使用於 TVWS 頻段的設備（White Space Device，WSD），必須通過主管機關的設備檢驗規範。因為 WSD 是一項新技術，可能有潛在造成干擾的問題，主管機關實施「一般設備登記（General Equipment Registration，GRE）」計畫，以全面性的驗證過程，通過主管機關認可的驗證機構檢驗或通過主管機關評估，要求設備商與供應商必須依據 GRE，向主管機關登記 WSD，方能於市面販售。

2、 地理資料庫系統管理干擾

地理資料庫將負責提供 WSD 就其所在位置之有關可用頻道、最大發射功率的資訊。資料庫應至少每 6 小時進行許可狀態的更新。資料庫管理者必須防止未經授權的資料輸入或更改既存的資訊，因此資料庫管理者必須提供安全的通訊認證程序，以使固定式或 Mode II 的 WSD 能夠確認其獲得的資訊是來自於正確授權的來源。

資料庫在提供可用頻道的資訊時，應確保資料庫與 WSD 之間的通訊具有適當的安全措施，避免未經授權的使用者可存取或修改資料庫內容，以及防範其他不當影響資料庫或 WSD 運作的行為。

由於固定式 WSD 必須在首次啟動時或更改位置時，提供資料庫註冊相關資訊，利用 WSD 提供網路服務的業者，必須確保資料庫獲得最新的資訊。

3、 資料庫管理者需申請執照

資料庫管理者必須向主管機關申請服務營運商（Services-Based Operator, SBO）執照，在提供服務的前二年無須繳執照費，二年之後，主管機關將評估是否可繼續豁免。主管機關目前並未限制管理者的數量，但在申請執照時，將要求申請者提供商業模式計畫，以瞭解申請者如何確保業務永續性。

4、 高優先權頻道（HPC）指定

在一定條件下，使用者可申請使用高優先權頻道。經主管機關許可並動態分配兩個專屬頻段，於地理資料庫註記為高優先權。許可條件為：

- 在申請當下的時間與地點中，所有一般的 White Space 頻道均已被使用。

- HPC 的頻譜分配，必須根據經主管機關事前同意的公平程序分配。
- 當 HPC 的分配方式改變時，須以書面通知主管機關。
- 採取合理的預防措施，避免 HPC 被許可使用者之間、HPC 與一般使用者之間的干擾。使用者亦應配合相關預防措施。

HPC 可提供企業使用者所需的頻譜可用性與相對較高階的服務，主管機關將允許地理資料庫管理者以商業判斷運作 HPC 機制，不同的資料庫管理者之間可協調彼此的 HPC 管理，使 HPC 與一般 TVWS 使用者共存。

(三) 英國

1、 免執照使用

2007 年底，Ofcom 在「Digital Dividend Review」中建議允許豁免執照（licence-exempt）的感知設備利用空閒頻譜，但不保留任何數位紅利作為專屬的免執照頻段，或作為創新保留之用。之後 Ofcom 在 2009 年 7 月 1 日的「Digital Dividend:cognitive access」建議中，決定將以免執照方式，以地理定位與頻譜感知技術作為替代辦法，並設定謹慎的參數以檢測相關設備。依據 2006 年無線電信法（Wireless Telegraphy Act 2006） Section 8(4)與(5)之規定，Ofcom 認為無線通信基地臺或設備的使用不會產生有害干擾時，可制訂規則豁免其執照。

2012 年 11 月的設備諮詢中，Ofcom 將 WSD 設備規劃為 type A 與 type B 兩種類型，與美國類似，A 類型設備的發射天線是安裝在室外不可移動的平台上，即性質上屬於基地臺，B 類型的設備則屬於室內/外的輕型或行動設備上，即使用者端的分享器或手持裝置。

A 類型設備受到較嚴格的管制，在通訊前必須接收由 Ofcom 核可的地理資料庫管理者的名單，接收到相關頻譜與地理資料參數後，方能進行通訊。B 類型設備必須依附在 A 類型設備之下，換言之，A、B 類型設備間以「主、從（master-slave）」的機制相互配合運作。

隨著 2015 年 2 月「實現空閒電視頻段（Implementing TV White Spaces）」聲明文件的發布，同年 12 月亦公布了 White Spaces 設備豁免管制規則，除規範設備要求外，也闡明設備與地理定位資料庫的運作規範。其後，Ofcom 於 2016 年小幅修訂增加合格資料庫管理者名單。

2、 WSDB 管理干擾

WSDB 是在頻譜感測技術之外，另一個用以讓空閒頻譜設備可以得知所在位置以及可用頻譜狀況的方式。對於數位電視服務而言，由於數位電視電台的位置與發射功率都較為固定，使用 WSDB 的方式，可有效率的防止干擾的發生。即使對於無線麥克風而言，在短期使用如體育賽事的播報，也可以發揮良好的效果。WSDB 之功能與規劃介紹如下：

WSDB 設計

WSD 須先連線至 Ofcom 網站取得合格的 WSDB 名單，WSDB 將會由不同的管理者提供，包含英國各地區的頻譜使用狀況資訊。接著，WSD 可自由選擇並連線至合格的 WSDB，進行設備註冊並取得設備所在地的可用頻譜以及最大可傳輸功率等資訊，此一運作機制將確保不會對既有服務造成妨害性干擾。初期各個 WSDB 分別獨立運作，彼此之間並未交換資訊，Ofcom 表示，若未來 WSD 的使用越來越廣泛，WSDB 之間便可能有交換資訊的需求，至於是由 WSDB 之間直接相互交換資訊，或是由 Ofcom 先匯集資訊後再同步給所有 WSDB，將視未來發展狀況而定。擁有執照授權的頻譜使用

者，如地面數位電視（Digital Terrestrial Television, DTT）以及 PMSE 服務，需要提供關於所擁有的頻譜在各地區使用狀況的資訊。Ofcom 認為這是一種創新的頻譜分配方式，但因為潛在使用者數量與商業利益尚不明朗，因此在 WSDB 服務開始的前三年，Ofcom 不會針對合格 WSDB 管理者收取費用。

WSDB 必須經過 Ofcom 的測試，以確保能夠依據 Ofcom 的規範架構，正確的提供資訊。WSDB 的資訊必須在執照服務提供資訊後迅速更新。WSDB 必須保持隨時可用，Ofcom 建議最低 99.99%的可用性。WSDB 的查詢與下載，應使用適當的通訊協定，Ofcom 建議為以網際網路為基礎的協定（Internet-based protocols）以及使用標準查詢語言（standard enquiry languages）。

用於頻譜管理及設備功率之彈性調整

Ofcom 將會提供四種資訊給 WSDB，首先是「數位電視共存資料（DTT Coexistence data）」，包含因避免干擾 DTT 服務而需遵守之最大傳輸功率；其次是「未知位置資料（Location Agnostic data）」，包含有關保留給 PMSE 使用的 Channel 38 及附近頻段的最大功率限制，由於此類 PMSE 的既有使用者位置是動態的，因此除了保留頻段之外，也設有功率限制；再者是「PMSE 資料（PMSE Data）」，主要是持執照的 PMSE 資訊，持照 PMSE 可能會使用 Channel 38 以外的頻段，故 Ofcom 將因應持照 PMSE 的狀況，計算特定地點與特定時間的可用功率資訊，提供給 WSDB；最後則是「非計畫內調整資料（Unscheduled Adjustments data）」，是由 Ofcom 因應特定地區的臨時性需求，提供功率限制資訊給 WSD。

WSDB 的基本功能有二個層面，首先 WSD 必須提供本身的技術標準與位置資訊等設備參數傳送至 WSDB，WSDB 再根據 WSD 的設備參數，將 Ofcom 提供的可用頻譜及傳輸功率限制等操作參數，傳送給 WSD。操作參數的有效期間將很短，WSD 必須週期性的向

WSDB 查詢，以確保資訊的及時性。當 WSD 由 WSDB 取得可用頻譜資訊後，亦必須將其決定使用的頻率範圍回傳給 WSDB，符合 Ofcom 管理可用頻譜及管理干擾的目的。Ofcom 認為管制的重點在於地點的精準度，在經過公眾諮詢之後，Ofcom 結論是預設資訊的準確度必須限制在 100 公尺內，但若設備的準確度不足，則必須註明於資料庫中。

Ofcom 認為 WSDB 的管理方式亦可作為有效率的頻譜管理工具。例如所有的感知設備在無可用頻道時，可即刻停止運作；WSD 也可由 WSDB 要求關閉傳輸功能。個別頻道亦可依需求而在全國或特定區域關閉。當創新或更有價值的執照應用服務出現在空閒頻段，而有受到 WSD 干擾可能時，便可關閉免執照使用。

一個具有充分資訊與智慧化的資料庫，除了可以提供空閒頻譜的資訊予服務設備，也可進一步提供可用頻道以及可用傳輸功率的資訊。因為資料庫記載執照裝置與免執照裝置的相對距離，這些資訊可以輔助計算適當的發射功率與相鄰頻道的溢波限制。換言之，WSD 有機會可以用高於 Ofcom 所設定參數的功率運作。

動態調整基站（base stations）功率，避免妨害性干擾

WSDB 對於固定式基站也有額外的功用。相較於僅單獨使用感測技術的基站，能接取 WSDB 的基站可能因充分的頻譜與地理資訊，而能以較高功率運作，對於基本上高度較高或具備天線的基站而言，較高的功率可使其服務的範圍加大，訊號也較為穩定。相對的，當該區域的空閒頻譜狀態改變時，基站也會被要求以較低的功率運作，以避免造成妨害性干擾。Ofcom 認為一個適當定義的 WSDB 可完全避免妨害性干擾。因此儘管需付出較高的行政成本，但能夠提供執照服務商比感測技術更高水準的保護。

(四) 日本

日本發展 White Space 次級共享使用的歷程，可追溯至 2009 年 12 月由總務省組成研究小組，該小組從增進無線電頻率使用彈性的角度出發，於 2010 年 8 月提出對無線電頻率使用的檢討報告，並規劃建立 White Space 特區，在 2009 年至 2010 年間，邀集各界對 White Space 利用提出實驗計畫，相關計畫內容包括有提供行動數位電視的 One-Seg 等。

日本對於 White Space 接取並不侷限於特定頻段，不過多以數位無線電視使用的 UHF 頻段為主。最初 White Space 實驗頻段尚包括 710-806MHz，不過隨著總務省指配 700MHz 供行動通信服務使用後，White Space 接取便以 410-710MHz 頻段為主。

1、 需執照使用

2011 年 9 月，White Space 推動會議成立檢討小組，從運作面、技術面與制度面著手研析，並於 2012 年提出「White Space 利用系統共享策略」，確立 White Space 使用優先權主要分為三種。優先權最高者為地面數位電視服務，其次為特殊無線微波電話，最後則是區域廣播、感測網路、災害通訊網路等接取 White Space 的通訊系統。

此一優先權之設計，在於確保任何透過接取 White Space 提供服務的通訊系統，不得對數位電視服務的提供造成妨害性干擾。同時，接取 White Space 的通訊系統，提供服務時，必須考慮來自於數位電視服務的干擾，並且採取預防干擾的相關措施。

在日本 White Space 的使用架構下，申請接取 White Space 的機構（含公司、學術單位或行政機關）必須取得執照。為了確保接取 White Space 的通訊系統在相關服務區域得以使用特定頻道，主管機

關需要在確保不會干擾數位電視服務的前提下，提供各通訊系統可使用的 White Space 通訊頻道。

總務省透過 White Space 推動會議，更進一步建立 White Space 工作小組，由該小組建構接取 White Space 的運作管理與 WSDB 建構等細節，包括以下：

- 管理規範：申請使用之註冊程序、干擾發生時的回覆程序、災害發生時的對應策略以及資料庫參照方式。
- WSDB 建構：針對使用區域、時間與頻率的 White Space 使用計畫。
- 其他必要調整事項。

對於避免干擾數位電視的規範上，工作小組主要參考 ITU 對數位電視保護之文件：「ITU-R REC.BT.1895 (Protection criteria for terrestrial broadcasting systems)」的保護基準（I/N<-10dB）進行檢討。

2、 WSDB 建置

在 WSDB 的建置上，總務省與獨立行政法人研究機構「國家資通訊技術研究院（National Institute of Information and Communications Technology，NICT）間簽訂研究發展契約，開發工作交由 NICT 負責。

NICT 所設計的 WSDB 系統能計算主要通訊系統（既有使用者）與次級通訊系統（White Space 頻段使用者）間的干擾狀況，再提出可使用的頻道清單供次級通訊系統運用。接取 White Space 的基站（即 WSD）會向 WSDB 提出申請，並配置於可用頻率。NICT 整合了 WSDB 與 WSD 資訊，藉由自動選擇適當頻道，確保透過數位電視頻段（470-710MHz）提供無線通訊服務時，不會干擾到既有使用

者（數位電視服務）。NICT 於 2012 年 6 月宣布完成 WSDB 之建置與開發。

在運作概念上，WSDB 收到來自 WSD 的要求後，會自動運算主要通訊系統與次級通訊系統間的干擾，並提供給每個 WSD 該地域適合的頻道。WSD 必須要在獲得 WSDB 的許可後，才可使用。

在運作架構上，WSD 會先透過 ISM 頻段（2.4GHz）組織成網狀網路（mesh network）並連結 WSDB，以取得可用頻道資訊。可用頻道資訊會提供給網狀網路管理者（Mesh Manager），讓管理者決定使用頻道並回報 WSD，而後即會開始接取 White Space 可用頻道。

2013 年 5 月，White Space 推動會議發布 White Space 制度整備進展相關文件，其中提到將會更進一步發展透過 WSDB 提供服務的實際應用。透過 WSDB，得以使多個系統間彼此更有效且更協調的運作。為達成此一目標，需要持續調整既有系統的運作，同時，亦需要將執照相關資訊與運作細節輸入至 WSDB 之中。

四、 小結

基於地域（或時域）之不同，使得 VHF 及 UHF 頻段產生許多未被充分利用的機會。TVWS 旨在透過資料庫協助管理此等頻段之次級使用，進而促進頻譜使用效率。以免執照方式規管的共享頻率設備（WSD）須自通過認證的共享頻率資料庫（WSDB）獲取可用的頻道及操作功率等資訊。在此模式下，得以實現頻譜的有效復用，並確保對既有地面數位電視（DTT）無干擾之虞。WSDB 主要儲存並定期更新 DTT 電臺和頻道佔用資訊，在英國，WSDB 還存放著 PMSE 服務的使用情況。在實際運作過程中，為了接取 TVWS，WSD 應先向 WSDB 報告其地理位置，WSDB 計算並返回 WSD 可用頻道，WSD 始可進行通信。

從國際發展經驗來看，TVWS 無線接取技術相當適合做為偏鄉或人口稀疏地區的無線廣域寬頻連網方案，國際產業生態體系堪稱完備，並在智慧電網、林業、農業管理及偏鄉教育等方面，國內外皆有應用或測試案例。在相距 10 至 25 公里、資料發射與接收兩端間有阻礙物如林木等非視距（Non-Line Of Sight, NLOS）通訊需求之情境下，使用 TVWS 將具有較佳之成本效益。

第三節　授權共享接取

一、 簡介

早於 2007 年世界無線電通訊會議（World Radiocommunication Conference 2007，WRC-07）即決議將 2.3GHz 頻段新增為國際行動電信（International Mobile Telecommunications，IMT）使用。另根據全球行動供應商協會（the Global mobile Suppliers Association，GSA）近期統計數據顯示，截至 2020 年 7 月，在 7,377 款可運作 TDD 模式的用戶終端設備中，支援 2.3GHz 頻段（Band 40）者達 80.3%，尚高於 Band 41（2.6GHz 頻段）的 62.4%及 Band 38（同為 2.6GHz 頻段）的 61.9%，顯示其設備生態體系（ecosystem）具一定的成熟度。

歐盟無線電頻譜政策小組（Radio Spectrum Policy Group, RSPG）於 2008 年、2011 年陸續展開「頻譜集體使用（Collective Use of Spectrum, CUS）」及「授權共享接取（Licensed Shared Access, LSA）」等兩種頻譜共享模式之探究，其定義分別為：

- 頻譜集體使用：於同時間及同地理區域中，允許不限數量之獨立使用者或設備在明確定義之條件下利用同一頻段。在此模式下，所有的使用者係以免執照的方式共享該頻段，且使用之設備須符合特定功率限制等技術規則，因此無法有效保證一定的服務品質。

- 授權共享接取：允許在存有一個或多個既有使用者的頻段中，採個別許可（individual licensing）方式再行分配無線電頻率給有限數量的持照者（licensees），以利持照者導入無線電通信系統的運作。在此種方式下新的（共享）使用者可根據規範其頻譜使用條件之共享規則，獲授權使用頻譜（或部分頻譜）；包括既有使用者在內的所有獲授權使用者，均提供一定的服務品質（QoS）。

目前 CUS 模式的運用非常廣泛，例如：射頻識別裝置（Radio Frequency Identification, RFID）、無線電麥克風（Radio-Microphones）、無線電定位（Radiolocation）、無線區域網路（Radio Local Area Networks, RLAN）、智慧交通系統（Intelligent Transport Systems, ITS）和汽車短距離雷達…等。CUS 模式下多數的通訊都屬於短距離、低功率的型態，因此干擾問題較容易解決。CUS 模式的重要優勢是市場進入門檻低，只要定義好特定的頻段與明確的技術參數，便可允許不特定的使用者利用頻譜。大多數 CUS 建置技術之共通點為降低各式無線應用服務的頻譜接取障礙，並透過促進創新與競爭，使一般消費者獲得極大利益。

相較於 CUS 模式，LSA 模式下各使用者的頻譜使用權受到一定程度的保障，可能是基於契約或基於法律規範，以確保服務品質的穩定，因此能提供一種有利於各方的互補方式－其允許既有使用者與行動業者之間以分地、分頻或分時等方式共享使用頻譜資源，在頻譜主管機關與頻譜使用雙方商討出的共享協議下，以類似獨占式（exclusive）使用權的方式滿足雙方利益，故被歐盟視為一個潛在獲得頻譜資源的補充作法。

2012 年 9 月歐盟執委會發布「促進無線電頻譜資源共享（Promoting the shared use of radio spectrum resources in the EU）」政策通訊文件，說明頻譜共享技術的重要性、創新發展的誘因及明確

的法律規範需求；歐洲郵電主管部門大會（Conference of European Postal and Telecommunications administration，CEPT）、歐洲電信標準組織（the European Telecommunications Standards Institute，ETSI）及電子通訊委員會（Electronic Communications Committee，ECC）等權責單位，則依照歐盟執委會在 2012 年及 2014 年所頒布的指令（mandate），進行相關政策法規及技術標準的研究制定。

2013 年顧問公司 Plum Consulting 曾作研究，歐盟協同一致規劃 2.3 GHz 頻段供行動寬頻服務應用，將可為歐洲地區創造每年高達 220 億歐元的經濟價值。GSMA 2014 年報告亦指出，及時地為行動寬頻服務釋出該頻段的專用或共享頻譜，將為歐盟各國創造更為廣泛的社會經濟價值。

在歐盟各國中，僅有愛爾蘭、瑞典、丹麥等國家已規劃將 2.3GHz 頻段全數轉用於行動通信業務專用頻譜；英國初步協調軍方騰讓頻率範圍 2350-2390 MHz、總頻寬 40 MHz 轉為商用；其餘多數歐洲國家則由於分配給國防和航空遙測（Telemetry）等政府用途、無線視頻鏈路和無線麥克風等 PMSE（Program Making and Special Events）商業用途，故適合進行 LSA 模式之評估，以加速釋出該頻段供行動通信業務使用。

理論上，LSA 模式將有助於實現多贏與價值共存；其包括：大幅降低行動基礎建設成本，並且在商業模式、網路及競爭等方面促進創新。既有使用者利用空閒的頻譜資源實現社會與經濟價值，且不影響頻譜權利歸屬。行動業者以較低代價獲得使用權，並提升提供給用戶 的服務品質。LSA 頻譜共享機制不僅是保障頻譜有效供給的中、短期補充方案，亦能作為促進頻譜創新使用的長期解決方案。

然而，共享頻譜長期潛在經濟效益是否超過投資專用頻譜相對得到的效益，將是行動業者評估投入與否的重要考量因素。行動通信產業組織（Global System for Mobile Communications Association,

GSMA）在 2014 年發布報告，即指出 LSA 模式雖可作為增加頻譜可用性的補充方案，但尚難以取代提供行動寬頻服務的專用頻譜需求。GSMA 同時提醒，LSA 模式可能面臨執行上的嚴格限制及取得頻譜成本與補償利益等問題；例如：既有使用者和共享頻率使用者之間的協議期限長短、基礎設施建設的責任分擔、頻譜共用範圍是否具經濟規模等。

二、 LSA 運作機制

根據既有使用者的頻譜使用模式，將產生以下三類可能的共享機會：

- 靜態共享（Static sharing）：既有使用者僅在特殊地域使用特定頻段，與時域無關。例如：為軍事、航空雷達劃分「禁止／保護區（exclusion / protection zone）」；限定行動業者僅能在室內環境接取使用。
- 半靜態共享（Semi-static sharing）：既有使用者在可預先定義的時域及（或）地域條件下使用特定頻段。例如：運動賽事、棚內節目製播等場所之無線麥克風接取使用。
- 動態共享（Dynamic sharing）：來自既有者的保護請求是無法預測的，既有使用者可動態決定在特定時域及（或）地域條件下使用特定頻段。例如：戶外新聞採訪現場之無線麥克風、無線視頻鏈路接取使用。

在 LSA 頻譜共享機制中，設計以 LSA 頻譜庫作為共享頻率資料庫，用以提供基於既有使用者頻譜使用情形的共享頻譜資訊，共享頻率使用者則利用 LSA 控制器自 LSA 頻譜庫取得頻譜使用許可條件，再依其可用性調整行動接取網路的頻段配置。

監理機關可根據既有使用者的頻譜使用模式，協調既有使用者與共享頻率使用者訂出合適的共享框架及釋照相關規則。共享頻率使用者需遵循執照規則，自監理機關取得 LSA 頻譜執照後，在確保既有使用者不受妨害性干擾的使用條件下共享頻譜資源。

圖 9 說明在 LSA 頻譜共享機制下之利益相關者（stakeholders）、主要元件，以及推動實施的程序步驟。在該機制中，主要利益相關者包括：既有使用者、頻譜監理機關和共享頻率使用者（通常為行動業者）。

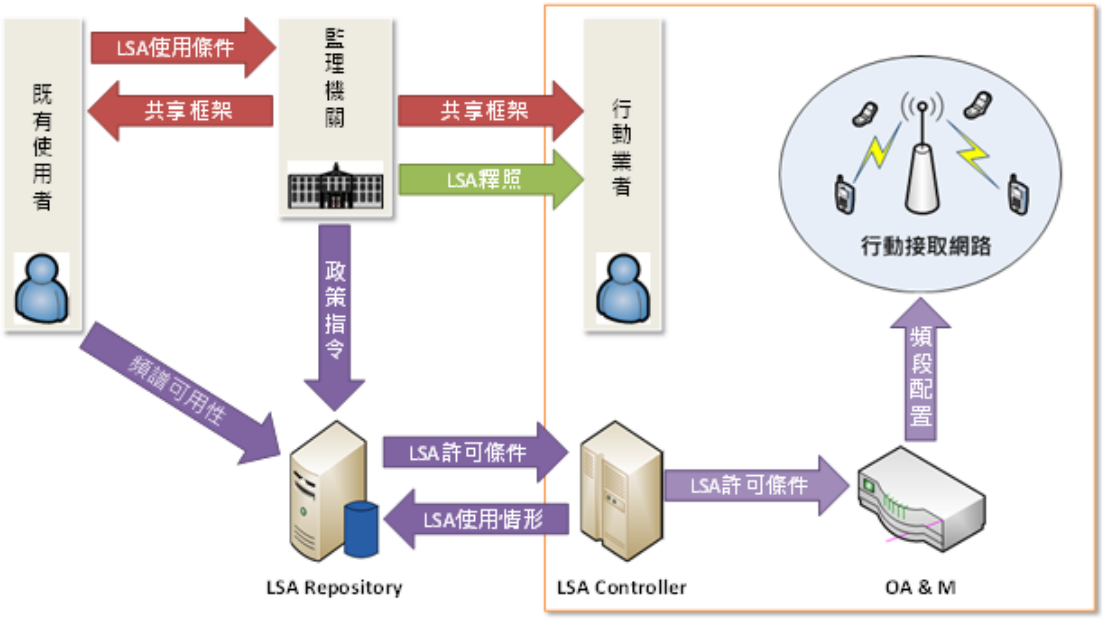


圖 9-LSA 頻譜共享機制之運作

資料來源：本研究整理

三、 LSA 監理架構及相關技術規範

在使用及管理規範部分，電子通訊委員會 (Electronic Communications Committee，ECC) 建議各會員國監理機關可根據既

有使用者的頻譜使用模式，訂定合適的共享框架及釋照相關規則；在技術規範方面，則有 ETSI TS 103 235 及 ETSI TS 103 379 提供協調多個不同服務間的頻譜接取解決方案。

2017 年 4 月，ETSI 宣布完成 LSA 之規範，將能實現頻譜共享和提高服務品質。ETSI TS 103 379 解決了 2.3-2.4GHz 頻段之 LSA 機制的訊息元素與協議，提出名為 LSA1 之協議標準，負責 LSA 頻譜庫與 LSA 控制器及相關訊息內容之定義。ECC Report 254 則將 LSA 模式應用到 3.6-3.8GHz 頻段。

四、 LSA 場域實證及推動現況

根據 ECC 官網資訊，2015 年 10 月以來曾進行相關測試之國家包含：西班牙 (2015/10)、芬蘭 (2016/03)、荷蘭 (2016/05)、法國 (2016/10)、義大利 (2016/11) 與葡萄牙 (2019/03)。

各國均應用 CEPT 決議開放之 2.3-2.4GHz 頻段進行與既有使用者之共享試驗，大多數國家之共享對象為 PMSE (Progarmme Making Special Events)應用。然而，因為資料庫等機制尚未明確，因此，各國先行規劃各自共享不干擾之機制。

(一) 芬蘭

在 LSA 模式相關技術的發展上，芬蘭係透過產學研各界通力合作，推動包括 WISE2 、 CORE+ Cognitive Radio Trial Envi ronment + +）等多年期的研究計畫，並獲得 隸屬芬蘭就業與經濟部（Ministry of Employment and the Economy ）之國家技術創新局（ Finnish Funding Agency for Technology and Innovation）資助其相關經費。WISE2 計畫著眼於提供服務試驗和解決方案示範之開放式場域（test bed ）環境，使用 2360-2400 MHz 頻率範圍，發展 PMSE 使用者為主

的動態共享保護機制，研發成果包括可用於感知無線電技術的頻譜地理位置資料庫（geolocation database）、既有使用者雲端管理工具 Incumbent manager。

CORE+計畫由芬蘭國家技術研究中心（Technical Research Centre of Finland, 即 VTT）帶領，其 10 餘個成員來自於研究機構、通訊產業廠商，以及主管國防、通訊產業的兩個政府機關。該計畫於 2013 年 4 月成功進行全球首次在商用 4G LTE 網路下的 LSA 運作展示，同時評估既有使用者要求 LSA 頻段所需的釋放時間（evacuation times）及用戶終端的服務品質，完整測試結果可參閱 CEPT 文件 CEPT Report 19 (2008/10/30))。

(二) 義大利

義大利政府 2015 年 7 月宣布啟動一項頻譜共享先導計畫（pilot project），該計畫係根據歐盟執委會所屬聯合研究中心（Joint Research Center, JRC）之提議，由義大利經濟發展部（Ministry of Economic Development）主導，在技術合作與發展方面，則邀請包括 Qualcomm、Nokia、Fairspectrum、RED Technologies 等歐洲各國通訊產業廠商參與，並委託研究機構 Foundation Ugo Bordoni 負責統籌 27。

鑑於透過行動裝置的上網行多半發生在室內，提昇建築物內部訊號涵蓋與上網品質可說是當前行動網路建置所面臨的最大挑戰。先導計畫爰設計在室內布建 LTE 小型基地臺（small cells）的應用場景下，使用 2.3-2.4GHz 頻率範圍，於羅馬近郊的 EUR 區進行 LSA 頻譜共享管理模式與系統機制的相關測試。

該項計畫為歐洲地區首次進行的大規模 LSA 實測，藉以深入研究 LSA 機制的技術條件（technical conditions）和操作可行性

（operational feasibility），並特別以實地射頻量測，分析 LSA 頻段之同、鄰頻干擾情形，以協助定義頻譜共享使用的規則和條件。

(三) 法國

法國政府於 2013 年 1 月成立一個工作小組（working group），負責設計合適的 LSA 頻譜共享管理架構。該工作小組由頻譜政策主管機關 ANFR（Agence nationale des frequences）擔任協調角色，成員包括通訊產業主管機關 ARCEP（Autorité de régulation des télé communications）、國防機關 Ministry of defence 與所屬武器裝備局（DGA），以及若干通訊產業之利益相關者。初期重點工作以 2.3-2.4GHz 頻率範圍之整備、規劃與演進為主，以及行動業務與航空遙測系統間共存運行的相容性研究。

2016 年初為驗證在現有情況下，LSA 可以保護現有用戶和新用戶，在前述政府單位的支持下，由 Ericsson、RED Technologies 及 Qualcomm 等產業成員，於巴黎持續進行 6 個月的 LSA 場測，共同展示全球第一個以 LSA 在 2.3GHz 頻段內整合 LTE 先進載波聚合(Advanced Carrier Aggregation)技術的測試。其中，法國監管機構 ARCEP 和國防部授權以 2.3-2.4GHz 頻率範圍進行實驗。LSA 測試使用最新的商用 LTE 無線網路、用戶設備，以及適用 5G 的 LSA 用戶框架，並根據現有用戶的要求及時進行頻譜撤離(evacuation)，同時保持 LSA 許可用戶不間斷的寬頻連接。經 6 個月不間斷測試運行後，LSA 測試於 2016 年 6 月成功完成驗證 LSA 架構與 LTE 技術互補性的展示。

(四) 荷蘭

荷蘭於 2016 年 5 月展開 2.3GHz 頻段 LSA 預約登記系統先導(pilot) 試驗計畫。計畫主要目標為提供現場使用無線攝影機、可攜式視頻連線等外景節目製作及特殊活動轉播（Programme-Making

and Special Events, PMSE）常用設備的業界人士能夠共享頻譜使用（限制為 4 個頻道），並滿足保護需求及減少干擾問題。該試驗所展現的亮點尚包括：在不同時間、地點下提供不同優先級別的用戶或使用類型。荷蘭政府並規劃將業餘無線電和政府頻譜使用等其他服務均納入系統以有效管理，以及評估擴及到更多頻段和支援更多型態的 PMSE 設備，如專業無線麥克風、無線音頻分配系統、對講系統等。

荷蘭頻譜監理機關於 2018 年 7 月正式啟用 2.3GHz 頻段 (2300-2400 MHz) 之 LSA 預約登記系統，影視媒體業者於申請核發行動視訊連線 (mobile video connections) 執照後，即可通過網路預約及取得該頻段之頻率使用權。

(五) 葡萄牙

葡萄牙通訊傳播監理機關（葡萄牙語 Autoridade Nacional de Comunicações，簡稱 ANACOM）前於 2017 年 1 月 12 日通過決議，批准啟動一項探討頻譜管理替代方案的工程、應用與發展研究計畫，該計畫著重於利用 LSA 機制概念在 2.3-2.4GHz 頻段之適用性，目的為評估於此頻段中確保 PMSE 既有使用者與行動使用者能和諧共存。

該項計畫團隊成員包括：2 家該國數位電視業者、2 家行動業者、通訊設備製造商、LSA 頻譜庫管理者，並使用學研單位自主發展的 DVB-T 訊號特徵偵測器（DVB-T Signal Characterizer）；當 LSA Warner 模組偵測到既有使用者訊號傳輸，即會自動經由 3G/4G Gatway 傳送至 LSA 頻譜庫，再由 LSA 頻譜庫通知 LSA 使用者進行必要之頻段退讓。

五、 小結

由歐盟倡議的 LSA 模式係提供一種彈性核配無線電頻率的監理作法，主要用以克服行動頻譜整備過程中要耗費大量時間及經費的缺陷。在此一模式下，僅允許頻率持照者使用頻譜。既有使用者可以跟單一或多個共享頻率使用者商定共享協議，共享頻率使用者則根據規範其頻譜使用條件之共享規則，獲授權使用頻譜；包括既有使用者在內的所有頻率持照者，其通訊服務品質均能達到可預測的水平。

LSA 機制最初是以 2.3-2.4 GHz 頻段之共享使用進行規劃，主要考量該頻段被規劃為歐洲各國協調一致使用的行動頻譜，且已有 3GPP Band 40 之商用網路與終端設備充分支援。此一模式雖可視為提供額外頻譜的補充方案，但在市場高度競爭下，尚難以取代行動寬頻服務對專屬頻譜的強烈需求。此外，LSA 模式也存在一些缺點和不足。例如，其運作基於既有使用者和共享頻率使用者所商定出的共享協議，在某種意義上來說，這種方法過於保守且效率極低，因為它無法充分發掘頻譜共享對於提高整體系統容量的潛力。為此，ETSI TS 103 652 再行定義 LSA 演進版（evolved LSA, eLSA），此一規範著眼於提供高品質無線區域網路（local high-quality wireless network）接取需執照頻段的通用解決方案，由於吻合 5G 專網垂直應用需求，值得持續追蹤留意其後續發展動態。

第四節　頻譜接取系統

一、 簡介

2012 年 7 月，總統科學技術顧問委員會（PCAST）向時任美國總統歐巴馬提交了《實現政府擁有的頻譜的全部潛力以刺激經濟增

長》。該報告包括一項在公共部門和民間企業間共享聯邦政府頻率的政策，以作為彌補商業頻率不足的措施之一。

2015 年 4 月 FCC 通過 CBRS 報告與命令（3.5GHz Report and Order），其後將 CBRS 管理規則修正於 FCC 管理規章第 96 部（47 CFR Part 96）。

二、 運作機制

CBRS頻段管理機制採三層式授權執照架構，此架構使聯邦使用者與非聯邦使用者得以在共享基礎下可容納各種商業用途。頻譜接取和運作將會透過頻譜接取系統（Spectrum Access System, SAS）管理，概念上類似於管理 TVWS 的地理位置資料庫。CBRS 的三層式使用授權分別為：既有接取（Incumbent Access, IA）、優先接取執照（Priority Access License, PAL）與一般許可接取（General Authorized Access, GAA）。

在相應的使用者方面，IA 使用者包括取得執照許可的聯邦使用者以及固定衛星服務使用者，目前此二使用者均使用 3.5 GHz 頻段。IA 使用者應受保護，免受 PAL 使用者與 GAA 使用者的干擾。

FCC 採取兩階段方法保護既有聯邦使用者，第一階段會建立「禁制區（exclusion zones）」，以保護聯邦雷達系統。第二階段該雷達系統會由頻譜接取系統（Spectrum access system，SAS）保護，藉由環境感測能力（Environment Sensing Capability，ESC）系統所提供的資訊，偵測是否存在雷達傳輸的訊號，並回報相關資訊給 SAS。

PAL 執照適用標的為 3550-3650MHz 頻段。PAL 使用者不得對既有聯邦使用者和既有非聯邦使用者產生妨害性干擾。

GAA 使用者採免執照方式接取 CBRS 頻段，其使用一個或多個 CBSD 運作 GAA 服務。GAA 使用者不得對 IA 使用者與 PAL 使用者產生妨害性干擾。

PAL 使用者與 GAA 使用者所運作的固定式共享頻率設備(CBSD)，例如接取點等，必須向頻譜接取系統（SAS）註冊。至於終端用戶之裝置則不屬於 CBSDs，同時也無需向 SAS 註冊。

頻譜接取系統（SAS）與 ESC 環境感測能力系統在 CBRS 中扮演不可或缺的角色。根據 FCC 對 3.5 GHz 頻段命令（3.5 GHz Order）文件指出，欲成為 SAS 管理者需達成以下規範並具備以下功能：

- SAS 提供先進、高度自動化的頻譜協調者角色，保護較高層級的使用者免受較低層級使用者的干擾，並優化頻譜使用效率以促進頻段中所有使用者共存。
- FCC 對於 SAS 管理者採取較高等級的規範，以管理 SAS 的許可與運作。
- SAS 管理者的主要功能，為遵循相關連接埠與程序，以確保實現 SAS 的核心功能，包含維護 SAS 與公眾寬頻無線接取設備（CBSD）間安全可信賴的通訊，以及保護既有使用者免受干擾。既有使用者包含聯邦雷達系統以及非聯邦使用者，如固定式衛星通信服務地面站等。
- 此外，SAS 管理者必須符合特定資訊蒐集以及資訊保存的規範，以便安全的維護正確註冊資訊、調查干擾來源、有效避免干擾、並立即回應來自 FCC 的要求，包括由 SAS 所儲存或維護的資訊內容。
- SAS 管理者被允許向 PAL 使用者與 GAA 使用者收取合理費用，FCC 必要時可要求檢視費用，當費用不合理時可要求改正。

- SAS溝通、協調三層使用者被指配使用的頻譜資源，同時尚需建立註冊流程、使用者註冊以及儲存相關資訊。

至於 ESC，則為由感測器構築而成的網路，用以偵測頻段中有無聯邦系統使用訊號的存在，並傳遞相關訊息給一家或多家 SAS，藉以促進對頻段中聯邦使用者的保護。FCC 對 ESC 原則上採技術中立方法，無論採取以設施為基礎、裝置為基礎或混合型感測系統，只要能達到 FCC 規章的要求即可。感測器應布建於禁制區（exclusion zones）附近，且不得儲存、保留、傳輸或揭露任何關於聯邦系統的位置或移動資訊。此外，ESC 應由非聯邦機構開發、管理與維護，且不受 NTIA 或國防部的監督。根據 FCC 對 3.5 GHz 頻段命令（3.5 GHz Order）文件指出，欲成為 ESC 營運商需達成以下規範，並具備以下功能：

- 準確偵測 3550-3700MHz 頻段與相鄰頻段中，有無存在聯邦系統運作；
- 若有聯邦系統的訊號存在，則 ESC 與經核准的一個或多個 SAS 通訊；
- 確保偵測和傳輸訊號資訊的安全性；
- 即時回應經授權的 FCC 人員向 ESC 收集或傳輸資訊的要求；
- 確保 ESC 運作時不會和任何軍方或其他敏感性聯邦資料庫或系統連線；
- 確保 ESC 不會儲存、保留、傳輸或揭露關於任何聯邦系統的位置或移動等運作資訊，若相關資訊並非屬於 FCC 規章中對有效運作 ESC 的規範，而有可能揭露其他聯邦系統的運作資訊時，相關資訊也不得被儲存、保留、傳輸或揭露。

SAS 收到 ESC 的資訊後，必要時可要求商業用戶撤回其目前占用的頻譜資源。SAS 需具備和其他 SAS 與其附屬 ESC 相互溝通的能力，而 ESC 必須具備能和其關連 SAS 溝通的能力。FCC 允許私企業

同時設計與運作 SAS 和 ESC，只要經過 FCC 的批准並受 FCC 監督即可。

FCC 於 2015 年 4 月通過 3.5 GHz 公眾寬頻無線接取（CBRS）第一次命令（3.5 GHz First Order）時，責成其下轄之無線電信局（Wireless Telecommunications Bureau, WTB）與工程技術辦公室（Office of Engineering and Technology, OET）應與 NTIA 及國防部共同協調，監督多家業者尋求批准以成為頻譜接取系統管理者（SAS Administrators）與環境感測能力營運商（ESC Operators）的過程。

2015 年 12 月 16 日，WTB 與 OET 發布申請公告文件[1]，內容詳述申請流程與相關規則，包括申請者應如何證明其有能力妥善運作 SAS 管理者，讓有意經營 SAS 或 ESC 的業者可參考。此份申請書公告（SAS/ESC Proposal Public Notice）建立兩階段的審查程序，申請者於第一階段應提交書面建議文件，說明其 SAS 或 ESC 的規劃內容，經過 WTB 與 OET 審核有條件通過後，第二階段則進行實際系統測試以及最終驗證。

有意參與經營 SAS 管理者或 ESC 營運商的企業，提交建議文件時，應符合以下規範：

- 詳細說明 SAS 和/或 ESC 運作的功能與範疇；

[1] FCC, Wireless Telecommunications Bureau and Office of Engineering and Technology Establish procedure and deadline for filling Spectrum Access System (SAS) Administrator(s) and Environmental Sensing Capability (ESC) Operator (s) Applications, available at https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DA-15-1426A1.pdf

- 有機會成為 SAS 管理者或 ESC 營運商的業者，必須證明有足夠的技術能量運作 SAS 和/或 ESC，包括負責運作與維護 SAS/ESC 關鍵人員的資格。
- 有機會成為 SAS 管理者或 ESC 營運商的業者，必須證明有足夠的財務能力可持續運作 SAS/ESC 至少五年。業者所提之建議書內容，應該說明商業結構組成型態，包括所有權資訊等。針對提案計畫中所述為了支撐維運所需的相關費用，建議書中應說明收費流程，以及向誰收費。
- 說明如何確保 SAS 與其相關 ESC 間數據的安全通訊，以及如何相關通訊如何快速且可靠的實現。
- 呈現 SAS 和/或 ESC 架構的技術圖表，以及詳細說明每個功能如何運作、以及如何與其他功能相互作用。
- 針對傳播模型的描述，以及 SAS 管理者或 ESC 營運商規劃使用於模型運作和促進頻段間協調的任何假設說明。
- 說明預計採用之軟硬體更新方法，以及快速識別和解決安全漏洞方法的描述。
- 有機會成為 SAS 管理者或 ESC 營運商之業者，承諾將遵守所有適用規則、執行機制和程序。

WTB 與 OET 於 2016 年 5 月時建立第一波申請案，並於 2016 年 12 月 21 日公告有條件通過七家業者提出的申請書[2]。第一波申請通過成為 SAS 管理者的業者包括：Amdocs、Comsearch、CTIA、Federated Wireless, Google、Key Bridge 以及 Sony。當時另外有六家業者申請成為 ESC 營運商，包括 Comsearch、CTIA、Federated

[2] FCC, Wireless Telecommunications Bureau and Office of Engineering and Technology conditionally approve seven spectrum access system adminstrators for the 3.5 GHz band, available at https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DA-16-1426A1.pdf

Wireless，Google、iPosi 以及 Key Bridge，惟當時 WTB 與 OET 尚未公告審查結果，僅表示會持續檢視各申請者的建議書

根據 WTB 與 OET 的公告文件[3]指出，其有條件通過七家業者的申請，所有申請人均應符合以下規範：

- 每一家有條件通過的 SAS 管理者，都應該遵守聯邦通訊委員會現在與未來的相關管理規則；
- 每一家有條件通過的 SAS 管理者，都應該遵守 WTB 與 OET 依據委員會規範賦予權責所發布的所有命令與說明。
- 所有有條件通過的 SAS 管理者都應該參加由聯邦委員會或 WTB、OET 所組織的工作坊或會議。相關會議主題可能包括：1、SAS 的佈建與運作；2、SAS 測試與驗證程序；3、與 SAS 持續佈建相關的其他主題。
- 如果一家有條件通過的 SAS 管理者的規劃建議書中，仰賴第三方業者或自身擁有的規格、標準提供 SAS 服務，則該使用規格或標準必須符合 FCC 的相關規章。WTB 與 OET 將檢視所有規格與標準以確保與 FCC 的規則一致。
- 每一家有條件通過的 SAS 管理者，必須證明其有能力保護既有接取層的使用者，例如既有聯邦使用者與既有固定衛星服務（FSS）持照者、傳統式無線寬頻持照者（Grandfathered Wireless Broadband Licensees ,GWBL），並符合由 FCC 建立的參數規範。
- 每一家有條件通過的 SAS 管理者必須遵守協調程序，以保護美國海軍和地面式雷達的使用，並且能夠接收和處理來自既有聯邦接取層級使用者的干擾報告。FCC 目前正與

[3]同前註。

NTIA、國防部合作，發展協調與干擾回報程序，有條件通過的 SAS 管理者必須遵守 FCC 規章中的相關規範。

- 每一家有條件通過的 SAS 管理者必須能夠接收來自非聯邦層級既有使用者的干擾報告，例如來自 FSS 或 GWBL 的報告。SAS 管理者應發展必要機制以解決、補救相關干擾報告，並在基於 FCC 的要求下提供干擾報告以及決議結果。
- 每一家有條件通過的 SAS 管理者必須發展其訊號傳播模型，或設定可被 FCC 接受的訊號傳播模型演算法，以保護以下四種使用者：1、既有聯邦接取層級使用者；2、FSS；3、GWBL 以及 4、優先接取持照者（PAL）。SAS 可以使用一組傳播模型來保護四種使用者，或使用多組模型，但同一類型中的所有使用者適用同一組模型。相關模型必須和所有 SAS 一致。
- 每一家有條件通過的 SAS 管理者必須證明其有能力符合 FCC 規章中第 96.59 條有關頻譜指配功能的規範。WTB 與 OET 鼓勵產業發展共同的方法來實現此一規範。
- SAS 管理者必須符合 FCC 規章第 96.55 條之規範，提供一切必要資訊，確保公眾寬頻無線接取設備（CBSDs）與其他 SAS 管理者間能有效協調、運作。SAS 管理者之間或管理者內部的資訊共享協議的紀錄或摘要均應提交給 GN 第 15-319 號文件（GN Docket No. 15-319）。
- SAS 管理者必須確保 CBSD 的註冊資訊為公開可取得，但必須遮蔽、模糊設備所屬持照者的身份，提供必要可公開揭露之資訊。公開揭露資訊包括 FCC 規章第 96.45 條之所有資訊，以確保符合 FCC 規章第 96.35(e)條有關促進協調的規範。為保護個別使用者和持照者的身份，有條件通過的 SAS 管理者可以模糊 CBSD 的註冊位置，偏移上限為水平面 50 公尺與垂直面 3 公尺。

- 根據 FCC 的規格要求，所有有條件通過的 SAS 管理者均應提供外部測試介面，讓 WTB、OET、NTIA 與國防部可使用並驗證該 SAS 是否符合相關規範。

三、 監理架構及相關技術規範

FCC 自 2012 年底展開 CBRS 管理規則制訂作業，2015 年 4 月發布 3.5GHz 報告與命令後，正式將管理規則訂定於 FCC 管理規章第 96 部[4]。綜觀管理規章第 96 部之章節架構，區分為七個子節，整理如表 2。重要名詞定義於管理規章第 96.3 條，摘錄如表 3。

表 2-美國 CBRS 管理規則條文大綱

章節	名稱	條文大綱
A 子節	一般通則	§96.1：範圍 §96.3：定義 §96.5：資格 §96.7：需求許可 §96.9：監理狀態 §96.11：頻率位置 §96.13：頻率指配
B 子節	既有使用者保護	§96.15：既有聯邦使用者之保護 §96.17：對既有固定式衛星通訊服務使用 3600-3700MHz 頻段與 3700-4200MHz 頻段之保護

[4] FCC, 47 CFR Part 96: Citizens Broadband Radio Service, available at https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=f98b1d7f3e3f6473db0adbb7d891f1a1&mc=true&node=pt47.5.96&rgn=div5

		§96.19：與相鄰國家加拿大與墨西哥之跨境運作 §96.21：對 3650-3700MHz 頻段既有使用者之保護
C 子節	優先接取	§96.23：許可內容 §96.25：優先接取執照 §96.27：申請方式 §96.29：競標程序 §96.31：優先接取執照整合 §96.32：優先接取指配的許可、控制權移轉和租借方式
D 子節	一般許可接取	§96.33：許可內容 §96.35：一般許可接取使用

E 子節	技術規範	§96.39：CBSD 一般規範 §96.41：一般性無線規範 §96.43：A 類 CBSD 額外規範 §96.45：B 類 CBSD 額外規範 §96.47：終端使用者設備額外規範 §96.49：設備許可 §96.51：無線電頻率安全
F 子節	頻譜接取系統	§96.53：頻譜接取系統目標與功能 §96.55：資訊蒐集與保留 §96.57：CBSD 註冊、認證與許可 §96.59：頻率指配 §96.61：安全性 §96.63：頻譜接取系統管理者 §96.65：頻譜接取系統管理費 §96.66：當優先接取頻譜管理者租借時，與頻譜接取系統相關得責任。
G 子節	環境感測能力	§96.67：環境感測能力

資料來源：FCC，本研究整理

表 3-美國 CBRS 管理規則之重要名詞定義

項目	內容
公眾寬頻接取服務設備 Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD)	指固定式站臺或網路，用於優先接取或一般許可接取服務運作公眾寬頻接取服務。對於擁有多個節點或節點網路的 CBSD，每一節點都需要能夠和頻譜接取系統（SAS）相溝通，不管是否透過單一網路介面進行連線。終端用戶的裝置不被認為是 CBSD。
A 類 CBSD	較低功率的 CBSD，必須符合第 96.41 條與第 96.43 條之特定規範
B 類 CBSD	較高功率的 CBSD，必須符合第 96.41 條與第 96.45 第條之特定規範
終端用戶設備 End User Device	由取得許可的 CBSD 所授權、控制的裝置。該裝置不得作為中繼服務鏈路或使用第 96.41 條所列頻率範圍為其他終端用戶設備或 CBSD 提供服務。
環境感測能力 Environmental Sensing Capability (ESC)	一系統可用來偵測、溝通既有用戶訊號之存在，相關訊息提供給 SAS，以促進共享頻譜接取符合第 96.15 條與第 96.67 條之規範。
禁制區 Exclusion Zones	所有 CBSD 均不得於該區域內運作。禁制區由 SAS 管理與維護，若經過核准和佈建商業性 ESC 和 SAS 後，可將禁制區轉換為保護區。

一般許可接取使用者 General Authorized Access (GAA) user	一取得許可的使用者有一個或多個 CBSD 運作一般許可接取服務。
傳統式無線寬頻持照者 Grandfathered Wireless Broadband Licensee (GWBL)	一持照者依據第 90.1338 條規範，取得許可運作 3650-3700MHz 之權利。
傳統式無線寬頻保護區域 Grandfathered Wireless Protection Zone (GWPZ)	傳統式無線寬頻持照者於該地理區域和頻率範圍可受到 CBRS 傳送訊號的保護。所使用之計算方法由 FCC 之無線電信局（Wireless Telecommunications Bureau，WTB）和工程技術辦公室（Office of Engineering and Technology，OET）所制定。
既有使用者 Incumbent User	一取得許可的聯邦機關，其運作業務為頻率分配表上的主要業務，或頻率使用為該頻段主要業務的固定式衛星服務業者或傳統式無線寬頻持照者。
優先接取執照 Priority Access License (PAL)	一張可從事優先接取的執照。
優先接取持照者 Priority Access Licensee	持有一張或多張 PAL 的業者，有權依據本規範，在 PAL 定義的時間、地點與頻率範圍內受到保護，免受一般許可使用者或其他優先接取持照者干擾。

頻譜接取系統 Spectrum Access System (SAS)	一系統用以授權、管理 CBRS 之頻譜使用。
頻譜接取系統管理者 SAS Administrator	一企業取得 FCC 的許可，得在符合本規範情況下運作 SAS。

資料來源：FCC，本研究整理

在 CBRS 管理規則 C 子節、D 子節，分別有優先接取用戶及一般許可接取用戶之相關規範；共享頻率接取設備（CBSD 或 Domain Proxy）及終端用戶設備之技術規範內容則訂定於 E 子節。茲將此三部分之完整條文，翻譯整理如附錄十三，並擇要說明如下。

管理規章第 96.13 條明訂執照頻率指配，內容包括以下：

- 每一張 PAL 指配一個頻道（3550-3650MHz 頻段中的 10MHz 頻寬）。
- 任何指定執照區域最多同時釋出七張 PAL；
- 同一優先接取持照者於指定執照區域內使用多個頻道時，應符合管理規章第 96.25 條規範；
- 任何指定給優先接取使用的頻率範圍，若優先接取持照者未使用時，可以由一般許可接取使用者使用。
- 3650-3700MHz 頻段應保留給傳統式無線寬頻持照者和 GAA 使用。
- 頻譜接取系統應指配特定頻率範圍給取得許可的 CBSD，頻率範圍可由 SAS 重新指配。

(一)機制參與者權利義務

CBRS的執照管理方式，依照不同使用層級區分為三層，第一層為既有聯邦使用者，第二層為優先接取持照者，第三層為一般許可接取使用者。除了三層次之使用者外，尚須透過頻譜接取系統與環境感測能力之協助，方可能實現 CBRS 頻譜共享。以下將更進一步詳述不同類別參與者之權利義務。

在管理規章第 96.1 條 b 項中，定義 CBRS 會包含優先接取（Priority Access）與一般許可接取（General Authorized Access）之使用，優先接取持照者（Priority Access Licensees）和一般許可接取使用者均不能對既有使用者造成妨害性干擾（harmful interference），而且不得要求保障不受來自既有使用者的干擾。一般許可接取使用者不可對優先接取持照者造成妨害性干擾，且不得要求保障不受來自優先接取持照者之干擾。

以下分述不同類別參與者之權利義務。

既有使用者

管理規章第 96 部第 B 子節中，明定既有聯邦使用者、既有使用 3600-3700MHz 頻段與 3700-4200MHz 頻段之固定式衛星服務地面電臺以及使用 3650-3700MHz頻段之既有使用者，擁有免受妨害性干擾的保護權利。

既有聯邦使用者

- 使用 3550-3650MHz 之 CBSD

管理規章第 96.15 條中，規範 CBSD 與終端用戶裝置不得對使用 3550-3700MHz 與低於 3550MHz 頻段之既有聯邦使用者產生妨害性干擾。只有在從許可 ESC 獲得聯邦頻率使用資訊的前提下，SAS 才能許可 CBSD 使用該頻率。

FCC 規範 A 類 CBSD 的禁制區為海岸沿線地帶，同時聯邦無線通訊站臺區域也屬 A 類 CBSD 的禁制區域。當受保護的聯邦無線通訊站臺位置更新時，將由 NTIA 通知 FCC。禁制區會一直維持 CBSD 不得使用的狀態，直到一個或多個 ESC 被批准且被至少一個 SAS 使用的狀況下，才可能把禁制區轉換為保護區。

只有在聯邦系統之訊號資訊出現，並藉由核可之 ESC 提供給 SAS 時，才可能許可 B 類 CBSD 的使用。當 ESC 發出訊號表示其偵測到聯邦系統的 300 秒內，或者 SAS 已被通知既有聯邦使用者正使用該頻段時，SAS 必須中止 CBSD 的運作，或將其重新配置到另一空閒頻率。當聯邦政府通知發出終止 CBSD 運作的命令時，SAS 管理者必須盡快指示 CBSD 停止運作。

- 使用 3650-3700MHz 之 CBSD

CBSD 與終端用戶設備不得對使用 3500-3700MHz 頻段之既有聯邦使用者產生妨害性干擾，且不得要求保障不受聯邦使用者的干擾。

對於使用 3650-3700MHz 頻段 CBSD 之禁制區域，為聯邦無線電站臺周圍半徑 80 公里。禁制區會一直維持 CBSD 不得使用的狀態，直到一個或多個 ESC 被批准且被至少一個 SAS 使用的狀況下，才可能把禁制區轉換為保護區。

使用 3600-3700MHz、3700-4200MHz 頻段之既有固定式衛星服務

對於使用 3600-3700MHz 及 3700-4200MHz 頻段之既有固定式衛星服務持照者有權受到保護，免受 CBSD 運作時產生的妨害性干擾。

既有固定式衛星服務持照者可以向 SAS 管理者要求額外的保護措施，以避免產生妨害性干擾。SAS 管理者必須建立相關處理程序以回應固定式衛星服務業者的需求。

使用 3650-3700MHz 既有使用者

對於使用 3650-3700MHz 頻段之傳統式無線寬頻服務持照者不得對既有聯邦使用者與既有固定式衛星服務業者產生妨害性干擾。對於傳統式無線寬頻服務持照者的保護，則限定於傳統式無線寬頻保護區之中。

PAL 持照者

管理規章第 96 部 C 子節設定優先接取持照者的權利義務，包括：

- 管理規章第 96.25 條規範，基於頻譜使用效率，SAS 分派各地區頻譜資源時，應考量優先接取業者的地理連續性。例如 A 業者若於甲地區分配到頻率位置為 3550-3560MHz，則與甲地區相鄰的乙地區之 3550-3560MHz 也應該分配給 A 業者。
- 基於頻譜聚合之考量，當 SAS 分派給一個優先接取持照者多張執照時，應考量頻譜連續性，指配連續頻率給該業者。例如 A 業者若於甲地區分配到 2 張 PAL 執照，則頻率分派位置應為連續的 20MHz 頻寬。
- 每一張 PAL 執照使用頻道均為 10MHz 頻寬，使用期限為三年，當使用期間屆滿後自動終止，且不可換照。不過，持照者於執照屆滿後可再申請使用該頻率。
- 有意成為 PAL 的業者也可以在提交申請時，一次申請連續兩個期程的執照年限，即可持續使用該頻率六年。
- 根據管理規章第 96.29 條 a 項之規範，申請取得優先接取執照時，每一申請人必須都是獨立營運的業者，不得出現聯合申請行為，並以競價方式取得使用頻譜之權利。
- 若申請人於一特定區域欲取得多張優先接取執照時，必須對各執照分別出價，而非對優先接取執照的數量出價。

- 當有兩家以上的申請者申請參與競價程序時，FCC 會依據申請該執照區域內之申請者總數減少一張，一區域可釋出 PAL 上限為七張。FCC 設計此種機制的理由，在於讓 GAA 使用者能夠更容易且有效率的使用共享頻譜資源，PAL 則提供給對干擾保護需求較明確的申請者。
- 如果一執照區域中只有一家申請者申請取得 PAL 時，則 FCC 不會舉辦拍賣，也不會核配 PAL。不過，FCC 認為在鄉村區域讓業者能取得 PAL 之作法，應可符合公共利益，因此當鄉村區域只有一家申請者申請 PAL 時，FCC 會直接核發 PAL 給該申請者。
- 根據管理規章第 96.31 條，一 PAL 持照者可聚合的 PAL 張數上限為四張。
- 根據管理規章第 96.32 條，PAL 持照者可將其執照移轉，或依據租用協議將執照指配給其他業者。
- PAL 持照者不得分割、拆解其執照，或將執照部份指配與部份轉讓給其他業者，也不得以租用協議方式將執照部份內容轉給其他業者。

GAA 使用者

管理規章第 96 部 D 子節設定 GAA 使用者的權利義務，包括：

- 根據管理規章第 96.33 條，任何符合 FCC 對技術、財務、特性或公民資格等項目規範的企業，若不屬於 1934 年通訊法第 310 條對外資控股公司等特定型態之業者，即有資格成為 PAL 使用者及 GAA 使用者。
- GAA CBSD 必須向頻譜接取系統（SAS）註冊，並符合相關說明。
- 當 SAS 確定原先指配給 PAL 頻率未使用時，SAS 可將該頻率指配給 GAA 使用。

- GAA 使用的頻率將以共享方式提供。
- GAA 使用者無法保證免受其他 GAA 使用者的干擾保護。
- GAA 使用者不得對 PAL 持照者與既有使用者造成妨害性干擾，且不得要求保障不受來自 PAL 持照者與既有使用者的干擾。
- GAA 使用者運作 B 類 CBSD 時，必須盡可能和 SAS 所提供的可用頻率協調使用，盡可能降低產生干擾的可能性，確保合法使用者有效使用。使用者在尋求 CBSD 的許可前，應與 SAS 協調，確認 CBSD 運作區域與技術參數，減少 CBSD 運作時產生干擾或受到干擾的可能性。

頻譜接取系統（SAS）管理者

管理規章第 96 部 F 子節設定頻譜接取系統管理者的權利義務。

根據管理規章第 96.53 條規範，頻譜接取系統應實現以下目標與功能：

- 實現頻譜接取管理者的政策與程序；
- 決定 CBSD 所在地可使用的頻率並指配頻率；
- 決定 CBSD 最大許可發射功率；
- 註冊與認證 CBSD 的身份與位置資訊；
- 提供禁制區與保護區相關資訊；
- 與 ESC 環境感測能力通訊，以獲得既有聯邦使用者的傳輸資訊，並指示 CBSD 移至其他頻率位置或終止傳輸；
- 確保 CBSD 於區域位置運作時符合最大功率規範，避免對既有聯邦使用者產生妨害性干擾，以保護既有聯邦使用者；
- 確保 CBSD 不會對非聯邦性質之既有使用者造成妨害性干擾；
- 保護 PAL 持照者免受其他 PAL 持照者和 GAA 使用者可能造成的妨害性干擾，透過計算與實施 PAL 保護區（PAL Protection Area, PPA）來達成此一目標；

- 促進一般許可接取使用者運作 B 類 CBSD 的協調作業；
- 解決頻段衝突使用，維護穩定的無線電頻率環境；
- 確保 SAS 與 CBSD 之間安全、可信賴的資訊傳輸；
- 保護傳統式無線寬頻持照者的使用；
- 實施與公民無線寬頻服務有關的現有與未來國際協議；
- 接受來自既有使用者的干擾報告，並回應既有使用者提出額外保護的要求，及時處理干擾問題。

根據管理規章第 96.63 條規範，FCC 可於國內指定一家或多家頻譜接取系統管理者，FCC 可將 SAS 的功能依性質分拆給多家業者，例如分為資訊儲存、註冊和查詢服務等。不過，FCC 必須指定一家或多家企業為負責整體 SAS 協調的 SAS 管理者，並向公民無線寬頻服務業者提供服務。經由 FCC 指定的 SAS 管理者必須符合以下規範：

- 維護定期更新的資料庫；相關蒐集資訊包括註冊 CBSD 的使用資訊、受保護既有使用者的地理位置與配置資訊，以及既有聯邦使用者的禁制區與保護區。
- 建立從聯邦資料庫獲得與儲存必要資訊與適當資訊於資料庫中的流程，相關資訊應包含優先接取執照之指配資訊。SAS 管理者之資料庫每日應至少與聯邦資料庫同步一次，以掌握新獲得許可的設備與原執照設備有變動的狀態。
- 建立並依循相關程序，確保 SAS、ESC 與 CBSD 間溝通與互動訊息的精確性與安全，未授權機構不得接取或修改 SAS，無法取得從 SAS 發送至 CBSD 的資訊。
- 服務提供以五年為期程，FCC 可視需要延長該期程。
- 資料庫管理者應該及時回覆由 FCC 或使用方提出有關驗證、改正或刪除的要求。
- 安全傳送 SAS 的資訊到接取方的系統。如果 SAS 管理者服務期滿不再提供服務時，也應將註冊 CBSD 資訊清單安全傳

送到其他取得許可之業者。SAS管理者對於移轉過程可能會酌收合理費用。

- SAS 管理者應與其他 SAS 協調，共同發展標準化作業流程，避免指配頻譜實發生衝突，將頻譜共享使用效益最大化，並確保所有已註冊 CBSD 的服務連續性。
- SAS 管理者應與其他 SAS 管理者協調，盡可能共享相關資訊，促進 CBSD 連線至其他 SAS 時免受干擾，藉由於相同地理區域中指配相似頻率給優先接取使用的方式，最大化一般許可接取頻率的可得性。
- SAS管理者應發展相關措施，讓非聯邦、非專用的相關資訊能為公眾合理接取。
- 確保 SAS 能夠及時回覆來自取得授權的 FCC 人員所提對出對於 SAS 資訊儲存或保留之需求。
- 建立與遵守相關措施，以回應來自美國總統或其他指定聯邦政府機關的指示。
- 確保 SAS 不會與任何軍事或具敏感性之聯邦資料庫或系統相連線。SAS不會儲存、保留、傳送或揭露任何聯邦體系的移動或位置相關運作資訊，或揭露與運作 SAS 無關的聯邦系統運作訊息。

管理規章第 96.65 條規範 SAS 管理者的收費機制。SAS 管理者可基於其所提供之服務內容，向公民無線寬頻服務使用者收取合理費用。FCC 可依據使用者的要求，審查相關費用是否合理，如果發現費用不合理，可要求 SAS 管理者修改費用。

管理規章第 96.66 條規範 SAS 管理者處理優先接取持照者租用的相關責任，其包括：

- SAS管理者必須選擇接受或支持相關公告，包括驗證租用人是否有在驗證列表之中，並建立取得、儲存租用資訊的過程，與聯邦資料庫應每天至少同步一次。
- SAS管理者應驗證租用人所持有的優先接取頻譜資源於一區域中不會超過40MHz。
- SAS管理者應驗證租用區域為優先接取持照者的服務區域之內，且在優先接取持照者的保護區域之外。
- SAS管理者應向執照業者與租用業者確認是否已收到並驗證相關通知內容。
- 若處於租用期間與租用區域，SAS管理者應將租用業者運作的CBSD視為與出租業者的CBSD為同一類別，並指配相同的頻率以減輕干擾。

ESC環境感測能力

管理規章第96部G子節設定環境感測能力的權利義務，包括：

- 根據管理規章第96.67條規範，環境感測能力的主要目的，為透過訊號感測，促進既有聯邦使用者與公民無線寬頻服務之共存。環境感測能力由非政府部門運作，不會依賴政府機關傳輸關於既有無線系統的運作資訊。
- ESC的運作必須經過FCC許可，並符合FCC設定的相關條件與規範，FCC必要時可撤銷、修改或有條件通過ESC。
- ESC具備以下基本性質：
  - ◆ 由非政府部門管理與維護；
  - ◆ 使用經核准的方法，準確偵測聯邦系統使用 3550-3700MHz頻段與相鄰頻段時出現的訊號，確保依據ESC所運作的所有 CBSD 不會對既有聯邦使用者產生妨害性干擾；

- ◆ ESC 應將來自既有聯邦使用者系統的訊號資訊傳送給一家或多家經由 FCC 核准的頻譜接取系統（SAS）；
- ◆ ESC 應維護偵測與傳輸訊號資訊的安全性；
- ◆ 遵守 FCC 對於 ESC 的建置、運作與核准之所有規範與指導原則；
- ◆ 確保 ESC 於任何時間均能即時回應來自取得授權的 FCC 人員所提向 ESC 資訊收集與通訊之要求；
- ◆ 確保 ESC 運作時不會和任何軍方或其他敏感性聯邦資料庫或系統連線，且不會儲存、保留、傳輸或揭露任何關於聯邦系統的移動或位置資訊，或顯示任何與運作 ESC 無關的聯邦系統運作資訊。
- ◆ ESC 相關設備應佈建在禁制區與保護區附近，已準確偵測既有聯邦使用者的訊號傳輸。

(二)干擾防制機制

為有效管理 CBRS 不會對既有使用者造成妨害性干擾，FCC 於管理規章第 96 部 E 子節設定相關技術規範，分別針對 CBSD、一般通訊規範、A 類 CBSD、B 類 CBSD 與終端用戶裝置設定相關規範措施。

公民無線寬頻服務設備（CBSD）

管理規章第 96.39 條設定 CBSD 的一般規範，分別整理如下：

- CBSD 必須有能力確定其地理座標，準確度達水平距離正負 50 公尺、垂直高度正負 3 公尺。當 CBSD 第一次啟用時就應該回報相關資訊給 SAS。
- 對於專業人員安裝的 CBSD，則其精確地理位置應與前項相符，且於安裝與註冊過程中即應回報 SAS 準確地理位置，若每次更換新的位置都應確認並回報地理座標給 SAS。

- 對於非專業安裝的 CBSD，若其位置變換與原位置距離之差異超過水平距離 50 公尺與高度正負 3 公尺時，必須檢查其位置資訊後，回報給 SAS，當其位置改變時，必須於 60 秒內向 SAS 回報最後位置。
- 所有 CBSD 都必須具備在許可頻率位置上雙向操作的能力。
- CBSD 向 SAS 註冊時，必須將地理位置、天線高度、裝置型態（依功率高低分為 A、B 類）、欲取得之許可型態（優先接取或一般許可接許）、FCC 識別碼、呼叫標誌、使用者聯絡資訊、空中介面技術、製造商特殊識別碼、感測能力以及其他規範所需之相關資訊。當前述資訊更改時，CBSD 應於 60 秒內將相關更新訊息回報給 SAS。CBSD 應保證其提供給 SAS 的資訊為真實、完整、正確及善意提供。
- CBSD 接受到 SAS 傳送之功率限制或頻率位置等更改指令時，應停止傳送並於 60 秒內按照 SAS 的指示移動到其他頻率位置或調整功率。
- 訊號等級規範：CBSD 必須向 SAS 回報其自身與附屬終端用戶裝置的使用頻率與相鄰頻率的接收訊號強度、接收封包錯誤率或其他與干擾相關的共同標準量測值。
- 頻率回報規範：當直接連線 SAS 時，CBSD 從 SAS 接收一定範圍的可用頻率位置或頻道，必須即時向 SAS 回報還有哪些可利用的頻率或頻道。
- 安全規範：CBSD 應具備一定的安全措施，確保能夠與取得許可的 SAS 管理者通訊。CBSD 與 SAS 之間的通訊、不同 CBSD 間的通訊、CBSD 與終端使用者裝置的通訊，都必須確保安全性，能防止損害或未經許可攔截數據。
- 設備安全性：CBSD 與終端用戶裝置都必須符合設備安全性，避免未經許可的修改軟硬體元件。CBSD 和終端用戶裝置申請認證時，必須包含其欲採取技術與措施之操作說明，以符合設備安全性。

- 空中運作：CBSD 與終端用戶裝置禁止採空中運作。

一般通訊規範（General radio requirement）

管理規章第 96.41 條對 CBSD 與其關連終端用戶設備（End User Device, EUD）的一般規範，規定如下：

- 數位調變：在 CBRS 服務中運行之系統必須使用數位調變技術。
- 發射功率限制：除非另有規定，CBSD 及 EUD 之等效全向輻射功率（Effective Isotropic Radiated Power, EIRP）與功率頻譜密度（Power Spectral Density, PSD）的最大限值如表 4。

表 4-CBSD 及與終端戶設備之發射功率限制

裝置種類	最大 EIRP (單位：dBm/10MHz)	最大 PSD (單位：dBm/MHz)
終端 用戶設備	23	n/a
A 類 CBSD	30	20
B 類 CBSD	47	37

資料來源：FCC，本研究整理

- 接收訊號強度限制：優先接取持照者與一般許可接取使用者必須管理其 CBSD 的傳輸功率，使其位於優先接取保護區中的所有位置之整合接收訊號強度，任何方向的訊號強度不得高於-80dBm（當參考頻寬為 10MHz，量測天線高度位於地面上 1.5 公尺之狀態）。
- 發射與干擾限制：

- 一般保護等級：對於 SAS 指配頻率位置與頻道給 CBSD 時，依照其指配頻寬邊界，將發射與干擾限制功率設定如下：
  - SAS 指配頻道邊界介於 0 到 10MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz；
  - SAS 指配頻道邊界超過 10MHz，邊界介於 3530 至 3570MHz 之間時，其發射之傳導功率不得超過-25dBm/MHz；
- 額外保護等級：
  - 當 SAS 指配頻道邊界低於 3530MHz 且超過 3720MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-40dBm/MHz；

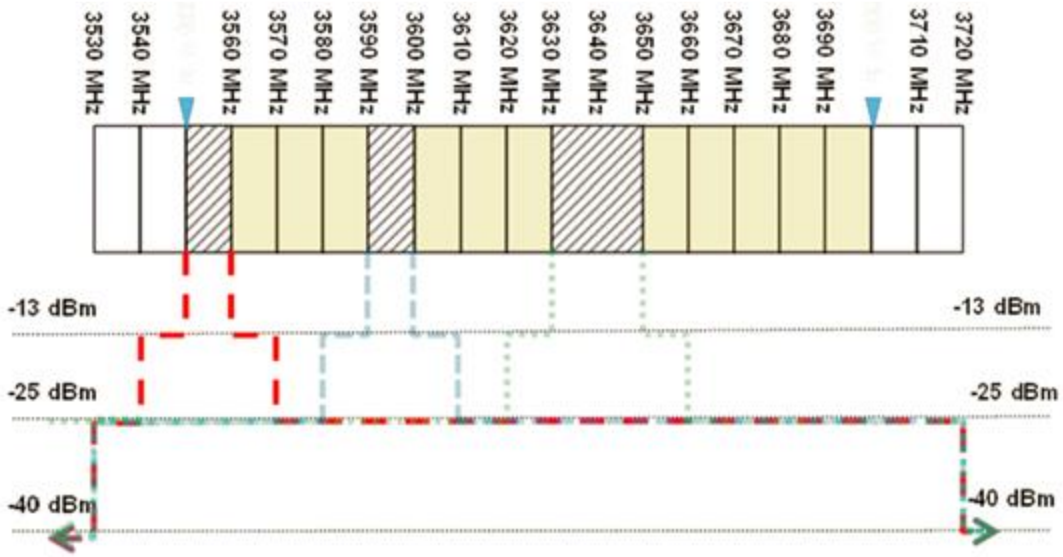


圖 10-美國 3.5GHz 頻段 CBSD 發射功率限制

資料來源：FCC

- 接收限制：優先接取持照者必須接受相鄰頻道與帶內阻斷干擾（來自其他使用 3550-3700MHz 之合格優先接取持照者或一般許可接取使用者），其功率頻譜密度標準不得超過-40dBm。

- 功率量測：任何 CBSD 傳送輸出功率的尖峰/平均功率比不超過 13dB。

除了前述技術規範外，CBRS 的干擾防制措施尚有禁制區以及即時回應的規範，在禁制區域內，所有 CBSD 均不可運作。至於即時回應規範，指當 ESC 偵測到聯邦系統之訊號出現時，SAS 應於 300 秒內中止 CBSD 的運作，或將 CBSD 使用頻率重新配置到另一空閒頻率。

(三)既有使用者之保護機制

為確保既有使用者不因 CBRS 使用而遭受妨害性干擾，故 FCC 於管理規章第 96 部 B 子節設定對既有使用者保護之相關規範。

管理規章第 96.15 條規範對既有聯邦使用者的保護規範，若頻率範圍為 3550-3650MHz，則規定如下：

- CBSD 與 EUD 不得對既有聯邦使用者造成妨害性干擾，除非法令另有規範；
- 對於 A 類 CBSD，必須遵守海岸沿線為禁制區的規範；若有一個或多個 ESC 被允許使用時，才可將禁制區轉換為保護區。CBSD 只有在保護區內才可獲得使用的機會。
- B 類 CBSD 只能在 ESC 被允許使用時，由 SAS 分配頻率使用。
- 當 ESC 偵測到來自既有聯邦系統的訊號，應於 300 秒內通知 SAS 終止 CBSD 的使用或調整 CBSD 使用頻率。

若頻率範圍為 3650-3700MHz，則保護規定如下：

- CBSD 與 EUD 不得對使用 3500-3700MHz 頻段之既有聯邦使用者造成妨害性干擾，除非法令另有規範；

- 針對已註冊的聯邦無線基地臺位置，其半徑 80 公里內為禁制區；若有一個或多個 ESC 被允許使用時，才可將禁制區轉換為保護區。CBSD 只有在保護區內才可獲得使用的機會。
- 當 ESC 偵測到來自既有聯邦系統的訊號，應於 300 秒內通知 SAS 終止 CBSD 的使用或調整 CBSD 使用頻率。

管理規章第 96.16 條規範對使用 3600-3700MHz 與 3700-4200MHz 頻段既有固定式衛星服務業者的保護規範，相關保護標準將由 SAS 執行，規定如下：

- 已向 FCC 註冊使用 3600-3700MHz 頻段的固定式衛星服務業者地面站臺，應受保護，免受 CBSD 的干擾；
  - 若 CBSD 欲於固定式衛星服務地面站臺使用 3600-3700MHz 頻段下運作，則所有共頻道 CBSD（距離 150 公里內）發射功率的中位數 RMS 值均不得超過-129dB /MHz。
  - 若 CBSD 欲於固定式衛星服務地面站臺使用 3600-3700MHz 頻段下運作，則所有 CBSD（距離 40 公里內）在 RF 濾波器與天線輸出產生的總 RF 功率之中位數 RMS 值均不得超過-60dBm。
- 已向 FCC 註冊使用 3700-4200MHz 頻段的固定式衛星服務業者地面站臺，應受保護，免受 CBSD 的干擾；
  - 固定式衛星服務的帶外發射功率：若 CBSD 欲於固定式衛星服務地面站臺使用 3700-4200MHz 頻段下運作，則所有 CBSD（距離 40 公里內）之總 RF 功率頻譜密度值的中位數 RMS 值均不得超過-129dB /MHz。
  - 若 CBSD 欲於固定式衛星服務地面站臺使用 3700-4200MHz 頻段下運作，則所有 CBSD（距離 40 公里內）在 RF 濾波器與天線輸出產生的總 RF 功率之中位數 RMS 值均不得超過-60dBm。

- 固定式衛星服務業者地面站臺應於前一日曆年結束前 30 日將提交相關參數向 FCC 註冊，該類註冊資訊將提供給 SAS。相關參數包括地面站臺的地理位置、天線增益、天線增益模式之方位與仰角、天線與正北方的角度、天線仰角與是否使用衛星遙測、追蹤與控制（限於使用 3700-4200MHz 之地面站臺）。

2016 年 8 月 19 日，FCC 發布針對 3650-3700MHz 既有使用者（傳統式無線服務）劃定保護區輪廓計算方法的相關決議5。針對 3650-3700MHz 既有執照使用者（傳統式無線服務），WTB 與 OET 使用一種雙管齊下的評估方法，以決定既有執照使用者的保護區域，分別適用於已註冊和未註冊消費者終端設備（Consumer premises equipment, CPEs）的不同狀態。根據 FCC 的規範，若終端設備移動時的運作功率低於 1 瓦/ 25MHz EIRP 時，無需向 FCC 的通用執照系統（Universal Licensing System, ULS）註冊。

最初 2015 年 10 月 FCC 針對設計保護區的評估方法進行公開意見徵詢時，當時定義保護區的扇形區域為透過基站已註冊之方位角度與波束頻寬計算。最初對傳統式無線服務每一個合法註冊基地臺保護區域定義如下：

- 若扇形區域內包含未註冊的 CPE，基於註冊基站的方位角度和波束頻寬，則保護區為以每一註冊基地臺為中心，半徑 4.4 公里內之扇形區域為保護區。

[5] FCC, Wireless Telecommunications Bureau and Office of Engineering and Technology announce methodology for determing the protected contours for grandfathered 3650-3700MHz band licensees, 2016, available at https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DA-16-946A1.pdf

- 若扇形區域內包含已註冊的 CPE，則以基站為中心，扇形區域範圍為基站訊號涵蓋內所有註冊基站。

惟經過公眾諮詢後，FCC 依據回應意見，從以下相關層面修正評估方法，包括：

- 免除原先要求持照者應確定每個運作區域內使用特定頻段之規範，調整為依照持照者現行於通用執照系統（ULS）註冊的頻率設定保護範圍；
- 規範公民無線寬頻服務設備業者（CBSD）在傳統式無線服務保護區的所有位置均應滿足干擾保護規範，而非僅適用於邊緣區域；
- 修正未註冊 CPE 的保護區域距離；
- 修正干擾保護等級，以符合對優先接取持照者的干擾保護標準，例如在傳統式無線寬頻保護區域中，CBSD 同頻道的總功率不得超過-80dBm/ 10MHz。

FCC 設定計算未註冊 CPE 最大距離時，會考量以下相關情境：

- FCC 採用接收器敏感度的加權平均值，該數值從大多數持照者的基地臺資料中挑選得出，介於-94.95dBm 到 95dBm 之間。
- 未註冊 CPE 的等效全向輻射功率(EIRP)平均值之傳輸功率值為 23 dBm。
- 基地臺天線增益值（Base station antenna gain）為 17.2 dBi。
- 最大可容許路徑損耗值（Maximum Allowable Path Loss）的計算方式為系統增益值（System Gain）加上接收器端的天線增益值（Antenna Gain）減去衰退邊限（Fade Margin）再減去發送端的線路損耗率（Line Losses）。
- 系統增益值為 EIRP 減去接收器敏感度，計算結果為為 118dBm，算式如下：

$$23\ \text{dBm} - (-95\ \text{dBm}) = 118\ \text{dBm}$$

- 最大可容許路徑損耗值為系統增益值（118 dBm）加上基地臺天線增益值（17.2 dBi）減去率退邊限（15 dBm）減去發送端線路損耗率（2 dBm）後得出數值為 118.2 dBm。

$$118\ \text{dBm} + 17.2\ \text{dBi} - 15\ \text{dBm} - 2\ \text{dBm} = 118.2\ \text{dBm}\ \text{公 里}\ 。$$

因此，在 FCC 於 2016 年 8 月 19 日發布的決議文件中，修正原先對保護區域的定義，在未註冊 CPE 的部分，保護區域從原先以註冊基地臺為中心的半徑 4.4 公里之內，擴張到半徑 5.3 公里為保護區。若區域內包含已註冊 CPE，則保護區之定義為以一註冊基地臺為中心，涵蓋該基地臺發射方位角度與波束頻寬內可達到之所有註冊 CPE。整體概念如圖 11 所示。

確定傳統式無線服務保護區的計算方法後，為計算保護區域，FCC 要求傳統式無線服務持照者應於 2016 年 4 月 17 日前提出已建置完成、運作中的基地臺資訊，且完全符合相關規範。同時持照者應證明已確認基地臺內有無未註冊 CPE，以及每個服務區內最遠註冊 CPE 的距離。持照者只需要提供基地臺的相關資訊，無需提供關於已註冊 CPE 的補充資訊。

同時，FCC 正在進行其通用執照系統（ULS）的現代化，使該系統能夠收集必要數據。當此機制成熟後，無線電信局（WTB）將可與持照者通訊，要求持照者必須提交額外資訊。既有已記載於 ULS 中的註冊資訊，則可作為決定傳統式無線服務保護區的補充資訊，未來此保護區的相關訊息便可與頻譜接取系統（SAS）溝通。

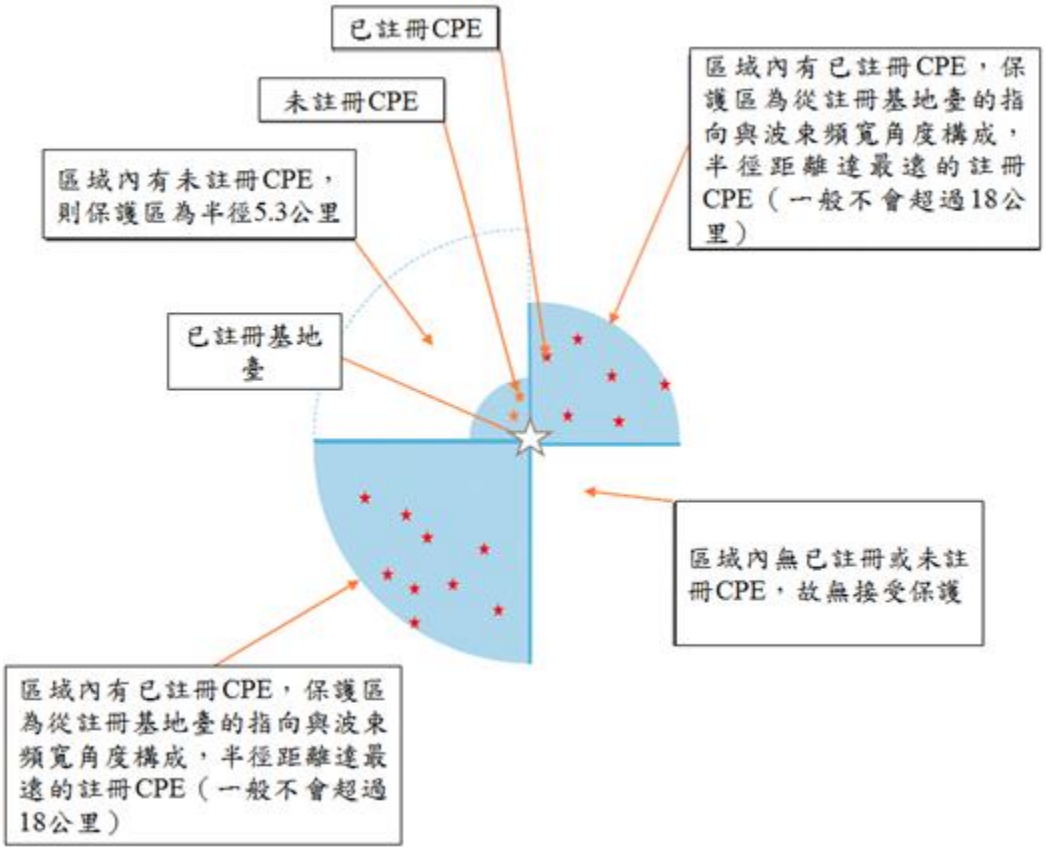


圖 11-美國 3.5GHz 頻段傳統式無線寬頻服務之保護

資料來源：FCC，本研究整理

此一建立傳統式無線通訊服務保護區的機制將為一次性活動，每一個基地臺的保護區域不會改變，直到該基地臺不再使用為止。如果該基地臺停止運作，FCC 要求持照者需要刪除該基地臺註冊資訊，且 FCC 將通知 SAS 該基地臺已不再提供服務，故不再提供傳統式無線服務之保護區。

在 FCC 的設計中，此註冊系統會提供連結供外部查詢傳統式無線服務之保護區位置。因此，持照者需要清查其運作中的基地臺資訊，包括：1、該基地臺於 2015 年 4 月 17 日或更早之前就註冊者；2、該基地臺於 2016 年 4 月 17 日前建造、維運和提供正式服務；3、基地臺符合 FCC 的相關規範。

(四)CBRS 管理規則修正

自 2015 年 4 月 CBRS 管理規則通過後，2017 年 6 月美國電信協會 CTIA 與電信業者 T-Mobile 共同提交請願書，希望 FCC 重新調整 PAL 執照規範。請願人認為對管理規範之修正有助於在 CBRS 頻段布建 5G 網路。

因應國內市場發展與國際間對於 5G 頻譜規劃相關議題之探討，FCC 再次於 2017 年 10 月公告 CBRS 管理規則修正草案[6]，關於修正規範內容主要可分為兩大項，第一大項為對 PAL 之規範內容，第二大項為訊號發射功率與干擾限制。第一大項對於 PAL 的規範可再細分為以下五點：

- 執照效期與換發：PAL 執照年限將由 3 年延長為 10 年，並享有「換照預期 (renewal expectancy)」權利；
- 地理執照區域：PAL 執照區域將由現行「小普查區 (Census Tracts)」擴大到「局部經濟區域」(Partial Economic Areas, PEA)或郡縣；
- 允許二次交易：PAL 持照者將有權對獲指配頻率進行分割轉讓或出租出借；
- SAS 對 CBSD 註冊資訊之公開揭露：禁止 SAS 管理者揭露公開的 CBSD 註冊資訊，以避免危害關鍵性的網路布建安全性與影響競爭；以及

[6] FCC (2017), Notice of proposed rulemarking and order terminating petitions: Promoting investment in the 3550-3700MHz Band, available at: http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2017/db1024/FCC-17-134A1.pdf (last visited :2017/11/14)

- PAL 執照競價程序：取消需至少有 2 家以上合格申請者參與競價之規定，同時解除或修訂現行 PAL 執照之 40MHz 頻寬上限。

自 FCC 於 2017 年 10 月 24 日公布法規修正諮詢文件，各界需於公告後 30 日內提報回應意見，FCC 則於 60 日內回應。現階段產業對於 CBRS 規範意見仍分歧，T-Mobile 和 CTIA 等電信業者偏好轉向為傳統式的行動通信執照架構，並強調 CBRS 的 PAL 執照年限過短、執照地理範圍過小且不可換照等設計，會讓業者缺乏投資意願；Google 等業者則認為應該維持原議。該份修正案獲得 FCC 主席 Ajit Pai 和兩位委員 Michael O'Rielly 與 Brendan Carr 的支持。另外一位委員 Jessica Rosenworcel 則認為修法的結果讓監理機關失去其「前瞻性」，讓美國的頻譜政策無法保有其創新精神，不在乎 3.5 GHz 頻段制訂之初的創新精神，而轉向支持現有的商業模式。

許多評論家認為，修法後將讓執照只有大型行動業者有能力負擔，拒絕數以千計其他公司取得頻譜執照的機會，部份評論家擔心 FCC 的作法將使 5G 生態系統落入單一大型業者商業模式的窠臼，綜而導致缺乏競爭力。

亦有評論家認為修正草案將使美國頻譜政策落入雙輸的結果。執照區域從人口普查區擴大到 PEA 部分經濟區，可能讓偏鄉寬頻服務的潛在進入者打退堂鼓。另外，將執照期限從三年延長到十年，將提高執照取得成本，導致小型業者退出市場。

動態頻譜聯盟 DSA 則強烈支持維持既有規範，但 FCC 委員 Michael O'Rielly 認為 FCC 使用靈活的頻譜政策，讓拍賣得標者可以依其需要佈建網路和服務，同時，O'Rielly 委員認為目前的 PAL 執照制度會讓業界覺得似乎保留給偏鄉服務業者和其他潛在進入者，這種想法是錯誤的，監理機關不應向任何企業承諾會核發執照，FCC 必須確保寬頻網路於偏鄉地區之佈建。

以下針對該次修法內容進行說明。

執照效期與換發

請願人向 FCC 建議執照使用期限應從原先法規設定的三年，延長調整為十年，同時也採取預期可換照之機制。請願人 T-Mobile 認為既有規範可能延遲網路布建的速度。例如 CTIA 提到許多業者於申請取得站台許可時遇到困難或障礙，因此建議 FCC 應採取和目前行動通信業務執照年限一致之作法。

FCC 考量網路布建實務與技術發展等要素後，規劃修正原有 PAL 執照年限為三年的做法，調整為十年，同時也允許 PAL 執照換照。FCC 更進一步諮詢公眾對於 PAL 換照時申請規範與標準之相關建議。

FCC 希望藉由公眾諮詢，了解產業對於執照年限改為十年後，對可能帶來提升網路布建投資、推動偏鄉區域網路布建等議題之看法。另外，有部分學者如 Paul Milgrom 建議 FCC 應於執照屆期後以拍賣方式釋出，因此 FCC 也諮詢公眾對於執照屆期後重新釋出的看法，希望找出能促進競爭與頻譜有效使用的機制。

擴大地理執照區域

FCC 原先對於 PAL 執照採取人口普查區（Census Tract）的執照範圍。請願人認為 FCC 應該增加執照地理區域範圍，從人口普查區擴大到部分經濟區（Partial Economic Area, PEAs）。請願人之一的 T-Mobile 認為擴大執照地理區域的做法有助於 FCC 推動 5G 發展。如果原先採人口普查區的執照地理區域發照，將可能會出現超過 50 萬張 PAL 執照，增加 SAS、FCC 跟持照者的管理難度，也會增加不確定性干擾風險。若改採 PEAs 地理區域發照，仍能確保有足夠的網路數量，且大幅減少行政負擔。

有些回應意見則反對擴大執照地理區域，認為此舉將迫使小型企業無法和區域中的大型業者相競爭。有些回應意見如 Google、Sony 等已申請成為 SAS 管理者的業者，則認為隨著近年來資料庫管理技術、雲端計算，以及其他工程技術的進步，要管理超過 7 萬個地理區域內的執照並不會太過負擔。

FCC 考量各界意見後，爰向公眾諮詢將執照地理區域改採 PEAs 的做法是否妥適，是否能帶來更多的投資、促進創新和鼓勵頻譜有效使用。FCC 同時也向公眾諮詢更大的執照地理區域是否更具彈性，得以促進新興技術如 5G 的發展。另外也尋求若變更為更大的執照地理區域，是否會影響拍賣機制的複雜度。

原先 FCC 對於 PAL 執照設有取得上限 40MHz 的規範，FCC 同樣欲了解若擴大執照地理區域後，此一上限規範是否仍有持續之必要。

允許二次交易

最早 FCC 對於 3.5 GHz 之政策規範，禁止 PAL 持照者切割或減持其執照，僅允許輕度管制的出租。請願人 T-Mobile 建議 FCC 若執照地理區域改採 PEAs 後，應允許持照者得對 PAL 執照的進行部分切割售出與減持，包括 T-Mobile、AT&T、易利信、高通、USCC 及 Verizon 等回應意見均同意允許 PAL 執照切割或減持有助於對 PAL 執照的最佳化利用，並支持多樣化的佈建需求。

而 DSA、Southern Linc 和 WISPA 等回應意見則反對允許 PAL 執照進行二次交易，因為即便有此規定，持照者未必會出租或交易空閒頻譜資源。

FCC 擬允許 PAL 執照進行二次交易，持照者並得部分切割售出或減持。FCC 希望尋求各界對此規劃之公眾意見。若 FCC 決定採用

較大的執照地理區域，則允許 PAL 執照部分切割或減持的設計，能否讓持照者能在較小地理區域取得所需頻譜資源，發展當地所需的商業活動？FCC 希望確保該規劃得以促進多樣化應用發展的機會。

SAS 對 CBSD 註冊資訊之公開揭露

FCC 最早的規範中，要求 SAS 管理者應向公眾揭露 CBSD 的註冊資訊。同時 SAS 管理者必須隱蔽持照者的身分，避免使機敏商業訊息曝光。請願人 CTIA 及 T-Mobile 均要求 FCC 應取消此一公開揭露註冊資訊之規範，認為此一作法可能導致影響競爭和網路安全。AT&T 認為 SAS 蒐集關於使用者的敏感數據、網路配置、使用狀況與技術參數，相關關鍵基礎設施數據必須要妥善保護，避免導致影響競爭和網路安全。

Google、OTI/PK 和 WISPA 等業者則認為應維持既有規範，認為此一做法有助於讓潛在業者能在參與拍賣前調查以 GAA 布建或 PAL 布建的可行性。Google 否認匿名公開註冊數據會影響安全性和競爭，該公司認為許多資訊目前已公開可取得，例如行動業者的接收站台位置等。

FCC 最後規劃修正既有規範，禁止 SAS 管理者公開揭露 CBSD 的註冊資訊，避免危害關鍵網路布建的安全性，或影響競爭。FCC 同時向公眾諮詢哪一些特定資訊也應該被保留不公開，以避免造成外界疑慮。

PAL 執照的指配

FCC 最早規範拍賣 PAL 執照時，一區域應至少有二家以上的申請者，才會釋出申請者總數減一的執照張數，一區域最多釋出七張 PAL 執照。此外，執照必須以競價方式釋出，因此若有一區域只有

一家申請者，則該區域不會釋出 PAL 執照，區域內頻段資源改供 GAA 使用。

請願人 T-Mobile 及許多業者如 5G Americas、AT&T、易利信、GeoLinks、GSMA、諾基亞以及 USCC 均建議 FCC 應確保 PAL 執照皆釋出可用，無論一區域內有幾家申請者。GeoLinks 認為，如果 FCC 對只有一家業者有興趣投入之執照區域限制其取得 PAL 執照的機會，則將會導致偏鄉地區和都會區的落差，有些偏鄉區域的業者家數可能不如都會區。

FCC 考量未來 PAL 執照使用期限可能延長，也將允許 PAL 執照換照、增加執照地理區域，故規劃取消對 PAL 執照的限制。即便一執照區域內只有一家申請者，若該申請者符合 FCC 之條件規範，則將核發 PAL 執照給該申請者。同時，原先對於 PAL 設定之競價規範限制也會取消。

隨著 FCC 規劃將 PAL 執照年限延長，許多回應意見認為 FCC 亦可同時檢討一執照區域最多釋出七張 PAL 執照的規範。因此，FCC 亦向公眾諮詢若 PAL 執照年限延長，則是否仍有限制一區域最多釋出七張 PAL 執照的必要。

PAL 執照區塊之競價

FCC 目前對 PAL 執照競價之設計，持照者得標時，並非取得特定頻率位置，而是由 SAS 管理者依據 PAL 業者取得之頻譜資源，來指配一執照區域內的實際使用頻率位置。

請願人 T-Mobile 建議 FCC 應讓申請者直接對特定頻率競價，而非取得數量後再由 SAS 指配使用頻率位置。有部份回應意見支持 T-Mobile 的看法，易利信認為此種機制較能確保穩定、可預期之頻譜

環境。5G Americas 和 GSMA 也認為此種方法較能鼓勵業者應用該頻段於 5G 網路。

反對意見則有 Vivint Wireless、Google 等，認為某些執照區域需確保不損害既有業者之使用權利，因此對實際頻率位置競價的做法未必能順利運作。Google 認為若採取對特定頻率競價的做法，則業者可能會對 PAL 頻譜的中端位置集中出價，可以限制其他業者取得連續頻譜的機會，因此建議維持現有做法，讓 SAS 管理者動態分配，以保障聯邦既有業者和 PAL 業者運作時能不間斷的提供服務給終端消費者。

FCC 擬規劃讓 PAL 執照業者對實際頻率位置出價，其中對於如何保障既有使用者權益、頻率指配程序等相關議題諮詢公眾意見。諮詢議題亦包括是否採先競價數量、再對實際頻率位置出價等競價程序。另外，FCC 亦徵詢是否有其他適合的競價方式，能滿足 SAS 管理者因應避免干擾的動態分配需求，並讓 PAL 持照者有機會取得連續頻譜。

CBSD 發射功率限制

FCC 原先對 CBRS 發射功率規範如下：

- SAS 指配頻道邊界介於 0 到 10MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz；
- SAS 指配頻道邊界超過 10MHz，邊界介於 3530 至 3570MHz 之間時，其發射之傳導功率不得超過-25dBm/MHz；
- 當 SAS 指配頻道邊界低於 3530MHz 且超過 3720MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-40dBm/MHz；

請願人 T-Mobile 認為發射功率應適度放寬，若頻道邊界介於 0 到 20MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz，同時取消原規範-25dBm/MHz 與-40dBm/MHz 的限制。

Qualcomm 公司同樣認為適度放寬發射功率，建議採以下規範：

- 指配頻道邊界介於 0 到持有頻寬 B 的一半（B/2）時，其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz；
- 指配頻道邊界介於 3530MHz 至 3720MHz 之間時，其發射之傳導功率不得超過-25dBm/MHz；
- 指配頻道邊界低於 3530MHz 且超過 3720MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-40dBm/MHz。

FCC 經參考 Qualcomm 公司之提議，擬於以下兩方案擇一作為發射功率限制之規範：

方案一：

- 指配頻道邊界介於 0 到持有頻寬 B 時，其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz；
- 指配持有頻寬 B 內之發射傳導功率不得超過-25dBm/MHz；
- 指配頻道邊界低於 3530MHz 且超過 3720MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-40dBm/MHz。

方案二：

- 指配頻道邊界介於 0 到持有頻寬 B 的一半時（B/2），其發射之傳導功率不得超過-13dBm/MHz；
- 指配頻道邊界從 B/2 到持有頻寬 B 時，其發射之傳導功率不得超過-20dBm/MHz；
- 指配頻道邊界介於 3530 至 3720MHz 之間時，持有頻寬 B 內之發射傳導功率不得超過-25dBm/MHz；

- 指配頻道邊界低於 3530MHz 且超過 3720MHz 時，其發射之傳導功率不得超過-40dBm/MHz。

第五節　6GHz 頻段之自動頻率協調系統

美國聯邦通信委員會(FCC) 在 Federal register 公告了 6 GHz Unlicensed band 頻帶使用的法規相關要求。其法規生效日期則為 2020 年 7 月 27 日。

針對公告的頻率範圍為 5.925-7.125 GHz，其頻段分為 U-NII- 5、6、7、8，將有 1.2 GHz 新頻譜開放使用，此頻道原本就有使用的運營商和服務商，所以基於保護既有的業者使用權，FCC 針對戶外的使用者要求需有自動頻率協調 (Automated Frequency Coordination, AFC) 系統，如圖 12 所示。自動頻率協調（AFC）是一種機制，可根據適用的資料庫確定許可系統的協調等，確定可用頻率以避免對這些系統造成妨害性干擾。室內使用的相關設備則須符合較低功率要求來保護原有的運營商和服務商。

該共享框架包括當前由 FSS 地面站上行鏈路和 50,000 多個註冊的固定服務（Fixed Service, FS）PtP 微波鏈路（佔用 5925-6425 MHz）。儘管 PtP 鏈路是高功率且方向集中的，但 FCC 的前提是可以保護 FS 接收機免受在計算得到的三維保護區內干擾，如圖 13 所示。

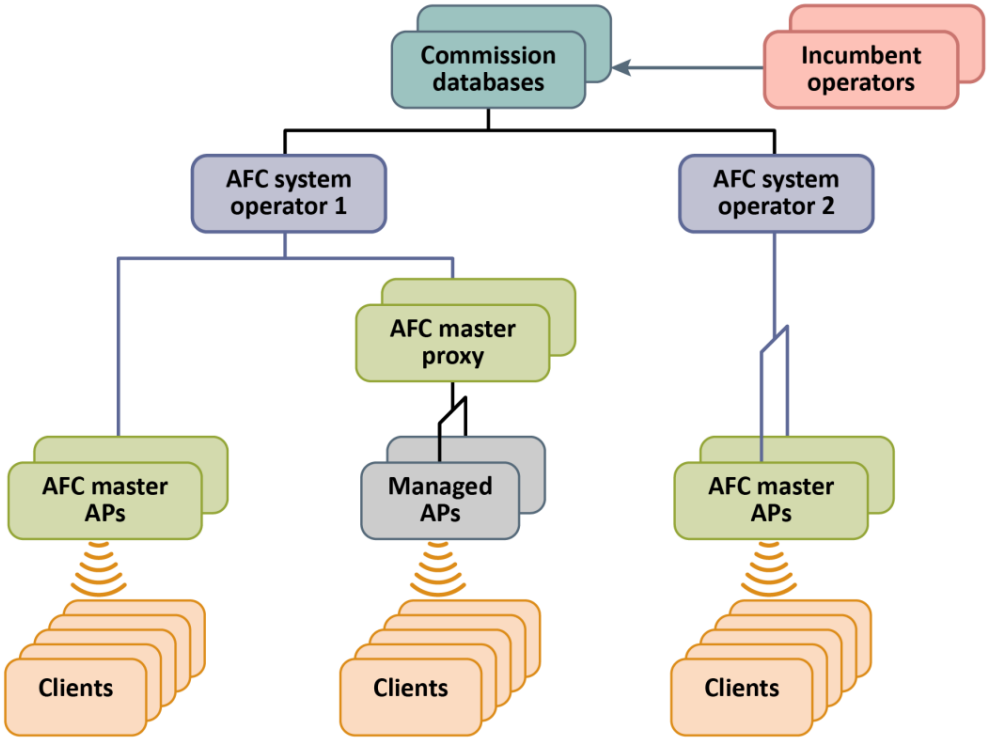


圖 12-6GHz 頻段之 AFC 系統架構

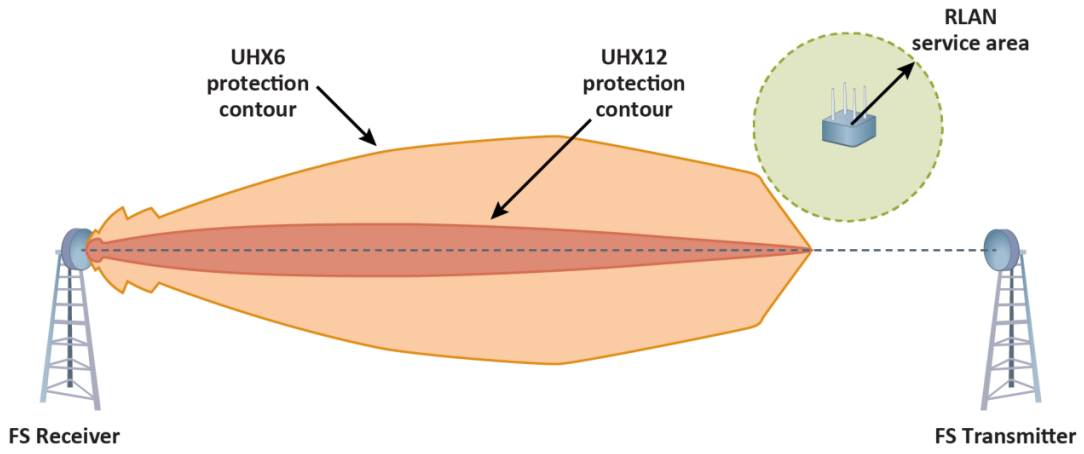


圖 13- AFC 系統以 3D 保護區避免干擾之示意

第六節　衛星通訊頻段之協調共享

資料庫協調頻譜共享的未來領域將集中在衛星頻段，包括不同衛星網路之間的協調。在 IEEE 論文《Database-Assisted Spectrum Sharing in Satellite Communications: A Survey》(2017) 中找到了有用的概述，該論文總結了作為歐洲太空總署（European Space Agency, ESA）的“電信系統高級研究”計畫一部分而進行的全面研究。該論文得出的結論是：未來的衛星系統可以從接取專用授權頻段以外頻段的能力中大大受益。

由於小型衛星系統和超高吞吐量衛星系統中的快速技術進步，以及從廣播連接到寬頻連接的趨勢，衛星產業目前正在經歷重大轉型。這種轉變與地面無線網路的發展相平行，並且將加劇對現有衛星頻段更廣泛使用的需求。

提出衛星通信資料庫方法的理由與地面系統的提議基本相同：資料庫為既有使用者提供了更好的保護，”特別是在“高度動態頻譜共享的情況下。

該項研究界定了四個潛在頻寬共享的情節：

1. 兩個共享相同頻譜的衛星系統（例如，對地靜止軌道（Geostationary orbit, GSO）和非對地靜止軌道（Non-Geostantionary orbit, NGSO）衛星系統之間的共享）；
2. 衛星系統是頻譜的次級使用者（例如，利用空間間隔(spatial separation)與固定的地面微波鏈路共享的衛星終端設備）；
3. 通過與衛星網路（例如，在鄉村地區擴展覆蓋範圍的協作 LTE 網路）的協調來擴展地面網路；
4. 擴大地面系統對衛星頻譜的二次使用（例如，C 頻段 FSS 地面站和 IMT 協調共用）。

關於衛星系統之間的共享，該報告側重於由 OneWeb、SpaceX 和 LeoSat 等公司開發的現有 GSO 系統與新興的 NGSO，低地球軌道（LEO）衛星網路之間的資料庫協調共享。這些巨型星座網路將包含數百甚至數千顆 LEO 衛星。該研究發現，資料庫輔助的協調應該是可靠和有用的，這在很大程度上是因為 NGSO 衛星的位置隨時間推移的可預測性（星曆）可用於預測和調整以避免干擾情況。假設資料庫具有該頻段內 GSO 和 NGSO 營運商的準確輸入（最關鍵的是，NGSO 衛星的星曆和地面接收到的相關功率級別），則協調資料庫可以：

1. 通過預測何時何地發生，提前提醒每個系統任何干擾情況，
2. 協助針對這些情況採取適當的干擾減輕(interference mitigation)策略[可能會“改變饋線鏈路的工作頻率”]
3. 回答每個系統對更多頻寬的請求，並相應地分配頻譜。

作者承認，在依靠這些不同的衛星系統之間的資料庫協調共享之前，需要進行更多的研究和測試，包括佈署小型 NGSO 衛星的密集巨型星座(mega-constellations)造成的總干擾的影響。儘管如此，在將來，理論上衛星和許多地面用途之間以及衛星營運商之間的協調應從自動資料庫協調系統建置中受益。共享的替代方案可能會造成更大的問題，因為它們可能導致只有一個 NGSO 營運商能夠進行操作（從競爭的角度來看是一個重大問題），或者所採用的頻段分段機制導致頻譜使用效率低下，並可能會破壞許多 NGSO 網路業務案例的可行性。

第七節　國際主要頻譜共享機制比較整理

綜合而論，TVWS 免執照共享接取是最早以資料庫作為管理機制核心，並且成功在全球範圍內、多個國家開放運行的頻譜共享機制。歐盟所倡議的 LSA 機制與美國 CBRS 頻段下的 SAS 系統，亦均

屬於層級式頻譜共享機制，並同樣地以資料庫作為機制核心，讓需執照頻段得以在不影響既有使用者頻譜使用權利的前提下，增加次級使用者共享頻率的機會。就規範層面來看，彼此並不互斥。相關機制雖各有適用頻段，惟長期來看，仍有可能擴大適用到其他更多頻段，茲再比較說明各機制之特性及差異，如下說明。

共享需獨立許可 v.s. 優先/免執照（license by rule）

依據歐盟指令，頻譜使用權之授予可分為兩種模式，給予獨立使用權以及免執照一般許可制，在考量干擾防護等因素之下，爰建議 LSA 應採取授予獨立使用權之模式。因此，未來各會員國可能採取獨立使用權之方式，無論是以執照的形式或登記制，均需共享頻率使用者事前向主管機關申請並獲得許可。

而美國 CBRS 頻段之頻譜使用權設計為三層架構，具有優先接取的 PAL，係採取執照制。然而，若 PAL 在某區域不存在或未使用，GAA 使用者便可免執照接取。即使 PAL 存在，合計達 150MHz 頻寬之 CBRS 頻段仍然保留至少 80MHz 頻寬予 GAA 使用。故 CBRS 係兼採執照制與免執照制，其頻譜之共享使用高度仰賴 SAS 系統。

共享頻率靜態分配 v.s. 共享頻率動態分配

在歐盟倡議的 LSA 運作架構上，共享頻率使用者僅能在獲得授權使用的固定頻率範圍內運作，某一地區內若既有使用者向 LSA 頻譜庫提出要求恢復使用頻譜，相應之共享頻率使用者必須在收到資料庫通知後配合退出使用，不可干擾既有使用者。故對於行動業者而言，運作於 LSA 機制下的授權頻譜，僅適合作為聚合補充頻段。CBRS 頻段則以 SAS 系統進行頻譜動態分配，當既有使用者開始使用其頻段時，由 SAS 系統另外分配可用頻率範圍給共享頻率使用者，因此，CBRS頻段的共享頻率使用者所提供之服務，較具有穩定性。

然而，CBRS 所依賴之 SAS 系統相對複雜，從收到既有使用者出現的訊息，到通知 SAS 系統，再重新指配新的可用頻譜給共享頻率使用者的過程，對於既有使用者的保護時間相對難以預料。而且，由於 SAS 系統將會動態重新分配可用頻譜，因此需要技術層次較高的操作系統，管制難度也相對提高。SAS 系統必須擁有較為充分與即時的頻譜使用狀況，與動態頻譜需求的預測模型，這些技術發展均相對需要更為完善的基礎設施（如區域性的頻譜監測系統），與先進的運算預測模型。

既有使用者參與（資料庫保護） v.s. 既有使用者不參與（感測機制保護）

在 LSA 機制下，既有使用者必須將本身的頻譜需用情形告知資料庫，當共享頻率使用者存取資料庫時，便能得知該區域的頻譜使用狀況，當既有使用者恢復使用其授權頻譜時，也能透過資料庫告知共享頻率使用者進行迴避。CBRS 系統的既有使用者由於身份相對敏感，故初期以劃設禁制區的方式，既有使用者的資訊無須詳細的輸入資料庫，同時，CBRS 所使用的 SAS 系統也較具有主動性，當既有使用者出現時，SAS 系統將會另外分配頻譜。透過 ESC 環境感測能力的佈建，主動偵測既有使用者與區域的頻譜使用狀況，可進一步提升該頻段的頻譜使用效率。

在既有使用者是否參與的議題上，主要的顧慮在於使用者身份的敏感性，由於 CBRS 所使用的 3.5 GHz 頻段當中有涉及國家安全之用，因此須建置 ESC 環境感測能力。然而，在 LSA 的架構中，既有使用者僅面對 LSA 頻譜庫，共享頻率使用者使用 LSA 控制器與 LSA 頻譜庫連線，兩者之介面協定 LSRAI (LSA Spectrum Resource Availability Information) 僅包含有限之區域 (Zone) 資訊，以類似資訊防火牆的概念設立一道關卡，避免敏感的既有使用者資訊不當洩漏。

使用共享頻率設備無須註冊 v.s. 使用共享頻率設備需註冊

類似於 TVWS 機制，美國 CRBS 服務下的 SAS 系統要求共享頻率使用者必須註冊其服務設備，由 SAS 系統動態指配可用的頻率範圍，當 ESC 機制偵測到既有使用者恢復使用頻譜時，SAS 系統會重新指配其他可用的頻率範圍給共享頻率設備，為確保不致對受保護的既有或授權使用者造成妨害性干擾，必須高度仰賴資料庫系統的可操作性，以及對於各類型無線系統之電波傳播模型選用的正確性。

共享規範有無要求資料庫公開揭露共享頻率使用者所註冊之服務設備，其差異在於共享頻率使用者網路佈建狀況是否可知，尤其頻譜共享機制的運作以小型基站為主，若業者需公開其所有服務設備的位置資訊，對於業者之網路投資較無保障。此外，當資料庫完全掌握所有既設電臺及共享者服務設備時，便能更為動態地指配可用頻率範圍，此種資料庫系統的功能較為強大，但也相對較為複雜。

表 5-國際主要頻譜共享機制比較整理

	免許可使用	需許可使用	
機制別	TVWS	LSA	SAS (CBRS)
頻段	VHF、UHF	2.3-2.4 GHz、 3.6-3.8 GHz	3.55-3.7 GHz
既有 使用者	DTT、 無線麥克風	衛星、雷達、 PMSE	衛星、雷達
設備 生態系	無線寬頻接取 (IEEE 802.11af、 802.22)	行動寬頻接取 3GPP Band 40, n40	行動寬頻接取 3GPP Band 42/43/48, n77/78

授權 架構	二層 既有、免執照	二層 既有、需執照	三層 既有、需執照、 免執照
頻率 核配	動態（不特定 頻道及數量）	靜態 （固定頻塊）	動態（不特定 頻道及數量）
額外 規範	新加坡： 高優先權頻道	無	環境感測能力
適用 情境或 目的	透過資料庫協助管理此等頻段之次級使用，促進頻譜使用效率。	為提供額外行動頻譜之補充方案	極大化共享接取機會，採較小之執照地理範圍與執照效期來鼓勵創新

資料來源：本研究整理

（本頁空白）

第三章　國際動態頻譜共享關連政策與創新應用研析

第一節　美國

一、 政策法規

為了提升頻譜使用效率，美國 FCC 於 2015 年將 3.55-3.7 GHz 劃定為共享頻段並頒訂相關規範，設計 SAS 為管理頻譜與控制干擾的核心，輔以 ESC 偵測美國海軍船艦近岸的雷達作業，於必要時通報 SAS 執行 PAL/GAA 使用者頻道變更等作業，此為目前全球最完善的一套動態頻譜共享機制。

在 CBRS 頻段共享接取管理機制進入商業運轉前，SAS 管理者需先通過 NTIA 所主導的實驗室測試，並依照 FCC 要求提出「初始商業佈署（Initial Commercial Deployments, ICD）」規劃執行方案，證明其擁有在實際場域持續運轉 30 天以上的能力。

FCC 於 2020 年 1 月 27 日核定 CommScope、Federated、Google 及 Sony 成為受其認可的 SAS 管理者，有效期間為五年；Amcods 則在同年 4 月 21 日獲核可。

二、 標準規範

CBRS 技術標準主要由產業組織 WInnForum 無線創新論壇負責訂定，其中包含 CBRS 維運與功能需求、安全相關技術規範、SAS 與 CBSD 介面協定規範、SAS 及 CBSD 之測試與驗證等。

WInnForum 在 2018 首季完成 CBRS 基本標準規範第一版，旨在滿足 CBRS 管理規則的要求。2020 年 1 月 23 日，WInnForum 核定基

本標準規範第二版，新版除了增強 CBRS 操作及功能要求，亦特別著重於支持特定的垂直市場應用及網路布建。

三、 商業模式

CBRS 在美國的商業模式及應用包含：做為電信業者頻譜擴充方案選項、為多系統業者（Multiple System Operator, MSO）或虛擬行動網路業者（Mobile virtual network operator, MVNO）創造經濟價值及營業收入、大型企業私有 LTE 網路及中立主機網路…等。

四、 產業生態

2018 年，CBRS 聯盟推出 OnGo 品牌認證，藉以促進基於 3GPP 技術、具互通性的 CBRS 生態系的增長。通過 OnGo 認證的各供應商產品將在同一網路中實現無縫互通。

對於 GAA 使用者，OnGo 旨在提供與 Wi-Fi 相當的佈署方便性。PAL 使用者必須先參與頻譜執照拍賣，但是佈署過程與 GAA 相同，並有機會同時使用 GAA 和 PAL 接取。在 OnGo 認證機制中，供應商將其設備提交給 CBRS 聯盟授權的獨立測試實驗室。截至 2020 年 7 月 1 日，獲得 OnGo 認證的 CBSD/Domain Proxy 設備累積已達 37 款，可接取 CBRS 頻段（B48）的 EUD（包含行動手機、平版及無線路由器及無線寬頻分享器等）亦逾 70 款。

五、 PAL 拍賣活動

PAL 執照拍賣作業（FCC Auction 105）從 2020 年 7 月 23 日開始，經過 76 回合的競標，最終於 2020 年 8 月 25 日結束，共 228 個競標公司標得 20,625 張 PAL 許可執照，佔可用許可執照的 91.1%

（FCC 在拍賣中提供的拍賣許可執照數量為 22,631 個），總收益為 4,585,663,345 美元。拍賣機制及結果摘要如下，詳細說明請詳下列章節內容。

PAL 拍賣機制

CBRS的頻段是共享的，競標者購買的是頻譜的優先使用權，而不是單一所有權，這使得 PAL 頻譜拍賣與其他頻譜拍賣存在差異：

- FCC Auction 105 拍賣了 22,631 張 PALs。（共有 3,233 個郡（county），每個郡 7 張 PALs）
  - 每個郡（county）的許可區域最多釋出 7 張 PALs。
  - 每張 PAL 核配頻寬為 10MHz；適用頻段為 3550～3650MHz。
  - PAL 期限為 10 年。
  - PAL 持有者最多載波聚合（aggregate）4 張 PAL。頻譜載波聚合限制為 40MHz。
  - PAL 頻道不會有特定的頻譜區塊，SAS 平臺將動態分配頻段，SAS 會優先分配給同一個 PAL 許可執照持有人在同一地理區域中連續的 PAL 頻段，但，SAS 基於保護最高權限的既有接取使用者，可將每一個PAL頻段臨時重新分配，並可能是非連續頻段。
  - 每個 PAL 許可執照持有人有 50%人口覆蓋率的網路佈署義務。
  - 為鼓勵中小型企業與非傳統的業者（Untraditional players）參與投標，FCC 提供這些業者 15%～25%不同程度的標金折讓。

PAL 拍賣結果

- 此次拍賣共有 271 個競標者，共 228 個競標公司標得 20,625 張 PAL 許可執照，總收益為 4,585,663,345 美元。
- 由此次拍賣結果分析，除了電信營運商、區域型電信營運商及有線電視系統業者外，另有非傳統電信業者，如能源服務業者雪佛龍公司（Chevron U.S.A），農機設備業者迪爾公司（Deere & Company），及規模較小的企業與學校，如德克薩斯 A&M 大學等，也投入頻譜的購買。
- 整理本次頻譜拍賣得標金額、得標執照張數排名前五的公司如下表。

表 6-PAL 頻譜拍賣得標最高前五名公司匯整

得標公司	說明	前五名	
		得標金額	得標執照
Verizon Wireless Network Procurement LP	電信業者	1	
Wetterhorn Wireless LLC (Dish network 子公司)	衛星廣播服務提供商	2	1
Spectrum Wireless Holdings, LLC (Charter Communications 子公司)	有線電視系統業者	3	
XF Wireless Investment, LLC (Comcast 子公司)	有線電視系統業者	4	5
Cox Communications, Inc.	有線電視系統業者	5	
SAL Spectrum, LLC (ATN International 子公司)	電信業者		2
AMG Technology Investment Group, LLC(NextLink 子公司)	區域型 FWA 業者		3
Windstream Services LLC	區域型電信業者		4

資料來源：本研究整理

以下針對開始 PAL 執照拍賣活動之前的拍賣計劃分析工具、拍賣過程、拍賣結果、得標公司的頻譜應用與拍賣活動結束後的 SAS 平臺 的 PAL 頻譜存取服務，進行說明。

(一) PAL 拍賣規劃分析工具

以 SAS 平臺業者 CommScope 為例，在美國 PAL 頻譜拍賣之前，CommScope 以 PAL 拍賣規劃分析工具來提供頻譜可用性分析服務，並提供該服務給要參加 PAL 頻譜拍賣的業者，欲競標頻譜的業者可依據分析結果，選擇適合的 PAL 頻譜來參與拍賣。

CommScope 的頻譜可用性分析服務，分析了特定拍賣區域的共享頻譜狀況，讓業者對於 CBRS 規劃有更多了解。幫助 CBRS 用戶確定在既有接取（Incumbent Access）使用者和其他使用者而導致的干擾之下，頻譜的可用性。頻譜可用性分析服務考慮了 FCC 規則下的既有接取使用者，以及在佈署 CBSD 之前確定可用頻譜和營運參數（例如：空間、頻譜和時間）。納入 FCC Part 96 的 CBRS 規則，並使用最新的現有數據以及 SAS 平臺使用的實際模型。客戶可以選擇感興趣的拍賣區域進行分析。頻譜可用性分析功能說明如下：

- 在一個 PAL 拍賣區域內，進行頻譜可用性分析，以了解工作頻率和功率的可使用範圍。
- 預測 CBSD 增長和未來市場狀況的頻譜可用性統計訊息。

- 預測受動態既有使用者和備用頻道計劃影響的區域。
- 協助 PAL 拍賣—每個 CBSD 的 PAL 頻道減損預測和預測的 GAA 頻譜。

(二) PAL 許可執照拍賣過程

公民無線寬頻服務的優先接取執照使用者頻譜許可執照拍賣，於 2020 年 7 月 23 日開始，每天進行六個小時的競標。有 271 位合格的競標者參加了拍賣，這些競標者包括：行動通訊服務業者、有線電視業者、無線互聯網服務提供商、電力公司、大學和一些大型企業。有些大型行動業者和有線電視業者也參加了拍賣，包括 Verizon，T-Mobile，AT&T，Charter 和 Comcast，以及正在規劃要自行獨立進行 5G 網路擴展的 Dish Network。FCC 在拍賣中提供的許可執照數量為 22,631 個，每個美國郡級區域提供七個 PAL 許可執照。每個 PAL 許可執照包含一個位於 3550～3650 MHz 的 10MHz 頻道。競標者可以在每個許可區域競標最多四個 PAL 許可執照，並將這些 PAL 許可執照載波聚合（Aggregate）使用。

在 CBRS 頻譜共享三層式架構的框架下，FCC 從 150MHz 頻段中規劃了 70MHz 專門用於 PAL 頻譜，並確保 GAA 使用者仍可以使用該 CBRS 頻段中的 80 MHz。

FCC 針對 CBRS 制定了專有的共享規則，使得 PAL 頻譜拍賣與其他頻譜拍賣存在差異，首先，頻段是共享的，競標者購買的是頻譜的優先使用權，而不是單一所有權。再者，PAL 執照持有者若在執照持有區域中沒有建設 CBSD，SAS 平臺可將其頻譜分享給 GAA 使用者使用。

此次 PAL 頻譜拍賣與其他頻譜拍賣存在的差異如下：

- 頻段是共享的，因此競標者購買的是頻譜的優先使用權，而不是單一所有權。
- 以郡（County）大小為單位，數量龐大的執照，吸引了全美大量競標者，亦成為頻譜二次交易市場的潛在大目標。

- 其他不想參與複雜頻譜拍賣活動的業者，可以在拍賣結束後，從得標者中租賃頻譜。

為了促進次級頻譜市場的活躍，FCC 提供了「輕觸式租賃(Light-Touch Leasing)」的規則：承租人在與 PAL 持有人簽訂租賃協議後，由 PAL 持有人通知 SAS 管理者，而不需要取得 FCC 對每個 PAL 二次交易的事先批准，藉此降低監督機關繁重的次級頻譜權利購買和轉讓的文書工作。FCC 建立了輕觸式租賃原則來管理頻段的使用，這使 PAL 持有人可以非常有效率地使用頻譜，PAL 持有人可自建佈署 CBSD，或者將部分地理區域內不打算使用的頻譜出租給承租人進而從中獲得收益。承租人佈署的 CBSD 數量也會計入 PAL 持有人承諾給 FCC 必須建設的 CBSD 總數量。

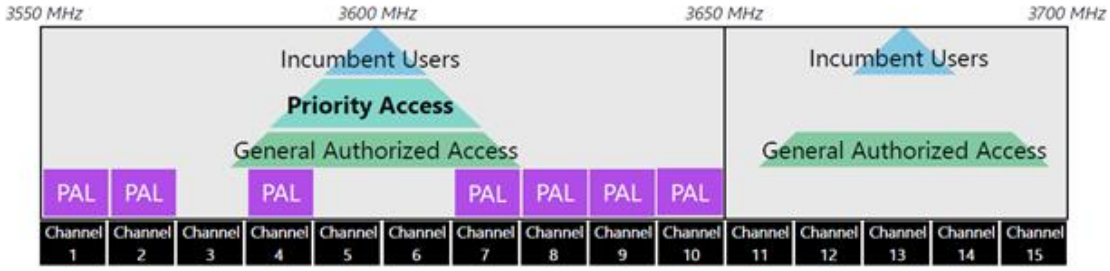


圖 14-PAL 與 GAA 頻譜位置說明

資料來源：CommScope

PAL 許可執照的競標起始價格從全美大部分地區的 1,000 美元到加州洛杉磯郡的 196.40 萬美元不等，加州洛杉磯郡人口最多，有 980 萬人。PAL 起始價格最高的 10 個郡包括：

- 加州洛杉磯市：196.4 萬美元；人口 980 萬。
- 伊利諾伊州庫克郡：103.9 萬美元； 人口 520 萬。
- 德州哈里斯郡：818,000 美元；人口：410 萬。
- 加州聖地牙哥郡：$ 763,000；人口 310 萬。
- 加州奧蘭治郡：$ 619,000；人口 300 萬。

- 紐約州金斯郡：$ 602,000；人口 250 萬。
- 佛羅里達州邁阿密戴德郡：$ 501,000；人口 249 萬。
- 德州達拉斯郡：499,000 美元；人口 240 萬。
- 紐約州皇后郡：$ 474,000；人口 220 萬。
- 加州河濱郡：$ 446,000；人口 219 萬。

(三) PAL 頻譜拍賣結果

2020 年 9 月 2 日，FCC 發布公告，說明最近完成的 3550～3650 MHz 頻段 70 兆赫優先接取執照使用者（PAL）許可執照拍賣（FCC Auction 105）結果。PAL 頻譜拍賣從 2020 年 7 月 23 日開始，經過 76 回合拍賣，最終於 2020 年 8 月 25 日結束，總計拍賣出 20,625 張許可執照。總共 228 個競標者標得 22,631 個許可執照中的 20,625 個，佔可用許可執照的 91.1%，總收益達 4,585,663,345 美元。

美國最大的電信業者 Verizon 以 18.9 億美元的得標價格位居榜首。Dish Network 以 Wetterhorn Wireless 名義競標，成為第二高的競標者，出價超過 9.129 億美元。有線電視公司 Charter Communications，Comcast 和 Cox Communications 位居前五名，分別出價超過 4.64 億美元，4.58 億美元和 2.12 億美元。

T-Mobile 在六個郡得標了八張 PAL，預計支付 5,583,000 美元。T-Mobile 正在佈署剛剛通過與 Sprint 合併而獲得的 2.5GHz 頻譜，因此它對 3.5GHz 頻譜的需求較低。

此次拍賣共有 271 個競標者，總得標金額最高的五個公司整理如表 7。

表 7-PAL 頻譜拍賣總得標金額最高前五名公司

得標公司	得標金額（美金）

Verizon Wireless Network Procurement LP	$1,893,791,991
Wetterhorn Wireless LLC	$912,939,410
Spectrum Wireless Holdings, LLC	$464,251,209
XF Wireless Investment, LLC	$458,725,900
Cox Communications, Inc.	$212,805,412

資料來源：本研究整理

此次拍賣中標得最多許可執照的前五名競標者名單中，Dish 名列榜首，在拍賣中贏得了 5,492 個 PAL 許可執照，拍賣開始於 7 月 23 日，經過 76 回合後於 8 月 25 日結束。SAL Spectrum LLC 獲得了 1,569 個 PAL 許可執照，而擁有 Nextlink 的 AMG Technology Investment Group 獲得了 1,072 個 PAL 許可執照。Windstream Services 獲得了 1,014 個 PAL 許可執照，XF Wireless Investment / Comcast 獲得了 830 個 PAL 許可執照，Verizon 贏得了 557 個 PAL 許可執照。

拍賣為非傳統的電信業者及規模較小的企業提供了競標的機會，其中包括無線互聯網服務提供商協會（Wireless Internet Service Providers Association, WISPA）的成員，例如，Midcontinent Communications 標到了 269 個許可執照，價格為 8,842,319 美元。此次 PAL 頻譜拍賣以郡為基礎，而不是較大的部分經濟區，這為更多的企業提供了參與競標的機會。

許多其他非傳統頻譜競標者也參與其中，例如，雪佛龍公司贏得了 26 個許可執照，並支付超過 100 萬美元的競標金額。迪爾公司（Deere＆Company）以 545,999 美元的價格贏得了五個許可執照，而德克薩斯 A＆M 大學以 39,000 美元的價格贏得了一個許可執照。雪蘭多有線電視（Shenandoah）以約 1600 萬美元的價格標得了 262 個許可執照。獲得最多許可執照的五個投標公司整理如表 8。

表 8-PAL 頻譜拍賣總得標執照數量最高前五名公司

得標公司	得標 PAL 執照數量
Wetterhorn Wireless LLC	5,492
SAL Spectrum, LLC	1,569
AMG Technology Investment Group, LLC	1,072
Windstream Services LLC	1,014
XF Wireless Investment, LLC	830

資料來源：本研究整理

總收益最大的 10 個郡如下：

- 加州洛杉磯市：36,450.3 萬美元；人口 980 萬。
- 伊利諾伊州庫克郡：27,897.7 萬美元；人口 520 萬。
- 加州橘郡：19,214.3 萬美元；人口 301 萬。
- 加州聖地牙哥郡：14,842.3 萬美元；人口 310 萬。
- 德州哈里斯郡：13,393.8 萬美元；人口：410 萬。
- 亞利桑那州馬里科帕郡：12,481 萬美元；人口：382 萬。
- 紐約州金斯郡：10,938.9 萬美元；人口 250 萬。
- 加州河濱郡：9,767.8 萬美元；人口 219 萬。
- 加州聖伯納迪諾郡：9,038.4 萬美元；人口 204 萬。
- 紐約州皇后郡：8,876.1 萬美元；人口 220 萬

PAL 拍賣最大的意外應屬 AT&T 的缺席，一般推測是該公司將為 12 月舉行的 3.7GHz 頻段拍賣（Auction 107）投入大量資金。3.7GHz 頻段拍賣釋出頻寬達 280MHz，且不受 CBRS 頻段相同的使用功率限制。3.7GHz 頻段拍賣於 12 月 8 日正式展開，截至 12 月 23 日，已進行三週累計 45 回合競價，暫時得標價總計已達 698 億美元，超越 2015 年 AWS-3 頻段拍賣所創下的 449 億美元價格紀錄。競價作業將於 2021 年 1 月 4 日繼續進行。

(四) 得標者的頻譜應用

此次得標公司的頻譜應用分析如下：

- 被電信業者視為頻譜擴充方案選項之一

分析 Verizon 得標的 PAL 執照分布，大多數集中在都會區，且有些都會區會買到 4 個 PAL 頻道，Verizon 可使用載波聚合（aggregate）技術與其它頻譜整合使用，其購買策略應該是將資源放在既有且收費較高的都會區市場，來優化既有的用戶體驗。

大型衛星廣播服務提供商 Dish 購買的 PAL 執照大多是在鄉村地區，且購買的數量也不多，預計未來將結合鄉村地區的 PAL 執照以及先前取得的 T-Mobile 都會區網路資源，快速擴大行動網路涵蓋。

- 滿足垂直領域整合運用及專網需求

根據拍賣結果分析，另有非傳統電信業者投入譜頻購買，這些企業關心的重點是，能否建立涵蓋其營運範圍的物聯網網路或是企業專網網路，例如，伊利諾伊州的農機設備業者迪爾公司（Deere & Company）表示，預計將標得的 PAL 執照用於工廠智慧製造及智慧農業服務；德州農工大學，購買 PAL 執照的主要用途為優化校園網路通訊。

- 區域型服務業者獲得較低成本的頻譜資源

區域型電信業者或有線電視系統業者也是此次主要買家之一，本次拍賣將地理區域切割成較小的郡（county），對於資金較少的區域型業者，可以以較低成本獲取頻譜。未來，這些業者也可結合 GAA 頻段，提供更多的頻寬給用戶使用。

(五) SAS 平臺的 PAL 頻譜存取服務

PAL 頻譜拍賣於 2020 年 8 月 25 日結束後，FCC 正在構建 PAL 頻譜存取服務，預計將以無線創新論壇（WInnForum）定義的規範，WINNF-TS-0245 V1.0.0 Priority Access License（PAL） Database，建立一個 PAL 資料庫，所有 SAS 管理者都將使用該資料庫來管理 PAL 資料。此外，FCC 也正在著手進行 PAL 頻譜租賃流程的管理資料庫相關規範。

SAS 管理者應依據 FCC PAL 頻譜拍賣的結果和其他後續會影響 PAL 頻譜的活動（包含但不限於，發行、終止或出售），更新 PAL 資料庫，並將 PAL 頻譜資訊發佈給擁有使用 CBRS 執照的被許可人。相關 PAL 資料庫管理的存取服務說明如下：

1. PAL 頻譜拍賣結果

WINNF-TS-0245 V1.0.0 規範定義 FCC 發出 PAL 的最終拍賣正式結果，包括有關被許可人，PAL 的地理區域以及對 FCC 頻道標識引用的訊息。使用字母「A」至「 G」或 FCC 使用的其他名稱，代表使用未指定的 10 MHz 頻道頻寬的權利。對於任何特定地理區域，最多可以發布七個 PAL 頻道。這些授權都將用於反覆的分配過程。

2. PAL 通道分配：

所有 SAS 平臺必須為行使 PAL 權利的 CBSD 使用相同的穩定頻道分配。進行此類頻道分配的過程仍在研究中，並且應優先考慮將普查區中每個許可的 PAL 映射到 10 MHz 頻譜頻道，以保護 PAL CBSD 免於被其他 PAL CBSD 或 GAA CBSD 干擾。所分配的 PAL 頻道，應使來自 FSS 等既有接取使用者的損害降到最低。

3. PAL 資料庫的使用：

SAS 管理者應確保每天將自己的 SAS 系統與 PAL 資料庫同步。SAS 管理者應確認 PAL 資料庫在每個 PAL 保護區（PAL Protection Area, PPA）註冊過程中對相關執照區域的 PAL 頻譜持有者權利進行驗證，並保持一致。

4. PAL 的租賃活動管理：

FCC 建立了輕觸式租賃原則來管理頻段的使用，這使 PAL 持有人可以非常有效率地使用頻譜，因此在 SAS 平臺資料庫中也需要管理 PAL 頻譜的租賃活動。相關的管理機制 FCC 正在研究開發中。

第二節　英國

一、 政策法規

英國近年無線電頻率管制朝頻率分享之授權方向發展，且持續討論開放共享之頻段與方式。Ofcom 早於 2015 年 7 月 31 日提出「頻譜共享架構」（A framework for spectrum sharing）之諮詢，就推動頻譜共享之策略與選擇提出看法，其後於 2016 年 4 月 14 日發布聲明（statement），確立了未來頻譜共享之評估架構。該架構可系統性地考量 Ofcom 所需扮演的角色與頻譜使用的最佳化，並且在定義新的頻譜授權時，能符合新的需求。而評估架構的目標在確保頻譜的供應可滿足既有及新的需求，儘可能充分利用資源，並促進創新服務與新業者進入市場。

Ofcom 說明，頻譜共享架構有三個要素，一是頻段使用特性，包含既有使用者與潛在共享者，以識別共享機會及相關共享工具；

二是可能限制共享程度的阻礙；三是可促進頻譜共享的監管工具，以及市場面或技術面的解決方案。Ofcom 針對利益相關者（stakeholders）所關切的議題提出說明，例如國際協調、共享成本及頻譜使用費；Ofcom 也補充一些新的看法，如層級式的共享模式、頻譜感測技術、共享形式與既有執照的關連性等。

在頻段使用特性方面，Ofcom 前於諮詢文件當中將頻譜使用特性如涵蓋率、技術標準等考量因素整理成清單，並在聲明文件補充若干特性因素，如使用密度、規模與國際協調狀況等。在頻譜共享可能遭遇的阻礙方面，Ofcom 強調將持續解決已提出之四種類型障礙，包含資訊可用性、市場障礙、技術挑戰及許可限制。最後在促進頻譜共享的機制方面，Ofcom 將就技術面持續強化各種可能的新解決方案，例如頻譜感測、地理資料庫的增強，以及在規範面考慮層級式的許可與管理機制，交叉運用使用者之間的優先權、執照與免執照方式，以平衡既有使用與共享使用的利益。

2018 年 12 月 18 日，Ofcom 提出「創造創新機會－行動通訊科技可用之頻率分享」（Enabling oppor tunities for innovation: Shared access to spectrum supporting mobile technology）諮詢書，並於 2019 年 7 月 25 日公布「以地方執照創造無線創新：行動技術之頻譜使用共享」（Enabling wireless innovation through local licensing : Shared access to spectrum supporting mobile technology）政策文件，正式開放「共享接取 (shared access)」及「區域接取 (local access)」兩項適用於頻譜共享使用的執照新制，期望提供潛在使用者以簡化程序向 Ofcom 申請使用此部分頻率。

Ofcom 亦表示，將以實現全自動化的動態頻譜指配作法為目標，由於設備需先連接到集中式資料庫，資料庫自動根據時段和位置的可用性指配使用頻率，將可促進更有效的共享接取。Ofcom 希望與業界展開合作，並鼓勵開發具備頻率敏捷 (agile) 功能的設備。

(一) 以「共享接取執照」規範之非行動頻段共享

在非用於行動網路的頻段方面，第一個共享頻段之頻率範圍為3.8-4.2GHz，該頻段目前用於衛星地面站（Satellite Earth Stations）、點對點式固定連結（point to point fixed links）、固網無線接取（fixed wireless access, FWA）。Ofcom 認為此頻段可用於私有網路，可供各行業於業務上導入自動化流程，亦可廣泛用於物聯網，且3.8-4.2GHz 與已確定規劃為歐洲 5G 頻段的 3.4-3.8GHz 相鄰。目前此頻段規劃仍維持先申請先使用之原則，因此既有使用者仍保有原執照所賦予之權利。

第二個共享頻段提供 2x3.3MHz 頻寬之成對頻塊，其頻率範圍為1781.7-1785MHz 與 1876.7-1880MHz，目前已發放 12 張可共享頻率之併存移轉（Concurrent Spectrum Access, CSA）執照。Ofcom 規劃擴大此頻段之共享與使用範圍，因此頻段已可支援行動通訊之 2G 或 4G 技術，包括語音、訊息與低速率之應用服務；是故，此頻段除可立即使用之外，亦可用於擴充鄉村地區及建築之行動服務之涵蓋率，或用於私部門或私人行動網路。

第三個共享頻段之頻率範圍為 2390-2400MHz，目前由英國國防部（Ministry of Defence, MOD）使用於空對空（air to air ）及空對地（air to ground）遙測系統。此頻段亦適用於 4G 行動網路及手持裝置，因此應與 1800MHz 採相同模式，以擴大應用範疇。

(二) 以「區域接取執照」規範之行動頻段共享

就行動網路業者（Mobile Network Operator, MNO）已取得全國性執照的頻段 (800 MHz、900 MHz、1400 MHz、1800 MHz、1900 MHz、2100 MHz、2300 MHz、2600 MHz 及 3.4 GHz)，由於 MNO 未就執照所涵蓋之區域全部完成基站布建與運作，所以會在一些地方產生空閒頻譜可供協調使用。藉由開放共享，可由不同部門、單位

加速布建地方性網路，例如工業用戶或企業用戶，而非以提供全國性的行動寬頻服務為目的。英國頻譜交易規則目前僅允許行動頻譜交易，尚未允許行動頻譜進行出租出借。實際上 MNO 亦傾向以頻譜交易進行權利移轉，而非共享接取權利。因此，Ofcom 開放現階段頻譜交易管制所及之行動頻段，皆可以「區域接取執照」進行頻譜共享。

二、 執照類型、效期與費用

「共享接取執照」採先申請先使用原則，由業者向 Ofcom 提出特定地區之頻率執照申請，Ofcom 將於收受申請後檢視申請人提供服務之相關參數，評估與其他執照人間之干擾狀況。除前述三個共享頻段外，「共享接取執照」亦適用於 24.25-26.5 GHz 頻段。依據允許的設備功率大小，業者得申請本地接取為主的低功率執照（區域執照），以及用於更長距離接取的中功率執照（基站執照）。

在執照年費方面，低功率執照將依區域收取，中功率執照則依每個基站計費；2390-2400 MHz 及 3.8-4.2 GHz 頻段將以每 10 MHz 頻寬計收 80 英鎊，1800MHz 頻段 (2x3.3 MHz 頻寬) 同樣計收 80 英鎊。24.25-26.5 GHz 僅限室內使用，無論申請 50 MHz、100 MHz 或 200 MHz 使用頻寬，均採每執照 320 英鎊計收。3.8-4.2 GHz 頻段執照條件中並加註 Ofcom 得要求傳輸設備變更所使用之頻率；發照後六個月內若未開始使用或其後中止使用，Ofcom 將於通知後一個月撤銷該執照。

此三頻段之共享執照亦可適用英國之頻率交易規定，且雖然頻率交易可將共享權利讓予第三方，但大部分頻率交易往往涉及雙方權利移轉，且可能係為公司間進行資產移轉時而交易頻譜或數個使者對於頻譜屬於共同持有狀態。是故，Ofcom 同意持照者得經由直接移轉或併存移轉之方式移轉其頻譜權利，但不得以任何形式進行

部分移轉。有關於頻譜共享之移轉，Ofcom 已規劃將擬定草案以俾利業者之移轉協商。

「區域接取執照」之申請除進行干擾評估外，Ofcom 也將向與該頻段有關之 MNO 詢求是否同意共享頻率，如 MNO 之拒絕理由合理者，則申請將被否決，例如 MNO 就受申請標的已規劃於未來三年內使用，或提出有造成干擾之虞之證明。由此可知，提出共享申請之先決條件，仍先以既有 MNO 持照者之使用規劃、使用狀態、相關布建等因素為優先考量，並非新業者所提出之共享申請皆全數核准。

在執照效期與年費方面，「區域接取執照」將僅得申請一個地區或區域使用，而執照效期原則上為三年，並將視具體情況縮短或延長，且此執照可作為全部移轉或全部併存移轉予另其他業者之標的。取得此項執照之業者須支付一次性執照 950 英鎊。新業者申請共享後，所使用技術並不限於與既有執照業者相同，且技術條件將依個案決定，Ofcom 亦預期多數使用者將採用既有行動技術，設備也將與既有執照業者之性質相類似。

三、 技術條件

Ofcom 決議三個共享頻段之技術條件應遵循技術中立原則，亦即，於共享執照下應遵守歐盟執委會（European Commission, EC）與電子通訊委員會（Electronic Communications C ommittee, ECC）所定之技術中立條件。為避免干擾情事發生，Ofcom 建議先就二事項進行協調，一是針對同一頻段內之新進使用者與既有持照者進行協調，但不與相鄰頻段之使用人進行協調，二是針對共享頻段中，新使用者與既有持照者可能彼此干擾的潛在指配使用者需受協調。

針對三個頻段之技術條件，Ofcom 於報告書中提出五項要素。包括授權頻寬、室外天線位置、基站最大功率（等向發射功率）

（Equivalent Isotropically Radiated Power, EIRP）、終端站最大功率、與訊框結構要求等。

表 9 及表 10 總結了有關共享接取頻段的中低功率技術許可條件的決定。表 11 至表 15 列出了每個共享接取頻段在允許信道之外的基站發射限值以及 1800 MHz 共享頻譜內的基站發射限值。表 13 當中，最大平均功率與特定無線電設備的 EIRP 有關，與發射天線的數量無關；Pmax 是所討論基站的最大平均載波功率。此外，在 3.8-4.2GHz 頻段之外的任何頻率上從無線電設備傳輸發出的 EIRP，均不得超過表 15 所附加的頻段邊緣要求 (band edge requirements)。

表 9-低功率共享接取執照之技術許可條件 (英國)

Parameters	Bands		
	3.8-4.2 GHz	*1800 MHz shared spectrum*	*2300 MHz shared spectrum*
Permitted deployment	Indoor and outdoor *Outdoor antenna system limited to 10 metres height above ground*		*Initially likely to be widely available for indoor only*
Authorised bandwidth	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 and 100 MHz (actual frequency range provided by Ofcom)	A paired 2 x 3.3 MHz	10 MHz
Maximum base station power (EIRP)	24 dBm / carrier for carriers ≤ 20 MHz; or 18 dBm / 5 MHz for carriers > 20 MHz	24 dBm / carrier (up to 3 MHz)[52]	24 dBm / carrier (up to 10 MHz)
Maximum terminal station power:			
For mobile/ nomadic	28 dBm[53] TRP	23 dBm TRP	25 dBm[53] TRP
For fixed/ installed	28 dBm[53] EIRP	23 dBm EIRP	25 dBm[53] EIRP
Frame structure requirements	Not applicable	Not applicable	3:1 structure for all outdoor deployments

資料來源：Ofcom

表 10-中功率共享接取執照之技術許可條件 (英國)

Parameters	Bands		
	3.8-4.2 GHz	*1800 MHz shared spectrum*	*2300 MHz shared spectrum*
Permitted deployment	Rural areas	Rural areas *Outdoor antenna systems limited to 10 metres height above ground* *Initially limited availability in the 2300 MHz shared spectrum*	
Authorised bandwidth	10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 and 100 MHz (actual frequency range provided by Ofcom)	A paired 2 x 3.3 MHz	10 MHz
Maximum base station power (EIRP) per sector	42 dBm / carrier for carriers ≤20 MHz; *or* 36 dBm/5 MHz for carriers > 20 MHz	42 dBm / carrier (up to 3 MHz)[54]	42 dBm / carrier (up to 10 MHz)
Maximum terminal station power			
For mobile/ nomadic	28 dBm[55] TRP	23 dBm TRP	25 dBm[55] TRP
For fixed/ installed	28 dBm[55] TRP and 35 dBm/5 MHz EIRP	23 dBm EIRP	25 dBm[55] EIRP
Frame structure requirements	Not applicable	Not applicable	3:1 structure for all deployments

資料來源：Ofcom

表 11-1800MHz 共享頻段基站之帶內發射限制 (英國)

Frequency offset from the lower frequency of the band edge	Maximum mean EIRP density	
	Low Power	*Medium Power*
0 to 0.05 MHz	-33.6 + 153.3 x Δ_{FL}* dBm / kHz	-33.6 + 153.3 x Δ_{FL}* dBm / kHz
0.05 to 0.1 MHz	-26 + 60 x (Δ_{FL}*- 0.05) dBm / kHz	-26 + 60 x (Δ_{FL}*- 0.05) dBm / kHz
0.1 to 0.2 MHz	-23 + 230 x (Δ_{FL}*- 0.1) dBm / kHz	-23 + 300 x (Δ_{FL}*- 0.1) dBm / kHz
0.2 to 3.2 MHz	24 dBm / carrier	42 dBm / carrier
3.2 to 3.3 MHz	-23 + 230 x (3.3 - Δ_{FL}*) dBm / kHz	-23 + 300 x (3.3 - Δ_{FL}*) dBm / kHz

* Note: Δ_{FL} in MHz is the offset from the lower edge of the permitted frequency band at 1876.7 MHz (it has values in the range 0 to +0.2 MHz and +3.2 to +3.3MHz)

資料來源：Ofcom

表 12-1800MHz 共享頻段基站之帶外發射限制 (英國)

Frequency offset from the lower frequency of the band edge	Maximum mean EIRP density
-6.2 to -3.2 MHz	-55 dBm / kHz
-3.2 to 0 MHz	-45 + 10 x (Δ_{FL}*+ 0.2)/3 dBm / kHz[57]
Frequency offset from the upper frequency of the band edge	**Maximum mean EIRP density**
0 to 0.05 MHz	-23 - 60 x Δ_{FH}* dBm / kHz
0.05 to 0.1 MHz	-26 - 153.3 x (Δ_{FH}* - 0.05) dBm / kHz
0.1 to 2.8 MHz	-45 - 10 x (Δ_{FH}* + 0.2)/3 dBm / kHz[57]
2.8 to 5.8 MHz	-55 dBm dBm / kHz

* Note: Δ_{FL} in MHz is the offset from the lower edge of the permitted frequency band at 1876.7 MHz (it has values in the range -3.2 to 0 MHz)
Δ_{FH} in MHz is the offset from the upper edge of the permitted frequency band at 1880 MHz (it has values in the range 0 to 2.8 MHz)

資料來源：Ofcom

表 13-2300MHz 共享頻段基站之 OOBE 限制 (英國)

Frequency	Maximum mean EIRP density
2385 to 2390 MHz 2400 to 2403 MHz	(Pmax - 40) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
2300 to 2385 MHz	(Pmax - 43) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
Above 2403 MHz	
24 dBm < Pmax ≤ 42 dBm	(Pmax - 41) dBm / 5 MHz EIRP*
Pmax ≤ 24 dBm	-17 dBm / 5 MHz EIRP*

資料來源：Ofcom

表 14-3.8-4.2 GHz 共享頻段鄰頻基站最大功率 (英國)

Frequency offset	Maximum mean EIRP density
-5 to 0 MHz offset from lower channel edge 0 to 5 MHz offset from upper channel edge	(Pmax - 40) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
-10 to -5 MHz offset from lower channel edge 5 to 10 MHz offset from upper channel edge	(Pmax - 43) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
< -10 MHz offset from lower channel edge > 10 MHz offset from upper channel edge	(Pmax - 43) dBm / 5 MHz EIRP per antenna

資料來源：Ofcom

表 15-英國低功率共享接取執照之技術許可條件

Frequency	Maximum mean EIRP density
3795 MHz-3800 MHz 4200 MHz-4205 MHz	(Pmax - 40) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
3760 MHz-3795 MHz 4205 MHz-4240 MHz	(Pmax - 43) dBm / 5 MHz EIRP per antenna
Below 3760 MHz Above 4240 MHz	-2 dBm / 5 MHz EIRP per antenna

資料來源：Ofcom

第三節　各國 6 GHz 頻段開放與技術規範

一、 美國

美國 FCC 於 2020 年 4 月 23 日正式通過在 6 GHz 頻段提供 1200 MHz 頻寬的免執照使用，本次開放的使用頻率範圍為 5925 MHz 至 7125 MHz。FCC 表示，預計 2022 年全球將有 60%的行動數據流量會由 Wi-Fi 承載。隨著 6 GHz 頻段開放，大幅增加 Wi-Fi 頻寬，不僅能夠為消費者和創新者帶來巨大的利益，還將進一步提升國家網路容量。

為確保在 6GHz 頻段運行的設備能和諧共存，且不會對頻段內主要使用者造成妨害性干擾，FCC 在技術規範上定義了兩種設備類別：

標準功率站台 (Stardard Power Access Points)

標準功率站台和連接的客戶端能夠在分配的頻段（U-NII 5 & U-NII 7）上享受多達四個各 160 MHz 頻寬的信號通道。

- 功率 (Power)

  與 5 GHz 頻段（U-NII 1 和 U-NII 3）的功率要求一致，最大 EIRP 為 36 dBm，功率頻譜密度（Power Spectrum Desity, PSD）為 23 dBm / MHz。定義此功率等級，以使最高頻譜密度確定的最大功率出現在 20 MHz 通道上，而所有其他通道寬度均以較低的 PSD 運行，以滿足最大 EIRP 要求。

- 工作頻段 (Operating bands)

  可以在室內或室外使用，但只能在 U-NII 5 和 U-NII 7 頻段中工作。禁止在 U-NII 6 和 U-NII 8 頻段運行，以保護現有的行動服務（廣播輔助服務和有線電視中繼服務）。

- AFC (Automated Frequency Control)

  為了保護 U-NII 5 和 U-NII 7 中的現有固定微波服務，只能在自動頻率協調（AFC）系統的控制下運行。AFC 系統負責提供可用頻率列表，在此頻率下，Access Point (AP) 可以安全運行而不會干擾現有的固定微波接收器。這可以通過讓 AP 連接到基於雲端服務 (cloud based) 的 AFC 資料庫以報告其位置來完成，而 AFC 資料庫又可以分析對既有使用者的干擾風險，並為 AP 分配特定的信號通道。

  AFC 系統可設置禁制區（exclusion zone），並訂定干擾保護標準（Interference protection criterion）採雜訊比（I/N ratio）為 -6 dB I/N。AFC 系統透過計算傳播模型（Propagation Model），決定禁制區之大小，以自由空間路徑損失模式（free space pathloss model）評估，間隔距離 30 公尺為可行間隔距離。

- 客戶端設備 (client device)

  連接的客戶端需要以最大 30 dBm EIRP 和 17 dBm / MHz EIRP 最大 PSD 進行操作，AP 和客戶端之間的功率不對稱（6 dB）旨在防止客戶端操作距離接取點太遠。客戶端不需要連接到 AFC 系統，但是它們只能在 AP 通信的頻率上運行。在客戶端接收到來自 AP 的傳輸之前，將不允許客戶端發送探測請求(probe requests)，並且只能以相同的頻率發送探測請求。

- 通道寬度 (channel width)

  儘管當前的 802.11ax 標準僅支持最高 160 MHz 的通道寬度，但該規範允許標準功率 AP 最高運行 320 MHz 的通道寬度，從而為下一代 Wi-Fi（802.11be 標準）奠定了基礎。

低功率站台 (Low Power Access Points)

低功率站台只能在室內低功率下運行，並且必須實現基於競爭的協議 (contention based protocol)。

- 功率

  允許達到 30 dBm 的最大 EIRP 和 5 dBm / MHz PSD，為既能保護現有服務免受妨害性干擾，並為 Wi-Fi 設備提供足夠功率的折衷方案。與標準功率站台不同，低功率站台的功率定義為刺激出更寬的通道佈署應用，因為對於 320 MHz 信號通道，達到了滿足最大 PSD 標準的最大 EIRP。

- 室內操作 (Indoor operation)

  為了防止使用者將低功率 AP 移至戶外使用，將需要採取以下預防措施。這些設備將沒有防風雨的外殼，它們將不能僅依靠電池供電，並且將具有整合天線(integrated antenna)，從而無法安裝外部天線。

- 基於競爭的協議 (Contention based protocol)

  為了公平的網路語音數據共享(air-time sharing)，FCC 要求實施基於競爭的機制。IEEE 802.11 CSMA / CA（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA）載波偵測多重存取/碰撞避免機制通過僅在信號通道空閒時才允許傳輸來提供中等接取公平性(medium access faireness)。低功率 AP 及其關聯的客戶端設備將需要使用此機制。

- 客戶端設備 (client devices)

連接到低功率 AP 的客戶端設備最大 EIPD 限制為 24 dBm，最大 PSD 為 -1 dBm / MHz。AP 與客戶端設備之間的功率不對稱性（6 dB）旨在防止客戶端設備操作距離接取點太遠。

- 網狀和擴展器 (Mesh and Extenders)

  由於這些設備旨在協同工作，因此它們將被允許在與低功率 AP 相同的功率級別下運行。他們必須在功率、室內操作和競爭方面遵循相同的要求。

- 通道寬度 (Channel width)

  儘管當前的 802.11ax 標準僅支持最大 160 MHz 的通道寬度，但該規則允許低功率 AP 最高可運行 320 MHz 的通道寬度，從而為下一代 802.11be 標準 Wi-Fi 奠定了基礎。

有關 FCC 對 6 GHz 頻段開放政策之詳細說明，請參閱附錄十。

二、 英國

頻譜提供的無線電波支持大眾和企業每天使用的無線上網服務，包括 Wi-Fi。英國通訊傳播管理局（The Office of Communications, Ofcom）正在審查針對無授權頻譜的現有法規，以滿足未來的需求，解決現有的網路慢速和擁塞問題，並啟用新的創新應用。英國的大眾和企業越來越多地使用 Wi-Fi 支持日常活動，而新的應用程序推動了對更快、更可靠 Wi-Fi 服務的需求。為了滿足不斷增長的需求，Ofcom 提議增加 Wi-Fi 和其他相關無線技術的可用頻譜數量，並取消當前適用的某些技術條件。

Wi-Fi 的使用正在增長，這是由於已連接設備的數量不斷增加以及創新應用，例如增強現實（Augmented Reality, AR），虛擬現實（Virtual Reality, VR）和超高定義視訊(Ultra High Definition Video)。

隨著客戶開始通過超快速和全光纖連接接取更快的寬頻，他們期望通過他們的Wi-Fi可以擁有更高的容量、更快的速度和更高的可靠性。這適用於住宅用途，也適用於商業用途和公共場所熱點。Wi-Fi 技術已經隨著時間的發展而向前推進，以更有效地利用頻譜，但是為了滿足這種不斷增長的需求，將需要更多且更寬的頻道。

Ofcom 於 2020 年 1 月 17 日進行公眾諮詢，同年 7 月 24 日發表聲明[7]，確立以下政策措施：

開放 5925 MHz 至 6425 MHz 供 Wi-Fi 使用

極低功率（very low power, VLP）站台可在戶外使用。根據已進行的技術分析，對於室內 250mW 的和室外 25mW 的 Wi-Fi 使用，可以與現有使用者（固定鏈接和衛星用戶）共享頻段，而不會對既有使用者造成妨害性干擾。

移除 5725 MHz 至 5850 MHz 使用通道須具備 DFS 的規定

DFS（Dynamic Frequency Selection）機制需要 Wi-Fi 路由器掃描並在檢測到雷達傳輸訊號時切換頻道。因此，DFS 機制對設備製造商構成限制，並導致Wi-Fi使用者的連接延遲。由於英國是目前唯一對 5.8 GHz（5725-5850 MHz）頻段實施 DFS 要求的國家，限制了該頻段在英國的使用。修改並刪除此項技術要求可以增加室內 Wi-Fi 接取 5.8 GHz 頻段，減少其他 Wi-Fi 頻段的擁塞。

Ofcom 對 6GHz 頻段開放政策之詳細說明，請參閱附錄十一。

[7] 英國 Ofcom，Statement: Improving spectrum access for wifi – spectrum use in the 5 and 6 GHz bands，2020/07，https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/improving-spectrum-access-for-wi-fi (最後瀏覽日期：2021 年 1 月 29 日)

三、 韓國

韓國科技部（Ministry of Science and ICT, MSIT）在 2020 年 6 月 25 日至 8 月 24 日期間就提供 5925 MHz 至 7125 MHz、共 1200 MHz 頻寬為免執照頻率，並對修訂相關技術規範進行諮詢[8]，其後於同年 10 月 15 日發布決定[9]，確立以下政策措施：

- 發射功率在 250mW 以下的設備，可在室內環境下免費使用整個 6GHz 頻段（即，5925-7125 MHz）。
- 以網路分享（Tethering）提供其他設備連線上網的應用型態，雖不限於室內或戶外，但目前只能使用 5925-6445 MHz、共 520 MHz 頻寬。

第四節　其它國家發展動態

一、 澳洲

由於行動通訊外在環境的快速變遷與演化，新技術和新服務不斷湧現，有效因應頻譜需求及安排公平合理頻譜接取的監理工作也日益複雜。自 2009 年起，澳洲通訊與媒體管理局（The Australian Communications and Media Authority, ACMA）持續每年發布「五年

[8] 韓國 MSIT，2020/06，https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=2941487（最後瀏覽日：2021 年 1 月 29 日）

[9] 韓國 MSIT，2020/10，https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3140715（最後瀏覽日：2021 年 1 月 29 日）

頻譜展望 (Five-year Spectrum Outlook)」文件更新，並歡迎業界隨時建言，以反映市場需求及決定頻譜管理議題的處理優先順序。

2019 年 8 月，ACMA 發布一份名為「頻譜共享：概述和新作法」的討論文件。該文件指出，頻譜共享被視為有效頻譜管理的基本組成部分，同時也是利用頻譜資源創造最大利益的關鍵工具。2019 年 10 月 2 日發布「五年頻譜展望 2020-24」文件更新當中，ACMA 則進一步闡述頻譜共享是有效頻譜管理的基礎，也是透過使用頻譜資源實現利益最大化的關鍵工具。

澳洲無線電頻率使用執照有三類：頻譜執照（Spectrum Licence）、設備執照（Apparatus Licence）和類別執照（Class Licence）。ACMA 認為，現今頻譜管理機制中已存在不同形式的頻譜共享接取。以澳洲為例，傳統的頻譜共享方式即包括：

- 非協調性接取

  意指經具特定使用條件的類別執照（Class License），該執照項目所規範的設備，被授權在相同條件的基礎上使用限定的共用頻率範圍，使用此類設備無須登記，亦無任何執照相關費用。例如，澳洲在 2017 年開放 5.9GHz 頻段並為其增訂之「無線通訊（智慧型運輸系統）類別執照」（Radiocommunications (Intelligent Transport Systems) Class Licence 2017）及應遵循之技術標準（Radiocommunications (Intelligent Transport Systems) Standard 2018）。

- 協調接取

  意指監理機關優化頻譜釋照及指配架構，充分利用可使用之頻率範圍、地理空間、時間等條件，來滿足多種使用者

需求。此部分可分別由設備執照（Apparatus Licence）或頻譜執照（Spectrum Licence）進行管理。

另一方面，頻譜共享創新的概念源自於技術不斷發展及頻譜稀缺所帶來的壓力。在許多非傳統性的頻譜共享方式中，其關鍵概念在於如何善用頻譜實際使用訊息，而非僅使用存放在資料庫中的頻譜或設備執照資訊。例如，共享頻譜接取設備或共享頻譜管理系統必須具備對周遭無線電頻率環境進行觀測和評估的能力，以能夠即時察覺環境變化並及時作出正確反應。

新型態的共享技術常被稱作為動態頻譜接取（Dynamic Spectrum Access, DSA）。儘管有不同的機制或名稱，但都根源於利用既有使用者基於時間的頻譜占用變化，允許其他使用者在空間及時間條件下找尋未被使用的頻譜以進行接取。因此，新的頻譜共享方式多以層級化的流程建立和運行管理為主；各個層級的頻譜接取條件越明確，就越有利於使用者評估所提供的接取權限是否適合其需求。

與許多國家頻譜管理者一樣，ACMA 實施了一系列頻譜共用方法，最大限度地利用頻譜以帶來整體公共利益。ACMA 指出，與所有形式的資源共享一樣，頻譜共享需要在多個頻譜使用（即服務或應用）和接取共享頻譜的使用者（個別持照者）之間進行一定程度的折衷。

ACMA 指出，在傳統上，頻譜共享主要側重於建立通過固定地理和頻譜邊界定義的共存安排的靜態方法。最近，已經開發出新的技術和技術，使得頻譜共享的新方法更加可行。這些包括動態共享方法，有時統稱為動態頻譜接取（Dynamic Spectrum Access，DSA）或動態頻譜管理。這些技術通常利用頻譜使用者對頻譜使用的基於時間的變化 - 也就是說，一些頻譜使用者可能不會在所有地理區域中一直使用所有頻譜。

在實務上，DSA 依賴於分層接取方法，其中較低層級使用者動態地讓位給較高層級使用者。層級化使用權利的清晰度非常重要，因為它為每個使用者提供了關於頻譜接取條款的信心，從而可以評估此類接取作法是否適合各自的需求。

ACMA 同時認為，當使用者本質上是互補的情況下，分層共享最有效。例如，當一個使用者的使用是間歇性的（通常是頂層使用者）而較低層使用者可以接受在某些情況下他們需要停止操作一段時間。如果不能滿足這一條件，則需要足夠的頻譜以確保有足夠的清晰，未使用的頻譜可用於滿足所有使用者需求。如果沒有足夠可靠的頻譜接取，低層使用者不太可能投資昂貴的基礎設施。

迄今為止，DSA 實施受到限制，部分原因是技術限制，頻譜可用性因素和使用者期望。因此，尚未廣泛開發監管架構以促進通過 DSA 進行頻譜共享。然而，其他國家頻譜監管機構（例如，美國 FCC 和英國 Ofcom）已經提出或引入了若干 DSA 架構架構，並且這些方法現在正在增長。因此，ACMA 將繼續監督國際監管和技術發展，並在適當的時候調查和實施 DSA 安排等新的共享機會。ACMA 還了解共享的相關監管方法，例如許可的共享接取，並且正在監控可能促進更密集的頻譜共享的技術發展。

ACMA 另在 2019 年 8 月 28 日舉行頻譜優化（Spectrum turn-up）會議，就促進 DSA 技術及發展監理架構等事宜徵求業界和政府利害關係人的意見，其後於 2020 年 5 月發布諮詢結果。ACMA 共收到 23 份來自國防部、各主要產業（行動通訊、衛星通訊、廣播、無線網路服務供應商）及設備業者的回應意見。由於各方意見分歧，同時考量到應有足夠需求以證明政府及產業實施新形態頻譜共享的成本合理性，ACMA 決定藉由鼓勵實驗，繼續尋求有關作法具可行性的證據及實務操作方向。

此外，為了讓頻譜使用更加多元與創新，以回應科技與消費者之需求，ACMA 規劃於 26 GHz（24.7－27.5 GHz）及 28 GHz（27.5－29.5 GHz）等毫米波頻段中導入區域執照（Area-wide licensing, AWL）新制度於設備執照類型之中，該制度之內容包含：

- 區域內之發射機使用執照：此種執照可用於各種網路規模或地形，其性質乃服務或技術中立，只要符合相關頻段之要件，即可申請。
- 區域內接收之接收機執照：此種執照之目的是透過協調及登記，保護接收機提供者免受干擾。依此執照運行之無線電通訊設備只允許接收無線電通訊，不允許發送。

在設備登記上，ACMA 參考過去利害關係人之意見，表示只有在設備對其他設備存在干擾風險時，始需在運作前登記為 AWL。而減少登記設備之原因，係因與其他頻率之基站設備執照相比，其他基站設備執照之發放，乃基於特定地點之設備協調，而 AWL 則是授權一個或多個以上的無線電通訊設備，在一定頻率範圍與地理區域內進行，若發生干擾問題，將以執照之頻率與地理邊界管理，以確保該執照使用頻率在相鄰之區域內能與其他服務共存。ACMA 期待透過區域執照的設計，為執照業者提供較高的布建彈性，並將相鄰區域及其他無線電通訊設備之干擾風險降到最低。

ACMA 將使用澳洲頻譜地圖網格（The Australian spectrum map grid, ASMG）和網格單元識別架構（Hierarchical Cell Identification Scheme，HCIS）來定義執照之地理區域，以利執照區域準確的反應到申請者布建之區域，並最大程度的減少可能導致頻譜使用效率低下之邊界。

在實施 AWL 時，ACMA 將確保特定頻段內之相鄰頻段既有服務免受干擾，ACMA 並已提出許可條件及相關管理指南，除了可保護既有服務外，並可開放新使用者使用該頻段。

ACMA 已於 2020 年 9 月 23 日完成該執照與框架之公眾諮詢，在首輪申辦期間（11 月 4 日至 11 月 17 日）後，共核定通過 15 件申請案，其中並有多家衛星通訊業者在列，如 New Skyes Satellites / SES、O3B / SES、Starlink（SpaceX）及 Viasat 等。

二、 法國

法國頻率分享政策之發展，源自國家頻率局（Agence nationale des frequencies, ANFR）於 2016 年 12 月受時任法國數位與新創部長 Axelle Lemaire 委託，為頻率管理與其應用發展擬訂新型頻率戰略規劃，其目標為促進相關頻率公共管理措施透明化，並協助經濟與政治決策者更了解相關政策之利益得失考量。此外，為提升對於未來頻率需求之準確性與鼓勵相關利害關係人發聲，ANFR 透過架設網站做為徵求公眾諮詢之平台。雖然此諮詢結果隨著 Lemaire 於 2017 年 2 月請辭而未有接續之公開成果，但在其諮詢網站上仍存有頻率分享之相關提案，請參見以下說明。

該提案先行解釋頻率分享即為某些服務可在相同頻帶上共存，但並不會產生相互干擾。以地理間隔維度為例，例如將 A 服務佈署於一特定地理位置，在同頻帶上亦可佈署 B 服務，僅需具有一定地理距離之區隔。該諮詢網站亦指出頻率分享中的地理鄰近性（proximité）在某種程度上亦可被接受，例如當兩種服務採間歇式發送或由選擇式天線（antennes sélectives）所保護，可以平行於地面的定向無線電波束和沿垂直方向提供的衛星服務為例。

另一種共享例子則需依靠資料庫及地理定位的技術。在此情境下，資料庫會根據鄰近區域內受保護的主要使用者發出頻率使用需求時，通知處於次級順位的頻率使用者進行回應頻率需求，進而讓出使用中的頻率。此種應用則以英國及美國在 TVWS 開放低功率通信設備（équipements de communication de faible puissance ）為例。

提案中亦指出，在過去十年左右的時間，頻率分享雖在技術上取得進展，例如可探測到頻率使用者發出的頻段保護需求、布建動態頻率選擇系統於未使用的免執照頻段。共享所衍生出的相關應用包括在 5GHz 開放雷達與 Wi-Fi 共享頻率，但其亦展現出一定的技術限制，例如氣象雷達遭到 Wi-Fi 裝置長期性的干擾，起因於氣象雷達所運用的波型未能被 Wi-Fi 裝置所探測到。此外，若參與共享的消費性電子裝置因追求更穩定的頻率使用成效，而任由相關專家竄改裝置內設置，如關閉某些特定的頻率保護設置，造成該儀器並未合規，亦會影響其他共享頻率使用者的權益，進而破壞整體共享的效率。

儘管共享的進展未如預期的蓬勃發展，此類增進頻率效率的應用仍引起監管機關一定程度的興趣。鑒於共享規則的設置上有極高程度取決於特定頻段內預計的主要和次級使用者性質，ANFR 已就如何提高頻率分享資料庫之可靠性、及每個頻段的特徵性進行相關了解及研究。例如 ANFR 協助發展 LSA 概念，其目標為在個別授權機制下，藉由頻率資料庫及地理定位的方式，應用動態頻率管理方式推動頻率分享。鑒於目前相關研究，ANFR 於公眾諮詢網站上對於頻率分享應用提出三個建議方案如下：

- ANFR 將協助開發基於地理定位與資料庫的解決方案，特別持續改善資料庫的可信度，以準備其將來可運用於頻率分享之管理。
- ANFR 將藉由取得及應用固定衛星服務（ Fixed Satellite Service, FSS）的數據，以加強對於使用 17.7-19.7GHz 頻率範圍 FSS 地面站的保護。
- ANFR 將持續於 2.3-2.4GHz 頻率範圍，藉由 LSA 管理模式進行國防用途與行動網路的頻率分享實驗。

第五節　小結

綜合本章所整理的文獻可知，主要國家動態頻譜共享關連政策與創新應用演進當中，均朝向發展具備層級化管制架構之新興頻譜使用授權，期望能對 5G 創新服務與垂直應用之發展產生正面之效益。

美國 CBRS 頻段之規管架構、技術及市場歷經多年發展，此一帶有自動授權機制的動態共享正佈署在廣泛的美國國土與高度複雜的頻譜共享環境當中。已有多個彼此競爭的 SAS 管理者能夠為 GAA 及 PAL 商業使用者的 CBSD 設備提供即時的頻譜授權接取服務。由於美國海軍船艦在海上的位置屬於機敏資訊，因此由美國國防部批准的 ESC 系統將確定周遭是否存在海軍雷達訊號。一旦偵測到該等訊號，ESC 系統即會通知 SAS，後者立即將可能受到影響的商業使用者移轉到其他頻道或令其關閉。此種動態頻譜管理的作法具有很高的複雜性與重要性，以滿足對軍事行動的保護。

英國自 2016 年 4 月確立共享評估架構，其後在 2019 年 7 月發布頻譜共享執照新制。「共享接取執照」採先申請先使用原則，由業者向 Ofcom 提出特定地區之頻率執照申請，Ofcom 將於收受申請後檢視申請人提供服務之相關參數，評估與其他執照人間之干擾狀況。依據允許的設備功率大小，業者得申請本地接取為主的低功率執照（區域執照），以及用於更長距離接取的中功率執照（基站執照）。藉由「區域接取執照」開放共享，可由不同部門、單位加速布建地方性網路，例如工業用戶或企業用戶，而非以提供全國性的行動寬頻服務為目的。基於英國已有開放 TWVS 應用所累績之經驗，前述頻譜共享執照未來亦將朝向以資料庫自動化授權的方式演進。

澳洲無線電頻率使用執照有三類：頻譜執照、設備執照和類別執照。主管機關認為，現今頻譜管理機制中已存在不同形式的頻譜共享接取。例如，類別執照適用的設備，被授權在相同條件的基礎上使用限定的共用頻率範圍。經由設備執照或頻譜執照所指配的頻

率，則能夠充分利用可使用之頻率範圍、地理空間、時間等條件，來滿足多種使用者需求。另一方面，頻譜共享創新的概念源自於技術不斷發展及頻譜稀缺所帶來的壓力。在許多非傳統性的頻譜共享方式中，其關鍵概念在於如何善用頻譜實際使用訊息，而非僅使用存放在資料庫中的頻譜或設備執照資訊。例如，共享頻譜接取設備或共享頻譜管理系統必須具備對周遭無線電頻率環境進行觀測和評估的能力，以能夠即時察覺環境變化並及時作出正確反應。新型態頻譜共享方式多以層級化的流程建立和運行管理為主；各個層級的頻譜接取條件越明確，就越有利於使用者評估所提供的接取權限是否適合其需求。

儘管歐盟國家當中對於頻譜共享的進展未如預期的蓬勃發展，此類增進頻率效率的應用仍引起監管機關一定程度的興趣。鑒於共享規則的設置上有極高程度取決於特定頻段內預計的主要和次級使用者性質，法國已就如何提高頻率分享資料庫之可靠性、及每個頻段的特徵性進行相關了解及研究。

（本頁空白）

第四章　我國動態頻譜共享政策法規與監理機制研析

本章將團隊近年針對我國頻譜共享機制建立所作研究之文獻資料進行回顧；第一節針對法制環境建構與重要議題分析及第三節就所需規範建議之內容，主要改寫自 106 年度「我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究計畫」、108 年度「新世代通訊技術發展觀測與監理政策及規範之研究」、109 年度「我國無線電頻率使用授權與執照管理架構之調整研究委託研究採購案」等產出之研究報告（均已列於參考文獻）。

第一節　我國頻譜共享法制環境建構與重要議題分析

過去我國對於頻譜之規範，係以電信法為母法，在使用管理上與業務執照結合，並以審議制及拍賣制為頻譜釋出之主要方式；此外法規允許免執照使用，主要在於低功率射頻器材之管理。

電信管理法自實施後，已成為我國通訊業務與市場管制的主要法源。其中有關頻率管理架構部分為第 52 條至第 62 條，由頻率規劃、受理申請、頻率釋出、頻率核配至頻率回收，形成一個完整的頻率管理體系。

電信管理法於初期制訂時即已注意頻譜共享接取之需求。其中，免執照頻段之指定與開放規定於第 52 條第 6 項，不同類型無線電通信系統間之頻譜共享則規範於第 57 條；主管機關得考量頻率使用特性，核配 2 以上使用者共享頻率。

第 52 條、57 條均為授權性規範，依條文內容觀之，僅有基礎的法源授權基礎，尚須制訂一套完整的管理規則。第 52 條第 6 項依據國際趨勢指定開放免執照頻段，由於各國頻譜使用均需依據 ITU 協調分配，故我國依據國際趨勢發展而開放免執照頻段，符合國際規範亦對我國社會及產業有益。

而第 57 條規範內容依文意解釋，頻率使用之規劃與管理需經主管機關許可，頻譜之分配則考量無線電頻率使用特性、國家安全、技術可行性及市場競爭等，由主管機關依職權或申請核配確認。依據立法理由，該條之立法主要參酌歐盟 LSA 模式，由於頻率共享機制之主要精神在於共享需執照頻段，意即該頻率本即存在既有使用者，而該既有使用者應係依據管理法其他條文取得頻率使用執照（權）。

為了提升頻率使用效益，也讓業者之間有更多合作的可能性，電信管理法第 58 條允許電信事業以「頻率提供使用」及「頻率共用」的方式，使未擁有頻率使用權的電信事業也能有機會使用頻率，尤其對於新型態、新進電信事業而言，未必能負擔取得頻率的成本。

頻率出租的規範在各國電信法規大部分均有法源，但管制程度極低，甚至因為該國實務上沒有出現需求，例如德國沒有制定子法，或者如英國雖然有子法規定，但卻並未開放行動通訊頻率可以出租，最後整體來說，以美國的子法規範最為詳細。綜觀美國頻率出租子法的規範，主要著重於程序、義務以及責任的承擔，在義務上，係指類似普及服務或建設義務的承擔；在責任上，則是指發生干擾時，由誰向主管機關負責，主管機關的行政裁決對誰產生效力等。

第 58 條第一項及第三項規範了兩種頻率彈性使用模式，即「頻率提供使用」與「頻率共用」。在基本定義上，區分出三種使用者，分別為：

- 供給人，係指於頻率提供使用協議中，提供頻率之電信事業；
- 承用人，在頻率提供使用協議中，受提供頻率使用之電信事業；以及
- 在頻率共用協議的形式下，合作電信事業雙方均同時為承用人與供給人。

「提供使用」係指將頻率使用權在一定期間內提供給他人使用，監理重點在於將資源提供給他人使用後，對自身服務品質的影響；「共用」則係指他人與自己將各自持有之頻率使用權，協議全部或一部合併使用，監理重點則在於此種合作關係對於市場競爭的影響。

由於我國之前並無任何相關之監理政策以及實務經驗，後續仍有許多法規以外之政策或配套措施需加以輔助完成，方能完善我國頻譜共享機制之運作。本研究綜整各國發展經驗及前期計畫所作深度訪談所得意見，提出重要議題與發展建議如后。

一、 共享頻率使用者之範圍

共享頻率使用者範圍牽涉到管制之成本以及頻譜共享之效益，共享頻率使用者範圍越大，參與者越多，頻譜共享之效益也越大，但隨之產生的管制需求與可能之干擾處理，將考驗主管機關以及共享機制參與者。

在初期階段，共享頻率使用者之範圍僅限於已取得各類頻譜執照之電信業者（行動通訊業者），主因在於在頻譜利用上，行動通訊業者之技術能力、管理能力均相對較為充分，因此在監理上成本較低。此外，國際間頻譜共享機制發展的重點之一，在於補充行動寬頻的可用頻譜資源，在初期限制開放對象範圍亦可累積實務管理經驗。

而在本機制運作一段時間之後，行動通訊補充頻譜資源之需求已獲滿足，此時，為了更進一步提升頻譜使用效率，應逐漸開放共享頻率使用者之範圍，亦使更多的需頻譜的新興通訊服務可有效利用頻譜。

二、 頻譜既有使用者調查與可用性量測

頻譜共享機制之另一環節，在指定特定可開放之頻段，然而，特定頻段是否可提供共享使用，需先經過相對的評估程序，瞭解既有使用者之行為模式與可用頻譜資源之數量，此時必須透過技術量測之過程，評估共享頻率使用者可能受到的限制、既有使用者可能受到的干擾等問題，後續方可針對各個特定頻段，在既有之共享管理辦法之基礎上，制定特定、具體之保護措施，以逐步開放特定之頻段。

三、 依據不同頻段需求制定對應之保護規範

如前述，在評估、量測特定頻段之狀況後，參酌歐美主要國家之經驗，由於頻譜共享機制需保障既有使用者之權利，避免對既有使用者造成妨害性干擾，必須制定較為具體、細緻之保護規範，以促進既有、共享頻率使用者之和諧使用。

例如，美國 3.5 GHz 頻段之既有使用者為軍方雷達以及衛星，由於軍方設備較為敏感，因此美國在 3.5 GHz 頻段採取劃設禁制區的方式，並後續建立 ESC 環境感測能力等。我國也需針對我國特定頻段之既有使用者保護，制定保護措施與規範，為開放特定頻段做好準備。

四、 共享頻率資料庫之建立、驗證、維運及監督

頻譜共享機制之核心為共享頻率資料庫之建立，資料庫之實際建立需經過主管機關的監督與業者相互配合之運作，主管機關必須確認資料庫的運作符合要求，並建立後續驗證及維運監督之流程。

以我國法制而言，共享頻率資料庫擔任頻譜核配給共享頻率使用者之角色，性質近於公權力之行使，因此必須確保維運及監督的穩定，同時，依據我國運作政策，亦有可能指定某一業者作為主要資料庫，並開放其他業者參與。

五、 智慧多元化頻譜利用環境

在共享機制運作較為成熟之後，由於我國採匯流架構制定之電信管理法，增修了許多頻譜彈性使用之規範，除許可頻譜共享外，也許可業者間彼此出租、出借等，而業者亦可在契約協議之下，以頻譜共享機制作為其合意之履行輔助單位，而主管機關也可將更多頻譜管理之需求，納入資料庫之管理核心，未來，頻譜共享機制便可升級成為我國智慧多元頻譜管理之基礎。

第二節　無線電頻率使用管理辦法之制定

過去的電信法架構下，頻率使用管理之核心為「電波監理業務管理規則」，但因電信法以業務為管制主體，頻率附屬於業務，故各種不同用途之頻率使用管理，分散於各業務管理管理規則中。

在現今電信管理法架構下，頻率為獨立之管制主體，並賦予業者更多彈性使用之可能性，國家通訊傳播委員會針對頻率釋出、頻率核配、頻率提供使用及共用、頻率使用管理等四項子法配套需求，完成「無線電頻率使用管理辦法」，並於民國 109 年 7 月 2 日發布實施。

該辦法之頻率核配相關規定包括：第一章規範頻率使用證明之有效期間及其效力，並依頻率核配個案，載明於頻率使用證明；第二章為頻率使用管理事項，包含本法第 56 條之頻率核配程序，申請人向主管機關遞交申請文書，經主管機關審核後，即發給頻率使用

證明；第三章為電信事業頻率使用管理，為銜接本法第 54 條頻率釋出後之程序，申請人尚須通過本法第 37 條營運計畫審核，主管機關方可核發頻率使用證明；同時，由於頻率提供使用或共用、頻率改配等事項，均涉及電信事業營運計畫及網路設置計畫之變更，於本辦法亦明定，於變更前述文件後，向主管機關申請變更或核發頻率使用證明，以發揮頻率使用證明表彰頻率使用權狀況之功能。第四章為共享頻率使用管理，規範未來頻率共享機制之施行；第五章為無線電頻率干擾處理，第六章為附則。

基於調和電信法既有實務運作與電信管理法架構需求，該辦法第四章訂有共享頻率之管理原則、共享頻率資料庫管理機構之規範及應遵守事項。（第 24 條至第 28 條）。

第三節　我國頻譜共享機制所需之規範建議

在頻譜共享機制之建立上，法規面將由電信管理法第 57 條提供法源依據，復依照無線電頻率使用管理辦法為共享頻率使用管理所定之原則架構，辦理提供共享之使用頻率、共享頻率資料庫管理機構之資格條件及核准程序等公告。執行面則針對特定開放共享之頻段，需先經頻譜可用性之評估與量測，確認頻譜的使用條件，才能依據不同頻段進一步決定對既有使用者的保護措施與共享頻率使用者應配合之要求，其次，共享頻率資料庫將扮演機制運作之核心，故管理者的角色與管理政策、以及共享頻率使用者的規範等，均需加以研析。由於 TVWS 為較早期發展之機制，CBRS 與 LSA 均以其為基礎加以增強或改良，以下各項之分析將以 LSA 與 CBRS 為主。

一、 使用許可

歸納主要國家之執照管制模式目的可知，採取免執照規劃的主要目的在於促進新興服務的發展與偏遠地區服務；相對的，採取執

照管制的目的，則係對既有使用者有較佳保護，並維持共享頻率使用者一定程度的服務品質。而發展最早之空閒電視頻段（TVWS）以免執照共享接取使用為主，在法律定位上，美國、英國與新加坡均採類似低功率之設備規管作法，其原因在於 TVWS 主要利用空閒電視頻段與電視訊號未涵蓋區域；因此，其既有使用者（無線電視台）之站點及頻譜使用狀況可預測性高，對設備之功率、型態進行規範便已足夠。

而歐盟 LSA 則考量既有使用者之保護與服務品質，故 ECC 建議採取授予獨立使用權（執照）之原則；因此，LSA 機制為既有使用者與共享頻率使用者 2 層級，共享頻率使用者需取得許可執照。美國 CBRS 則採取三層級架構，其共享頻率使用者分為：優先執照（PAL）與一般許可接取（GAA）。PAL 雖具有優先權，但執照張數與可用頻譜數量皆有限制，保留相當的頻譜資源供一般許可之 GAA 使用，可說是兼顧既有使用者保護與促進新興服務之目的。

考量我國本身條件與法規狀況，本研究建議採取執照管制原則。首先，由主要國家共享機制之發展歷程觀察，其實均由免執照原則走向不同程度之執照管理原則；其次，我國國土範圍較小，採取執照管理較能限制共享頻率使用者之數量，可提升管理之效率；最後，執照門檻仍應盡可能降低，以促進新興服務之發展。

二、 機制運作流程

頻譜共享機制之運作流程，其主要功能在於可用頻譜資源之分配。因此機制之運作流程設計，均會涉及頻率使用之分配。TVWS 機制為最早發展之機制，由於其以免執照為基礎，並規範相當多的功率限制，故相當偏向設備規範，因此「共享頻率使用者」之角色並不顯著。而在此一概念之下，後續美國與歐盟分別發展出 CBRS 與 LSA 機制，對於共享頻率使用者才有了較為明確的規範。

歐盟 LSA 與美國 CBRS 在機制上的不同點，在於 LSA 分配給共享頻率使用者特定的頻段，當既有使用者開始使用其頻段時，共享頻率使用者便須關閉其服務，不可干擾既有使用者。而 CBRS 則以頻譜接取系統（SAS）進行頻譜動態分配，當既有使用者開始使用其頻段時，由 SAS 系統另外分配可用頻率範圍給共享頻率使用者，CBRS 的共享頻率使用者所提供之服務，較具有穩定性。換言之，LSA 機制之角色，為「既有使用與共享使用之協調者」，管控特定頻段中，既有使用者與想使用者之進場與退場；CBRS 所扮演之角色為「可用頻譜資源之分配者」，可用頻譜由 CBRS 動態分配，無論既有使用者進場或退場，共享頻率使用者都將由 CBRS 獲得頻譜的分配。

從技術與運作難度而言，運作 CBRS 之 SAS 系統相對複雜，當既有使用者出現至 SAS 系統收到訊息，SAS 再重新調配頻段給共享頻率使用者，此一過程當中，需盡量滿足對既有使用者的保護。其次，SAS 系統動態重新分配可用頻率範圍，因此資料庫系統之技術層次較高，管制難度也相對提高。進一步而言，SAS 系統需彙整即時的頻譜使用狀況，搭配動態頻譜需求預測模型，俾便能在共享頻率使用者增加（或減少）的過程中，尚能滿足多數需求，此等優化處理均涉及先進技術開發。在我國並未有運作頻譜共享機制之前提，宜採階段性導入的做法，由架構較為靜態的 LSA 優先，逐步開放至彈性動態的 CBRS。

三、 確保無線電頻率之和諧有效使用

各國發展頻譜共享機制的最基本原則，均是不得對既有使用者造成妨害性干擾；因此，在共享規範上，設計有劃定保護區、共享使用必須透過頻譜地理位置資料庫加以確認頻譜的可用性、必須及時退出與設備射頻功率限制等原則。

在 LSA 機制之下，既有使用者必須將本身的資訊寫入資料庫，當共享頻率使用者存取資料庫時，便能得知該區域的頻譜使用狀況，當既有使用者開始使用其頻段時，也能透過資料庫予以迴避。CBRS 系統的既有使用者由於身份相對敏感，故美國目前以劃設禁制區的方式，既有使用者的資訊無須詳細的輸入資料庫，同時，CBRS 所使用的 SAS 系統也較具有主動性，當既有使用者出現時，SAS 系統將會另外分配頻譜。同時，CBRS 也預期在未來透過 ESC 環境感測能力的佈建，縮小禁制區的範圍，透過感測系統主動偵測既有使用者與區域的頻譜使用狀況，既有使用者無須將資訊通知資料庫。

在既有使用者是否參與的議題上，主要的顧慮在於使用者身份的敏感性，由於 CBRS 所使用的 3.5 GHz 涉及軍方的設備，因此美國目前以禁制區的方式處理，若未來能夠建置 ESC 環境感測能力，則可進一步縮小禁制區。然而，在 LSA 的架構中，既有使用者僅面對 LSA 頻譜庫，而共享頻率使用者面對 LSA 控制器，LSA 頻譜庫與 LSA 控制器的區分，即在於類似資訊防火牆的概念，設立一道關卡以避免敏感的既有使用者資訊不當洩漏。

因此，考量到我國地理區域不大，倘若劃設禁制區，可能頻譜共享的機會便會減少；同時，禁制區與環境感測的設計，提高了共享機制的複雜度，因此原則上仍應以既有使用者參與，並在顧及資訊安全的前提下，監督資料庫的存取。

然而，共享頻率使用者仍有可能造成干擾；此時，便需要有及時處理的機制以確保既有使用者權益。目前僅有美國 CBRS 規範 SAS 管理者負擔通報干擾的義務，故未來我國規劃共享機制時，亦應明訂干擾處理之責任，使既有使用者遭受妨害性干擾時，能及時排除侵害。

四、 共享頻率資料庫建構及驗證

目前，頻譜共享機制的另一核心角色—地理位置資料庫之管理者，目前我國法規尚難以定位其屬性，美國、英國均並未特別限制其資格，但若欲成為資料庫管理者，則需通過主管機關測試合格。

頻譜共享機制之妥善運作，需具備足夠能力進行風險控制與辨識干擾來源，若既有使用者受到妨害性干擾，能盡快予以處理；同時機制之運作，亦必須遵守中立及無差別待遇之原則，對於共享機制所仰賴之地理位置/共享頻率資料庫之資料正確與安全性，亦必須能予以維持。

動態頻譜共享機制需求較高的專業人力與較具彈性之制度運作，為維持頻譜共享機制之公平性，遵守無差別待遇原則，且兼顧制度運作所需之彈性，共享頻率資料庫原則上可由中立第 3 方建置與維運。此一中立第 3 方接受主管機關監督與政策指令，對外公平提供頻譜共享管理，對內具備維持資料庫安全與正確之專業，如此具有彈性之運作機制應較能維持共享機制之妥善穩定。

五、 終端及服務設備管理及驗證規範

由於頻譜共享機制涉及既有使用者的保護，即使共享機制以頻譜地理位置資料庫進行管理，但仍需謹慎處理對既有使用者免受妨害性干擾的保護；在較為成熟的 TVWS 共享機制上，各國同時針對共享頻率設備訂定詳細的使用參數，對於發射功率、天線高度、設備反應時間等均進行規範；共享頻率設備須先向頻譜地理位置資料庫完成註冊，方能取得資料庫所指配的操作頻率範圍及其他運作指令，因此，資料庫當中除了既有使用者電臺資訊外，亦可詳細知悉某一地區內的共享頻率設備使用情形。

共享頻率設備在 TVWS、LSA 與 CBRS 機制中，均指提供接取服務之基地臺、分享器與終端設備，接取網路的架構與目前無線/行動網路相似。共享頻率設備相較於一般射頻器材，需額外審驗設備之識別、能完全配合共享資料庫運作（頻譜之進退）等事項，方能有效防範與管理使用者行為。共享頻率設備與資料庫需定時連線更新資訊，此部分規範需依據配合技術驗證結果加以訂定。

在歐盟規劃的 LSA 運作架構上，共享頻率使用者僅能在獲得授權使用的固定頻率範圍內運作，在 LSA 的規範下，某一地區內若既有使用者向 LSA 頻譜庫提出要求恢復使用頻譜，相應之共享頻率使用者必須在收到資料庫通知後配合退出使用，故對於行動業者而言，運作於 LSA 機制下的授權頻譜，僅適合作為聚合補充頻段。美國 CRBS 服務下的 SAS 系統要求共享頻率使用者必須註冊其服務設備，由 SAS 系統動態指配可用的頻率範圍，當 ESC 機制偵測到既有使用者恢復使用頻譜時，SAS 系統會重新指配其他可用的頻率範圍給共享頻率設備，為確保不致對受保護的既有或授權使用者造成妨害性干擾，必須高度仰賴資料庫系統的可操作性，以及對於各類型無線系統之電波傳播模型選用的正確性。

共享規範有無要求資料庫公開揭露共享頻率使用者所註冊之服務設備，其差異在於共享頻率使用者網路佈建狀況是否可知，尤其頻譜共享機制的運作以小型基站為主，若業者需公開其所有服務設備的位置資訊，對於業者之網路投資較無保障。此外，當資料庫完全掌握所有既設電臺及共享者服務設備時，便能更為動態地指配可用頻率範圍，此種資料庫系統的功能較為強大，但也相對較為複雜。

第四節　小結

頻譜共享機制如何能夠妥善的運作，必備的條件在於風險控制與干擾來源之辨識與及時的處理，因此共享機制必須設法確保能將

干擾的問題妥善處理。故在執照、頻段、既有或共享頻率使用者間之關係，均應有相對的規範。

同時，在使用共享頻率資料庫提供共享頻率核配的機制下，由於資料庫將接收來自主管機關的政策指示與技術規範、既有或共享頻率使用者的資訊、設備位置及認證資訊，以及可用頻率範圍及操作功率等，亦應研析適於我國環境之資料庫相關規範，以及可持續成長、維運的商業模式。

本團隊前於 106 年研究報告提出共享頻率管理規則草案，其條文中之相關名詞定義、共享頻率分配原則、共享頻率資料庫管理機構等，已獲通傳會參採，見諸於無線電頻率使用管理辦法第 2 條、第 24 條至第 28 條。該草案其餘條文內容尚包含共享頻段之執照優先級別，既有使用者、共享使用者與共享頻率資料庫管理者各別之權利義務，以及共享頻率設備之基本運作規範等，但尚無具體頻段之規劃。未來則需視主管機關開放特定頻段以及規劃共享使用者開放範圍之進程，再依據後續需求進行規範增定。

最後，當我國累積營運頻譜共享機制之實務經驗，並按照國際之發展持續的改進，最終亦能參酌歐美主要國家的政策目標，將共享機制逐漸擴展、成長為完善的頻譜管理政策工具，輔助主管機關以更先進之政策思維與技術拓展頻譜之用途。

第五章　美國 CBRS 頻段發展與應用

第一節　市場現況

FCC 已核定 Google、Federated Wireless、CommScope、Amdocs 和 Sony 為 SAS 管理者。另外，包含 Google、Intel、Nokia、Federal Wireless、Ruckus Wireless 及 Qualcomm 等公司組成產業聯盟（CBRS Alliance），來發展 CBRS 頻段的產業生態鏈，積極推動 CBRS 相關技術、系統及服務。FCC、NTIA 與國防部於 2019 年第二季批准 3 家公司 ESC 感測器的認證，分別是 CommScope、Federated Wireless 和 Google。FCC 已批准 ESC 佈署涵蓋計劃，ESC 佈署正在進行中。以下為針對 SAS 平臺、CBSD 及 ESC 的相關 CBRS 佈署現況進行說明。

一、 SAS 平臺

截至 2020 年 10 月 FCC 批准進行 ICD 的 SAS 管理者為：Google、Federated Wireless、CommScope、Amdocs 和 Sony 等 5 家公司。

CBRS 頻段共享頻率使用者透過 SAS 管理者所提供的服務平臺，進行設備註冊、查詢並獲取頻譜使用資訊。SAS 平臺旨在促進此頻段的三層授權使用者之間的共享，並透過已獲批准的環境感測能力（Environmental Sensing Capability, ESC）的訊息授權使用 PAL 和 GAA 操作。在 PAL 拍賣之後，SAS 管理者將為 PAL 分配頻道。SAS 平臺將在可行的範圍內「將同一 PAL 持照者於地理上連續的 PAL 為每個地理區域分配相同頻道」，並將「同一 PAL 持照者所持有的多個頻道於同一許可區域內分配連續頻率」。SAS 管理者必須能夠接收和回應 3600-3700 MHz 頻段中的固定衛星服務（FSS）接收站的干擾保護。

二、 CBSD 佈署

包含 Google、Intel、Nokia、Federal Wireless、Ruckus Wireless 及高通等公司形成產業聯盟（CBRS Alliance），來發展 CBRS 頻段的產業生態鏈，積極推動 CBRS 頻段以 LTE 為基礎的技術、系統及服務，依據 WInnForum 提供的資訊，CBRS 頻段的產業生態鏈（Ecosystem）由以下各方參與者組成：

- 傳統式無線寬頻設備商
- 美國國家電信暨資訊管理局（NTIA）
- 美國國防部（DoD）
- 固定衛星服務業者
- CBRS 聯盟
- 設備製造商（CBRS 聯盟成員）
- SAS 管理者（CBRS 聯盟成員）
- 運營商（CBRS 聯盟成員）

2018 年，CBRS 聯盟推出 OnGo 品牌認證，藉以促進基於 3GPP 技術、具互通性的 CBRS 生態系的增長。通過 OnGo 認證的各供應商產品將在同一網路中實現無縫互通。在 OnGo 認證機制中，供應商將其設備提交給 CBRS 聯盟授權的獨立測試實驗室。截至 2020 年 10 月，獲得 OnGo 認證的 CBSD／Domain Proxy 設備累積已達 42 款。

表 16 為截至 2020 年 10 月獲得 OnGo 認證的 CBSD／Domain Proxy 設備。取得認證的臺灣廠商包括正文科技、中磊電子、亞旭電腦與合勤科技。本專案實驗場域所採用之設備皆有獲得 OnGo 認證（表格中以粗體字、灰底顯示），如正文科技 CBSD WLTGFC-105 利用通過 FCC SAS 測試報告，以正文客戶公司 Accelleran （Model Name E1012）向美國 CBRS 聯盟申請銷售商 OnGo 認證證明，該項 CBSD 日後將由 Accelleran 負責銷售。而 Ericsson Radio 2208 B48 也

於 2018 年 10 月 12 日取得美國 CBRS OnGo 認證證明。相關訊息，請參考 CBRS 聯盟網站。（https://www.cbrsalliance.org/certification/）

表 16-截至 2020 年 10 月獲得 OnGo 認證的 CBSD 設備列表

供應商名稱	設備名稱	設備類型	認證日期
Nokia	4G06-A	CBSD	9-Sep-20
BEC Technologies, Inc	RidgeWave 6900/BEC 6900R21	CBSD	2-Sep-20
Zyxel Communications Corporation	LTE7485-S905	CBSD	19-Aug-20
J Plus, Inc.	JLT733A	CBSD	18-Aug-20
Sercomm USA Inc.	SCE4255W	CBSD	28-Jul-20
Ericsson, Inc.	Radio 4408 B48 / KRC 161 746/1	CBSD+DP	1-Jul-20
Redline Communications	Ellipse 4G HP Band 48	CBSD	3-Jun-20
ABIT Corporation	AB-MA2130	CBSD+DP	29-May-20
Askey Computer Corp.	SFE3160S	CBSD	19-May-20
Nokia	AZQC + NCDP	CBSD+DP	1-May-20
Nokia	4G01-A	CBSD	1-May-20
Motorola Solutions	SLX4000	CBSD+DP	11-Mar-20
Motorola Solutions	SLX2000	CBSD+DP	11-Mar-20

Sercomm USA Inc.	Genesis OC3505A	CBSD	4-Mar-20
BLinQ Networks	FWC-122HG-35, FWC-122-35	CBSD	25-Jan-20
Corning	SCRN-330-4148	CBSD+DP	9-Jan-20
Airspan Networks	AirVelocity 1500	CBSD+DP	4-Dec-19
Airspan Networks	AirSpeed 1000	CBSD+DP	4-Dec-19
Airspan Networks	AirHarmony 4200	CBSD+DP	4-Dec-19
Baicells Technologies Co., Ltd.	MBS1105	CBSD+DP	4-Dec-19
Baicells Technologies Co., Ltd.	MBS31001	CBSD+DP	4-Dec-19
Baicells Technologies Co., Ltd.	MBS1100	CBSD+DP	4-Dec-19
QUCELL	SC-220	CBSD+DP	17-Sep-19
ip.access Limited	E61	CBSD+DP	17-Sep-19
JMA Wireless	XR19AX35WM2/48Y	CBSD+DP	9-Sep-19
CommScope	Ruckus Q910 (P01-Q910-US02)	CBSD	25-Jun-19
Samsung Electronics America	SOL230-48D	CBSD	29-Apr-19
Accelleran	**E1012**	**CBSD**	**18-Mar-19**
Nokia	AZQC	CBSD+DP	21-Mar-19

CommScope	Ruckus Q710 (P01-Q710-US02)	CBSD	21-Mar-19
Telrad Networks	CPE8100	CBSD+DP	21-Feb-19
Telrad Networks	CPE9000	CBSD+DP	21-Feb-19
CommScope	Ruckus Q410 (P01-Q410-US01)	CBSD	19-Feb-19
Nokia	FW2QADPM01	CBSD	18-Feb-19
BLinQ Networks	FW300i	CBSD+DP	15-Jan-19
Telrad Networks	BreezeCOMPACT1000	CBSD+DP	19-Dec-18
Ericsson	RD 4442 B48 / KRY 901 385/1	CBSD+DP	12-Oct-18
Ericsson	**Radio 2208 B48 / KRC 161 711/1**	**CBSD+DP**	**12-Oct-18**
Nokia	FW2QMBOM1	CBSD	27-Sep-18
Sercomm USA Inc.	P208	CBSD	19-Sep-18
CommScope	Ruckus Q710 (P01-Q710-US00)	CBSD	12-Sep-18
CommScope	Ruckus Q910 (P01-Q910-US00)	CBSD	12-Sep-18

資料來源：本研究整理

由於法規禁止 SAS 管理者向公眾公開分類的 CBSD 設備註冊資料，除非註冊人授權或法律要求披露此類訊息，所以目前沒有詳細的官方數據可以說明各家 SAS 管理者目前管理的 CBSD 詳細現況。

依據 2020 年 7 月 17 日 CBRS 聯盟（CBRS Alliance）舉辦的 OnGo 101 網路研討會，Google 及 Federated Wireless 都提到他們管理

的 CBSD 設備數量已超過 1 萬個。CommScope 隨後在 8 月 19 日的新聞稿亦談到業務穩步增長，該公司已經在全美設置約 1 萬個以上的 CBSD 設備；除了行動網路、固定無線接取、企業專網等既有客戶之外，CommScope 也開始關注 PAL 頻譜拍賣結束後，因為 FCC 規劃的 PAL 頻譜輕觸式租賃(Light-touch Leasing)，產生的次級市場客戶。在 10 月 21 日舉行的 6G Symposium 座談活動上，Federated Wireless 表示 CBSD 設備正以每週 4,000 到 5,000 的數量增加中，且該公司迄今尚未接獲任何一件對既有使用者產生干擾的通報案件；Google 與談者亦表示全美 CBSD 數量已達到 10 萬的標誌性里程碑。

任何頻譜的持續發展都需仰賴產業生態鏈（Ecosystem）的支援，沒有健康完善的產業生態鏈（Ecosystem）就無法持續發展。作為 CBRS 頻段的早期支持者，Qualcomm 公司對的 3GPP 頻段 Band 48（CBRS 頻段）提供晶片，其他晶片供應商也緊隨其後。接下來是與消費者生活最貼近的 Android 和 IOS 終端設備，蘋果 iPhone 11 支援 CBRS 頻段 Band 48，Android 生態鏈同樣將 CBRS 頻段引入了幾款智慧型手機中，其中最著名的品牌包括 Google 和三星。

三、 ESC 佈署

美國國防部的艦載雷達主要使用 3.5GHz CBRS 頻段，但在任何特定時間，艦載雷達僅利用了其中一小部分頻段。為了確保雷達免受該頻段內其他 CBRS 使用者的干擾，將在美國沿岸地區布建 ESC 感測器。當 ESC 感測器檢測到雷達傳輸時，將即刻通知 SAS 系統，由 SAS 系統啟動動態保護區域，並將該區域內的 CBRS 使用者重新分配使用頻道。

ESC 運營商需要經過認證，來確保該頻段的既有使用者受到保護，同時幫助提高沿海地區 CBRS 頻譜的可用性。FCC、NTIA 與國防部於 2019 年第二季批准 3 家公司 ESC 感測器的認證，分別是

CommScope、Federated Wireless 和 Google。FCC 已批准 ESC 佈署涵蓋計畫，ESC 佈署正在進行中，佈署時間的長短取決於選址及硬體安裝。ESC 佈署將會包含備援機制及備用電池等規劃。

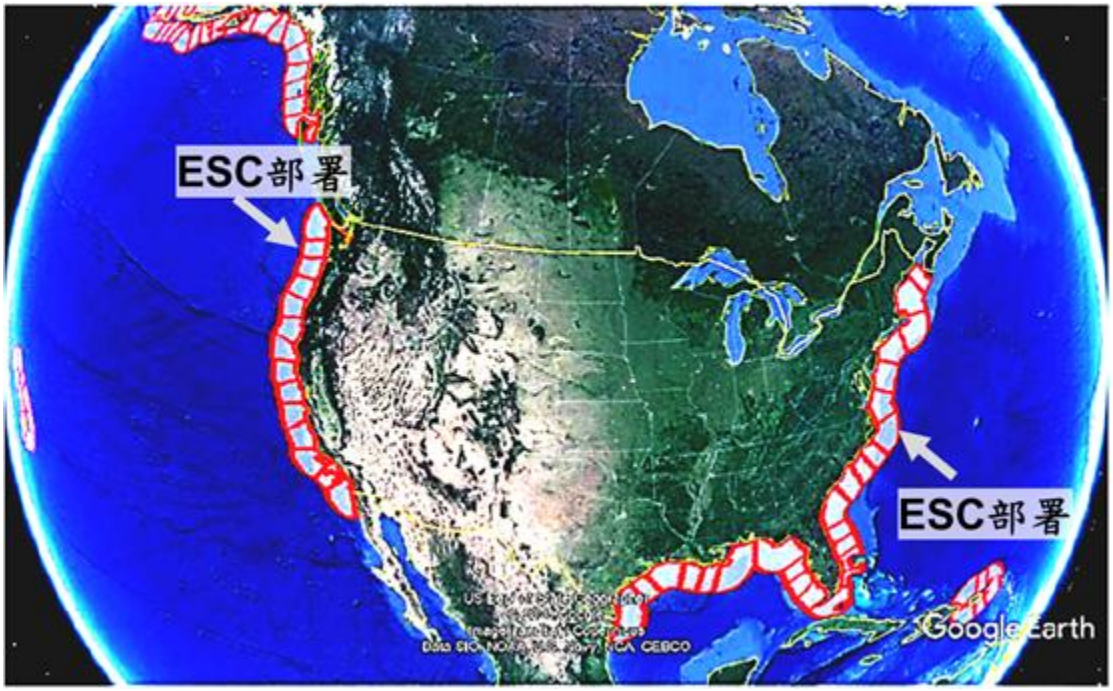


圖 15-ESC 佈署規劃

資料來源：CommScope

第二節　CBRS 相關證證機制

CBRS 相關認證機制，可參考 WInnForum 規範，WINNF-TS-0022- Version V1.4.0 （ WInnForum CBRS Certificate Policy Specification ）。根據 WInnForum 網站首頁更新的資訊，https://cbrs.wirelessinnovation.org/ ，目前 WInnForu 主要有五項 CBRS 相關認證機制，分別為：SAS 平臺初始商業佈署（Initial Commercial Deployments, ICD）認證、CBSD 認證、ESC 認證、CBRS 認證之專業安裝（Certified Professional Installer, CPI）及 CBRS PKI 憑證總管理中心（Root CA Operators）認證，再加上 CBRS 聯盟推出的 OnGo 認證，共六項相關認證機制，詳述如下:

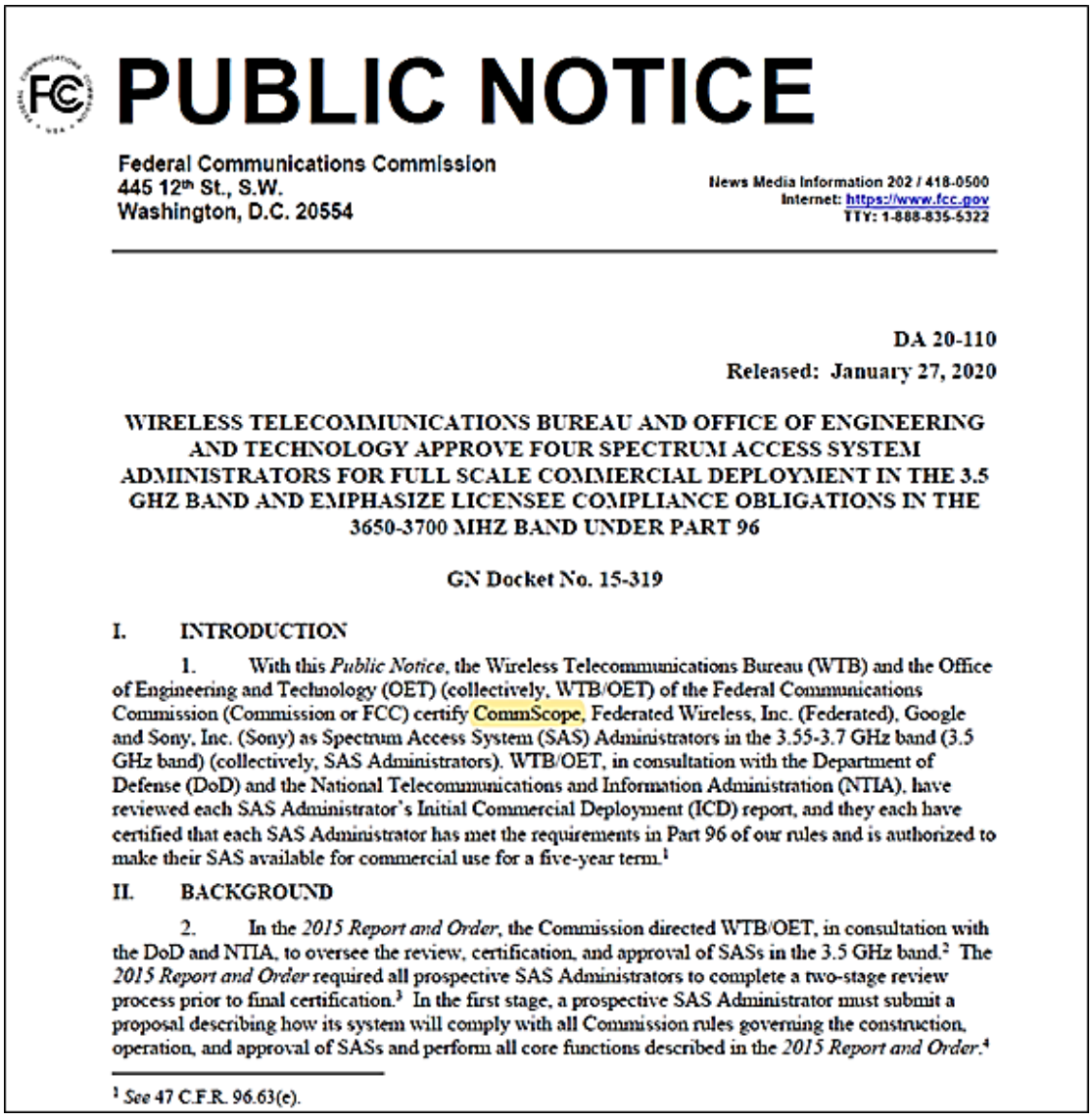
一、 SAS 平臺初始商業佈署（ICD）認證

美國聯邦通信委員會（FCC）無線電信局和工程技術辦公室（OET）在 2019 年 9 月 16 日發佈公告，宣佈 Google、Federated Wireless、CommScope、Amdocs 和 Sony 營運的頻譜接取系統（SAS）通過了委員會 SAS 實驗室測試要求，並獲准開始其針對公民無線寬頻服務（CBRS）的初始商業佈署（Initial Commercial Deployments, ICD）。

ICD 測試包括確保 CBSD 可以與 SAS 通信並在 SAS 上註冊，請求和接收頻譜授權以及中止操作等所有相關測試。在 ICD 過程中，CommScope 和其他 SAS 管理者建立網路，透過 SAS 的操作並追踪活動進行場測。SAS 與環境傳感測網路搭配使用，以檢測現有的傳輸和其他變異量，然後將該數據回饋給 SAS。ICD 將至少運行 30 天。之後，SAS 管理者將提出有關其 ICD 經驗的報告，並且在 FCC 審核過程中繼續提供 ICD 服務。

在系統運行了 30 天後，SAS 供應商可以在有限的地理區域中使用 ICD 期間收集的數據並發送報告，FCC 與國防部以及美國國家電信和訊息管理局協調對這些數據進行了審查。ICD 階段說明 CBRS 頻段商業佈署的開始。

FCC 在審核了所有 SAS 管理者提交的 ICD 報告後，於 2020 年 1 月 27 日公告 CommScope、Federated Wireless、Google 和 Sony 作為 3.55-3.7GHz 頻率範圍（CBRS 頻段）中的 SAS 管理者，符合 FCC 管理規章第 96 章的要求，並獲核發正式營運執照，期限為五年。2020 年 4 月 21 日，FCC 再行公告 Amdocs 同樣獲得營運執照。



PUBLIC NOTICE

Federal Communications Commission
445 12th St., S.W.
Washington, D.C. 20554

News Media Information 202 / 418-0500
Internet: https://www.fcc.gov
TTY: 1-888-835-5322

DA 20-110
Released: January 27, 2020

WIRELESS TELECOMMUNICATIONS BUREAU AND OFFICE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY APPROVE FOUR SPECTRUM ACCESS SYSTEM ADMINISTRATORS FOR FULL SCALE COMMERCIAL DEPLOYMENT IN THE 3.5 GHZ BAND AND EMPHASIZE LICENSEE COMPLIANCE OBLIGATIONS IN THE 3650-3700 MHZ BAND UNDER PART 96

GN Docket No. 15-319

I. INTRODUCTION

1. With this *Public Notice*, the Wireless Telecommunications Bureau (WTB) and the Office of Engineering and Technology (OET) (collectively, WTB/OET) of the Federal Communications Commission (Commission or FCC) certify CommScope, Federated Wireless, Inc. (Federated), Google and Sony, Inc. (Sony) as Spectrum Access System (SAS) Administrators in the 3.55-3.7 GHz band (3.5 GHz band) (collectively, SAS Administrators). WTB/OET, in consultation with the Department of Defense (DoD) and the National Telecommunications and Information Administration (NTIA), have reviewed each SAS Administrator's Initial Commercial Deployment (ICD) report, and they each have certified that each SAS Administrator has met the requirements in Part 96 of our rules and is authorized to make their SAS available for commercial use for a five-year term.[1]

II. BACKGROUND

2. In the *2015 Report and Order*, the Commission directed WTB/OET, in consultation with the DoD and NTIA, to oversee the review, certification, and approval of SASs in the 3.5 GHz band.[2] The *2015 Report and Order* required all prospective SAS Administrators to complete a two-stage review process prior to final certification.[3] In the first stage, a prospective SAS Administrator must submit a proposal describing how its system will comply with all Commission rules governing the construction, operation, and approval of SASs and perform all core functions described in the *2015 Report and Order*.[4]

[1] *See* 47 C.F.R. 96.63(e).

圖 16-FCC SAS 管理者的初始商業佈署報告

資料來源：FCC

二、 CBSD 認證

依 FCC 認證申請規範，認證符合 Part 96 中 96.41 和 96.43 中的規定，依據 WInnForum WINNF-TS-0122「公民無線寬頻服務（CBRS）的測試和認證；符合性和性能測試技術規範；CBSD / DP 作為被測單元（UUT）」文件，進行測試。測試時，CBSD 至少與一個 FCC 授權的認可的 SAS 平臺進行操作測試，證明其符合

WInnForum interface 規範，並確認該設備將認證符合 Part 96 規範，並符合 SAS 平臺使用的通信安全方法。

三、 CBRS 認證之專業安裝（CPI）

CBSD 的安裝及架設，依 WInnForum 建議使用認證後的專業安裝（Certified Professional Installed，CPI）方式實施。CPI 部分由 CBSD 操作工程師安裝及進行設備安裝設定。Category B 類 CBSD 的設置和非地理定位的 Category A 類 CBSD 的設置需要 CBRS 認證之專業安裝人員安裝，CPI 需要培訓認證，第一期專業建置人員培訓課程自 2019 年 5 月 1 日開始實施，CPI 培訓計劃持續進行中，目前已超過 1,400 個 CPI 完成認證且被 WinnForum 核可。可以提供 CPI 訓練的公司為：SPECTRA、CommScope、Fiderated Wireless、Google 及 Nokia。

四、 ESC 認證

在美國海岸附近的 3550-3650 MHz 頻段進行全面 CBRS 商業運行之前，需要建置環境感測能力（ESC）系統，來檢測美國聯邦政府海軍雷達的運行。ESC 運營商需要經過認證，來確保該頻段的既有接取（Incumbent Access）使用者受到保護，同時幫助提高沿海地區 CBRS 頻譜的可用性。在 CBRS 商業佈署之前，由 NTIA 測試各業者的環境感測能力（ESC）系統，FCC、NTIA 和美國國防部於 2019 年 5 月 20 日批准 3 家公司 ESC 感測器的認證，分別是 CommScope、Federated Wireless 和 Google。

五、 CBRS PKI 憑證總管理中心認證

CBRS 公開金鑰基礎建設（Public Key Infrastructure, PKI）是一個階層式的憑證管理架構，以 CBRS PKI 憑證總管理中心（Root CA），作為整個 CBRS PKI 的信賴起源，Root CA 將簽發 CA 憑證給 CBRS PKI 的下層 CA。第二層子憑證管理機構發行符合要求的最終實體用戶證書或 CBSD 第三層的 OEM CA 證書。第三層子憑證管理機構頒發符合要求的最終實體 CBSD 用戶證書，請參考圖 17 示意。

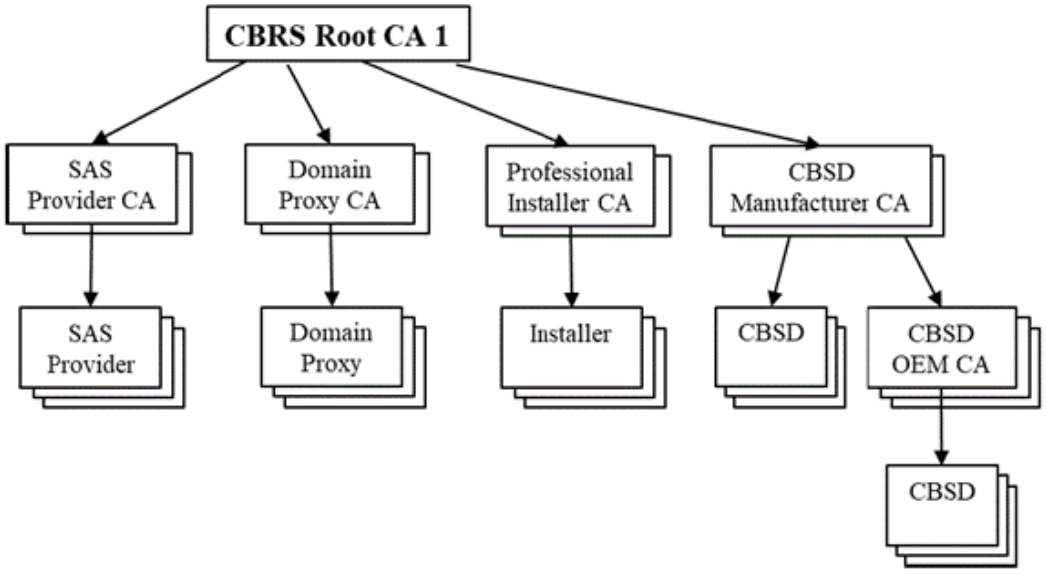


圖 17-CBRS PKI 層次結構圖

資料來源：WInnForum

CBRS PKI 憑證總管理中心（Root CA Operators）是憑證管理機構的頂點。憑證管理機構會將子認證機構證書頒發給批准的憑證管理機構服務提供商。子憑證管理機構會將證書頒發給授權用戶，後者會將證書嵌入到相關設備設備中。例如，將授權安裝程序用來管理／配置 CBSD 的設備中安裝程序證書，用戶應在其設備信任錨存儲區中安裝所有 WInnForum 授權的 CBRS 憑證管理機構證書，以驗證收到的證書。終端實體證書，其私鑰以及給定認證機構鏈的所有

子憑證管理機構證書也應安裝在設備上。在傳輸層安全機制（Transport Layer Security, TLS）身份驗證訊息交換期間，應將終端實體和所有子憑證管理機構鏈證書發送到另一個端點。WInnForum 將提供列表以利用戶可以使用已批准的憑證總管理中心（Root CA），目前批准的憑證總管理中心公司有： Insta、Digicert、Kyrio 和 CommScope。

六、 OnGo 認證

隨著 CBRS 服務日趨完備，即將有大量使用者將佈署 CBSD 並共享頻譜資源，因此市場需要能在同一網路中實現無縫互通並符合規格的設備。在 CBRS 聯盟成員公司，無線通信協會和全球測試實驗室的支持下，CBRS 聯盟制定了 OnGo 認證計劃，以確保 OnGo 無線解決方案的完整性及成功佈署，並推廣 OnGo 技術廣泛的被市場採用，完整 CBRS 頻段的產業生態鏈。CBRS Alliance OnGo 認證確保使用者可以安裝 CBRS 設備，而不必擔心設備操作性，互通性和性能的問題。

OnGo 認證的產品需通過獨立授權測試實驗室來進行嚴格的測試。產品成功通過測試後，將授予製造商或銷售商使用 OnGo 認證的權利。認證意味著對產品進行了多種相關測試，並對其產品進行了多種採樣，以驗證其與其他在 3.5GHz 頻段上運行的 OnGo 認證設備的互通性。完成 FCC 授權認證流程並獲得 FCC ID 的產品也有資格獲得 OnGo 認證。本專案實驗場域所採用之設備皆有獲得 OnGo 認證，如正文科技 CBSD WLTGFC-105 利用通過 FCC SAS 測試報告，以正文客戶公司 Accelleran（Model Name E1012）向美國 CBRS 聯盟申請銷售商 OnGo 認證證明，該項 CBSD 日後將由 Accelleran 負責銷售。而 Ericsson Radio 2208 B48 也於 2018 年 10 月 12 日取得美國 CBRS

OnGo 認證證明。相關訊息，請參考 CBRS 聯盟網站。（https://www.cbrsalliance.org/certification/）

第三節　技術趨勢及演進

本計畫期中與美國 SAS 平臺業者 CommScope 舉辦專家講座中指出，目前 CBRS 相關技術仍在滾動發展與討論中，預期未來相關發展將會越趨成熟，目前 CBRS 未來技術發展將關注以下幾個重點，茲詳述如下：

一、 GAA 共存

依據 FCC Part 96.35 對一般許可接取（GAA）使用者使用規範：

- 根據條文§96.25(c) 之規定，當 PAL 持有人未使用時，應允許 GAA 使用者使用分配給 PAL 的頻率。
- 可供 GAA 使用的頻率應在共享的基礎上提供。
- GAA 使用者不應期望能受到干擾保護，尤其是受到根據本條文運行的其他同類使用者干擾。
- 根據本條文規定，GAA 使用者不得對 PAL 持有人和既有使用者造成妨害性干擾，並且能夠耐受來自該等使用者的任何干擾
- 操作 B 類 CBSD 的 GAA 使用者必須盡一切努力合作選擇和使用 SAS 系統提供的可用頻率，以最大程度地減少干擾的可能性並最有效地利用授權設施。此類使用者應在尋求站點授權之前與 SAS 系統協調，並盡一切努力確保其 CBSD 在某個位置運行並具有技術參數，以最大程度地減少在 CBSD 之間引起和接收到干擾的可能性。遭受或造成妨害性干擾的 CBSD 營運商應通過技術解決方案或其他相互滿意的安排合作並解決干擾問題。

FCC Part 96.35 的規範，只要求 SAS 必須同時處理 LTE 和非 LTE 的設備，並且公平的指配頻道給 GAA 使用者，並沒有規範 SAS 必須要有處理並協調 GAA 共存而產生干擾的機制。目前，WInnForum 和 CBRS 聯盟正在進行相關討論及規範制定。

WInnForum 在 2019 年 5 月 31 日提出的第二版本規範技術報告（WINNF-TR-2003 Version V1.0.0 Operations for Citizens Broadband Radio Service (CBRS); GAA Spectrum Coordination-Approach 1 Technical Report），討論需要將共存的 GAA 分組，並且把頻譜資源分組分配，但是還沒有描述如何定義和分組。

CBRS 聯盟在 2019 年 1 月 6 日提出的第二版本 CBRS 聯盟共存技術規範（CBRSA-TS-2001 V2.0.0 CBRS Coexistence Technical Specifications），為 GAA 共存提供相關的指引，該文件主要討論 LTE-TDD 的特定共存、用於 LTE-TDD 共存解決 CBSD 和 SAS 之間的訊息交換、SAS—CBSD 協議中定義的分組對象以及定義首選的 TDD 組態和選擇 TDD 組態。在 2020 年 2 月 18 日提出的第三版本 CBRS 聯盟共存技術規範（CBRSA-TS-2001 V3.0.0 CBRS Coexistence Technical Specifications），則增加討論了 NR 和 LTE 共存、支援強制性 NR LTE-TDD 組態配置以與 LTE-TDD 共存。

缺乏訊框同步或 CBSD 之間不相容的上行鏈路—下行鏈路 TDD 組態配置的使用，會造成從網路的高功率下行鏈路信號向 UE 傳輸的干擾，由於妨害性干擾而可能降低傳輸量。有幾種方法可用於實現 TDD 網路的相位同步，例如：GPS 或 GNSS 輔助，PTP（Precision Time Protocol）和 NL（Network Listening）。

如果有多家 GAA 營運商，要在同一個地區建置 CBSD，不同營運商採用不同形式的 CBSD 類別（Category A or Category B），數量也各有不同，SAS 如何處理 GAA 共存及指配頻率？根據 CommScope 提供的教育訓練教材，CBSD 在跟 SAS 平臺註冊時，會提供 CBSD

位置、CBSD 機型（包含室內或室外資訊）、發射功率、天線資訊及天線高度，SAS 平臺可以依據這些資料計算出每個 CBSD 的涵蓋區域及涵蓋面積、共存的 CBSD 是否有重疊涵蓋以及有無潛在的干擾問題。根據 GAA CBSD 有無重疊涵蓋及干擾問題處理機制如下表所述：

表 17-根據 GAA CBSD 有無重疊涵蓋及干擾之處理機制

共存的 GAA CBSD，有無重疊涵蓋及干擾	無重疊涵蓋及干擾	有重疊涵蓋及干擾
SAS 平臺 的處理機制	SAS 平臺可以在扣除 Incumbent 及 PAL 使用的頻段後，將剩餘頻寬平均分給各個 GAA 使用。	SAS 平臺會將所有業者的 CBSD 打散做干擾計算，先計算出 CBSD 干擾關係圖，再將 CBSD 分組，同一組的 CBSD 彼此之間不會互相干擾，SAS 平臺將指配同一組的 CBSD 相同的頻道。

資料來源：本研究整理

在一個特定區域，GAA CBSD 太多，導致 SAS 無法對新增的 GAA CBSD 指配頻道，這是有可能發生的。然而，如果 GAA CBSD 太多，SAS 會依據管理 GAA CBSD 的網路與共存技術規範，不會分配給 GAA 使用者特定的 GAA 頻道，而是，對所有的 GAA CBSD 做總和干擾分析，把所有的 GAA 頻道打散分配給所有的 GAA CBSD，做 RF 優化處理，最小化干擾量，藉此滿足最大量 GAA CBSD 需求。

二、 TDD 組態協調

在行動通訊行業中眾所周知，於同個地區有許多無線訊號，如何防止無線訊號干擾的產生是非常重要的，在 CBRS 聯盟對於多個重疊無線訊號區的室外 LTE-TDD 和 5G NR-TDD 佈署上，於同一頻帶上 SAS 平臺協調基站共存的理想條件是，讓 TDD 基站對齊其訊框邊界（Frame Boundary）並使用相同的 TDD 配置

在同一室外區域中的非同步操作可能導致有害的干擾，不對齊的基站細胞相位（Cell Phase）和不對齊的基站 TDD 組態配置不能有效解決 CBSD 共存下所產生的干擾問題。若在室內佈署時 CBSD 功率與 UE 功率相當，則可以放寬對使用相同 TDD 組態配置的限制。CBRS 聯盟的「聯盟共存技術規範（CBRSA-TS-2001 V3.0.0 CBRS Coexistence Technical Specifications）」針對 TDD 營運組態協調，提供相關規範標準。

LTE CBSD 的 TDD 組態：

當 SAS 確定一組 CBRS 聯盟的 LTE CBSD 覆蓋範圍重疊，就會產生潛在的干擾。所有 CBRS 聯盟 的 LTE CBSD 必須使用相同的 TDD 組態配置（UL-DL 配置和 SSF 特殊子訊框）。TDD 組態配置＝UL-DL 組態配置＋特殊子訊框（Special Subframe Frame, SSF）。LTE 定義了 7 種可能的 UL-DL 組態配置和不同的 SSF，如表 3 所示。CBRS 聯盟強制所有 CBRSA LTE CBSD 必須支援兩個配置，如下表所示。

表 18-3GPP 定義的 7 種可能的 LTE TDD UL-DL 組態配置表

	For SSF = 7		
TDD Config.	# UL symbols	# DL symbols	UL:DL Ratio
0	88	48	1.83 : 1.00
1	60	76	1.00 : 1.27
2	32	104	1.00 : 3.25
3	44	94	1.00 : 2.14
4	30	108	1.00 : 3.60
5	16	122	1.00 : 7.63
6	74	62	1.19 : 1.00

資料來源：CommScope

CBRS 聯盟規範 CxG（Coexistence Group 共存組：一組遵循通用干擾管理的 CBSD，用來協調他們在小組中的干擾的策略）的所有 LTE-TDD CBSD 必須支持下表中帶有 SSF 配置的上行鏈路—下行鏈路組態配置，如下表所示。

表 19-CBRSA CxG 的強制性 E-UTRA TDD UL / DL 組態配置

Uplink-Downlink Configuration	UL:DL ratio	Subframe Number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4:4	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	2:6	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D

資料來源：CBRS 聯盟

選擇 TDD 組態：

SAS 是如何選擇所有 CBRSA LTE CBSD TDD 組態配置？SAS 平臺中的 CxM（Coexistence Manager, 共存管理器），為在特定的 CxG 中負責管理 CBSD 之間共存的邏輯實體，確定給定連接中所有 CBSD 的 TDD 組態配置。每個 CBSD 都會向 SAS 聲明，其所需（Desired）

和後備（Fallback）的 TDD 組態配置，所需的 TDD 組態配置可以是 LTE 定義的任何組態（如表 18），後備 TDD 組態配置必須是 CBRS 聯盟規範 CxG 中兩個強制性 CBRSA LTE CBSD 的 TDD 配置之一（如表 19）。如果同意「所需」，則 SAS 的 CxM 接受所需 TDD 配置；如果不同意「所需」，則 SAS 的 CxM 選擇 CBSD 的後備配置，依 CBSD 選擇的多數票表決結果（每個註冊 CBSD 可投 1 票）。如果連接的 CBSD 共存群組發生更改，則 SAS 的 CxM 會重新評估，某些 CBSD 可能必須更改其 TDD 配置，此類重新配置的確切時間表由 SAS 的 CxM 自行決定。

室內共存配置的 CBSD：

在室內 CBSD 的 TDD 組態配置：來自不同營運商的室內 CBSD 佈署可能針對不同的服務應用場景，要求不同的 TDD 組態配置。為了最大程度地減少 CBSD 對 CBSD 的干擾，不同營運商的室內 CBSD 之間的最小建議距離為 20 m。對於無法滿足距離標準的情況，CBSD 之間的隔離度應大於 81 dB。

室外共存配置的 CBSD：

所有室內佈署都需要與多個室外 CBSD 佈署共存，CBSD 的 TDD 組態配置亦考慮到室內及室外共存配置狀況，為了最大程度地減少不同運營商的 CBSD 之間的室內到室外干擾（反之亦然），建議兩者之間的最小間隔為 20 公尺。從實際的角度來看，為了使室內／室外佈署能夠比其他室外/室內佈署更適合將來使用，室內和室外 CBSD 應當將圍繞室內空間的任何結構在 20 公尺內的佈署最小化。對於不能滿足 CBSD 之間 20 公尺距離標準的情況，室內和室外 CBSD 之間的隔離度應大於 81dB。

5G NR CBSD 的 TDD 組態：

CBRS 聯盟規範 CxG 中的所有 NR-TDD CBSD 必須支持下表所示的具有 30 kHz SCS2 的上行鏈路—下行鏈路組態配置，該配置對應於強制性 LTE—TDD 配置。顯示為「D」的插槽(Slot)應使用 14 個 DL 符號，顯示為「U」的插槽應使用 14 個 UL 符號，如圖 18 所示。

UL:DL ratio	Slot Number																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
4:5	D	D	D	F	U	U	U	U	D	D	D	D	D	F	U	U	U	U	D	D
2:7	D	D	D	F	U	U	D	D	D	D	D	D	D	F	U	U	D	D	D	D

圖 18-CBRSA CxG 的強制性 NR-TDD UL / DL 組態配置

資料來源：CBRS 聯盟

顯示為「F」的插槽應將 14 個符號配置為 6 個 DL 符號，後跟 4 個 Guard 符號，再配置 4 個 UL 符號，以匹配 LTE-TDD SSF7，如圖 19 所示。

NR Slot	3, 13													
NR Symbol	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
UL-DL pattern	D	D	D	D	D	D	G	G	G	G	U	U	U	U

圖 19-CBRSA CxG 的 NR-TDD 子訊框“F”符號模式圖

資料來源：CBRS 聯盟

屬於同一 TDD 配置連接集一部分的所有 LTE-TDD CBSD 和 NR-TDD CBSD 必須使用相同或等效的上行鏈路—下行鏈路配置和 SSF。可以使用定義中的任何 LTE-TDD 組態配置或等效的 NR-TDD-UL-DL 組態配置]，前提是 TDD 配置連接集中的所有 LTE-TDD 和 NR-TDD CBSD 使用相同的 TDD 組態配置。

如果屬於同一 TDD 組態配置連接集的 LTE-TDD 和 NR-TDD CBSD 選擇不同的 TDD 組態配置，則 CxM 應指定使用強制性 TDD 配置之一。在僅包含 NR-TDD CBSD 的 TDD 配置連接集中，如果 TDD 配置連接集中的所有 NR-TDD CBSD 使用相同的 NR-TDD 配置，則可以使用與 LTE-TDD 不兼容的 NR-TDD 配置。

三、 5G NR

美國聯邦通信委員會（FCC）於 2020 年 1 月授權在 CBRS 頻段進行全面商業佈署，並且隨著 CBRS 聯盟在 2020 年 2 月 26 日宣佈在 3.5GHz 頻段中納入 3GPP 5G 定義和標準的新技術規範，CBRS 聯盟第 3 版規範針對使用 3.5GHz 頻段共享頻譜的 5G 佈署提供支援，正式開始了 CBRS 5G 的佈署。在此之前，LTE 一直是 CBRS 生態系統的重點。

在行動通訊行業中眾所周知，於同個地區有許多無線訊號，如何防止無線訊號干擾的產生是非常重要的，在 CBRS 聯盟對於多個重疊無線訊號區的室外 LTE-TDD 和 5G NR-TDD 佈署上，於同一頻帶上 SAS 平臺協調基站共存的理想條件是，讓 TDD 基站對齊其訊框邊界(frame boundary)並使用相同的 TDD 配置。

在同一室外區域中的非同步操作可能導致有害的干擾，並且不對齊的基站細胞相位（Cell Phase）和不對齊的基站 TDD 組態配置是不實際及有效地解決 CBSD 共存下所產生的干擾問題。對於室內佈署方面若 CBSD 功率水平與 UE 功率水平相當，則可以放寬對使用相同 TDD 組態配置的限制。CBRS 聯盟的聯盟共存技術規範（CBRSA-TS-2001 V3.0.0 CBRS Coexistence Technical Specifications）針對 TDD 營運組態協調，提供相關規範標準

CBRS 聯盟的前兩版規範僅專注於 LTE。CBRS 聯盟發布的第 3 版規範，是第一個支援 5G NR 的規範。在過去的一年中，CBRS 聯

盟、3GPP 和 WInnForum 合作，制定了共享頻譜及移動性相關的技術規範，以確保除了 CBRS 頻段中的 LTE 外，還支援 5G NR 應用服務。第 3 版規範還涉及無縫互操作性，身份驗證以及數據和語音漫遊。新規範合併了 3GPP 開發的 5G NR 定義和標準，以支援各種 5G 服務，設備和佈署。

CBRS 聯盟當第 3 版規範符合 3GPP R15 規範，而後續的第 4 版本中與 3GPP R16 和 R17 將保持一致。

四、 AFC

為了減少對既有授權使用者的潛在妨害性干擾，FCC 要求對標準功率營運設備需使用自動頻率控制系統（Automated Frequency Control, AFC）。它的工作方式是一個接取點，或者更有可能是一個中央控制點，例如，雲端管理系統或作為受控制的 AP 的代理的本地控制器，發送地理位置訊息，包括 AP 位置，天線高度，FCC ID 和設備 AFC 運營商的序列號。AFC 在 FCC 通用執照系統（Universal Licensing System, ULS）中進行查詢，並根據與許可基站天線之間的距離，選用適合的衰減模型來計算干擾與雜訊功率（I／N）的比值。AFC 檢查頻道和相鄰頻道的 I／N 是否小於-6 dB，並列表出允許的頻率和輸出功率，Wi-Fi AP 可以基於該列表選擇其工作頻段和發射功率。

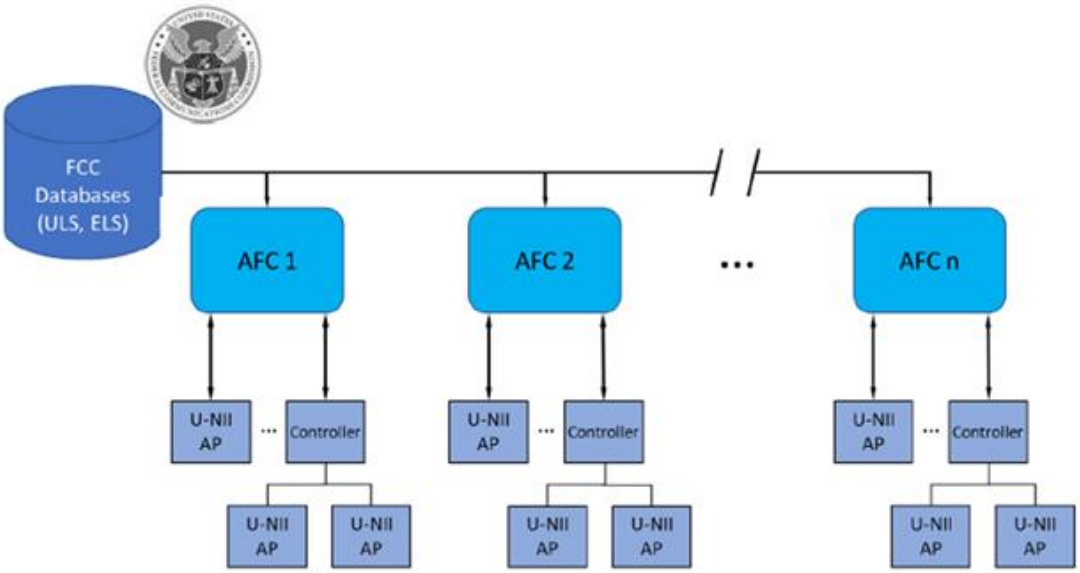


圖 20-AFC 功能架構圖

資料來源：本研究整理

AFC 目前仍在討論及發展階段，初步的的規範及功能如下：

- AFC 系統和 AP 必須採用協議和規程，以確保所有通訊和傳輸都準確和安全，並且未經授權的一方不能連接、更改資料庫及發送到接取點的可用頻率和功率等級列表。
- 類似於 CBRS 頻段中的 SAS 平臺。
- 協助 FCC 監督。
- 必須使用並連接 FCC ULS 資料庫。
- 包含所有必要的數據。
- 營運被許可人需負責保持準確性和資料更新。
- FCC 將要求營運商應保護已在 ULS 中註冊的既有使用者。
- 應保護鄰國加拿大和墨西哥的無線業務。
- AFC 僅連接 FCC 資料庫（ULS 和 EAS）。
- 無需共享外部數據，AFC 資料庫設定為唯讀。
- 不需要 AFC—AFC 通信，沒有 AFC—AFC 數據同步。
- 在 AFC 上註冊的設備需每天檢查並更新。
- 提供設備註冊，AFC 將驗證設備（序列號和 FCC ID）。

- AFC 應儲存註冊訊息，直到接取點停止運行為止。
- AFC 送回給 AP 可用頻段及可使用最大功率列表。
- 設備控制器可以做為區域代理（Domain Proxy）。
- 位置不確定性（x，y，z），用於設備可以放置的位置住於不確定性區域。
- 如果設備中斷與 AFC 的連接，寬限期為 24 小時。
- 室外標準功率接取點的最大 EIRP 限制在 30 度仰角以上，限制為 21 dBm。

初期預計 AFC 使用的傳播模型資訊如下：

- 傳播模型使用多模型方法。
- 短距離（小於 30 公尺）使用 FSPL（Free Space Path Loss）模型。
- 中距離（30 公尺至 1 公里）使用 WINNERII 模型。
- 長距離（超過 1 公里）使用 ITM 模型。
- AFC 將要求提供特定於站點的訊息（建築物，地形）來確定 LOS（Light of Sight）條件。
- 土地覆蓋分類：城市／郊區使用 ITU-R P.2108；農村使用 ITU-R P.452。
- IPC：I/N = -6dB。
- 不處理載波聚集。
- 需要處理鄰頻干擾問題。

第四節　CBRS 發展藍圖

享有排他性、專屬使用權利的需執照頻譜（Licensed Spectrum），其高昂的獲取成本不但帶給行動通訊服務業者很大的負擔，對於其他類型的無線服務提供者而言，也相當於構築了高聳的市場進入障礙。透過為 CBRS 建立共享的頻譜規則，FCC 大大降低非傳統無線

營運業者的准入門檻，與獨家使用的專用頻譜成本相比，PAL 的成本顯著降低，這種方式增加了行動通訊服務業者及其他類型的無線服務提供者在規劃自身營運業務上的彈性，CBRS三層式架構機制可以保護現有頻段上的使用者，同時也為新使用者提供公平的共享接取權限，並提供類似執照的概念。

CBRS頻譜共享是一種大膽的歷史性轉變，希望將免執照和專用執照技術結合在一起，透過 CBRS 的開發和佈署，有效執行頻譜共享機制。這是一種重大的突破，預期將會推動美國無線行業的創新借助 CBRS 應用和 5G 服務，可實現廣泛而深入的服務應用場景並提升消費者體驗。

CBRS 在美國的未來發展包含：做為行動網路業者（Mobile Network Operator, MNO）頻譜擴充方案選項、為多系統業者 (Multiple System Operator, MSO) 創造經濟價值及營業收入及企業專網…等，但其商業模式及應用不限於此。

- 作為無線電波現有超級使用者的行動網路業者（Mobile Network Operator, MNO）一直在尋求提升用戶體驗的方法。頻譜是行動網路的命脈，即使在技術上不斷提高每代蜂窩技術的容量，但用戶不斷增長的流量需求也導致了對更多行動頻譜的渴望。CBRS 頻譜共享為行動網路業者提供了頻譜擴充方案的選項，不必再受限於專用頻譜巨額成本的壓力，從而增加了城市／郊區的整體網路容量。將 CBRS 頻段運用到室外無線電中並與已經投入使用的頻段合併一起，可提高網路吞吐量並提升客戶的使用者體驗。
- 多系統業者（Multiple System Operator, MSO）在美國越來越受歡迎，多系統業者可以將 CBRS 做為熱點佈署工具，從而從其主機 MNO 網路吸收容量，

- 固定無線接取（Fixdc Wireless Access, FWA），CBRS 可為固定無線接取網路提供無線的最後一哩路，透過載波聚合（Carrier Aggregation, CA）、多用戶多入多出（Multi-User Multiple-Input Multiple-Output, MU-MIMO），以及 LTE 核心網路虛擬化（Virtualization of LTE core network）等技術，LTE-A 和 LTE-A Pro 的性能已獲得優化可在一定距離內提供達 100Mbps 的服務，CBRS 也可以與 mmWave 結合使用，以增強上行鏈路性能及增加抗干擾能力。
- 企業專網覆蓋，當 Wi-Fi 傳輸速度與距離達到極限，CBRS 可提供各種組合，而這些組合將會刺激創新。舉例如下：
  - 增強企業建築物和園區中 LTE 和 5G NR 室內和室外覆蓋。
  - 滿足關鍵任務需求的可靠且高 QoS 的網路。
  - 在公共和專用網路之間為最終用戶提供無縫體驗。
  - 提供高安全性的網路環境。

產業表示，2020 年是令人振奮的一年，因為所有 CBRS 潛在服務應用正在蓬勃發展發展。預計到 2021 年 CBRS 的 5G stand alone 產品成熟時，各種布建作法，業務模型各商業模式都會相繼產生，CBRS 市場將會真正大步向前行。

第五節　服務應用場景

在 FCC 建立 3.5GHz CBRS 頻段共享管理架構之前，3550-3650MHz 頻率範圍原先主要作為國防部雷達系統以及商用固定衛星服務（Fixed satellite service, FSS）地面站使用，3650-3700MHz 頻率範圍當中同樣亦有少量的國防部雷達系統與 FSS 使用。為使頻譜應用更活化，FCC 於 2015 年成立公民無線寬頻服務（CBRS），並建立三層式的架構，利用頻譜接取系統（SAS）來促進該頻段的共享使用，並協調不同接取層中使用者之間的運作。

隨著公民無線寬頻服務（CBRS）的出現，不同行業的企業都可將 CBRS 頻譜用於其私有或公共無線網路。CBRS 為廣泛的新應用打開大門，服務應用場景包括：4G／5G，小型蜂窩，固定無線接取、工業物聯網、企業專網和特殊場地如體育場館網路..等等。



圖 21-CBRS 服務應用場景圖

資料來源：本研究整理

一、 為行動網路擴充容量和涵蓋範圍

行動網路業者（Mobile Network Operator, MNO）可借助 CBRS 來擴展容量、增加覆蓋範圍以及構建 4G／5G 網路。CBRS 頻段與的 4G LTE 頻段（1800MHz、2100MHz 及 2600 MHz 等）可使用載波聚合（CA）技術，來進一步提升容量。實際上，有些行動網路業者已經利用非獨立 5G 的雙連接模式（EN-DC）來達成 3.5GHz 容量提升。CBRS 具有較高的路徑損耗，這意味著用它來進行涵蓋頻段較不適合，涵蓋頻段將由例如 700MHz 和 900 MHz 在內的低頻段來完成。儘管

如此，諸如波束成形（Beamforming）之類的技術正在演進，這讓行動網路業者能夠彌補更高的路徑損耗。CBRS 透過優化頻譜接取並確保設備不受無線電干擾，為單一個 CBSD 提供更大的容量。各個業者可以利用 PAL 頻道來增加可用頻寬，最多可達 40MHz。

對於許多行動網路業者而言，在流量熱點所在地建構網路以便於提供用戶更多容量是一項挑戰。CBRS 布建快速及經濟的特點非常適合在繁忙的公共區域，例如火車站和購物中心進行佈署，CBRS 頻段非常適合合併小型蜂窩小區的緻密化工作，在密集的環境中可以實現低成本覆蓋範圍和容量。與 5.8GHz 等其他免執照頻段相比，CBRS 為室內和室外無線解決方案提供了更好的覆蓋範圍。

CBRS 基站可以提供基於 LTE 級別的網路品質控制，而無需與 Wi-Fi 共享頻段。CBRS 定義了兩類設備，稱為 A 類和 B 類，主要區別為 RF 功率。A 類設備的低功率（EIRP <1 瓦）非常適合室內覆蓋使用。

二、 企業專網 Private Networks

CBRS 是一種新的私有 LTE 網路選項，對於需要布建私有無線網路的大型企業，CBRS 不但提供了比 Wi-Fi 更安全的連線環境，還兼具 LTE 無線網路的高速和高品質。無論是在高樓層辦公大樓，大學校園或是大型偏遠站點（例如採礦業），CBRS 解決方案非常適合為企業創建私有的 LTE 網路

大型企業傳統上佈署 Wi-Fi 網路，以滿足不斷增長的無線數據需求，然而此作法一直是行動無線網路或室內無縫行動語音服務的不良替代品。

傳統上，大型企業布建 Wi-Fi 網路，以滿足不斷增長的無線數據需求。但是，Wi-Fi 網路不易滿足良好的室內行動無線互聯網或無縫

行動語音服務。FCC 已經同意第一層（Tier 1）業者的 LTE 可以透過 CBRS / LTE 的共享頻譜，而不必須使用專用的頻譜。與 Wi-Fi 接取點一樣，企業可以運作無縫的 LTE 服務。與 Wi-Fi 類似的方式，創建私有的 LTE 網路。

與 Wi-Fi 系統相比，CBRS 使用 LTE 網路架構的好處是：覆蓋區域更廣，架設的無線電基站較少。可為大型企業，如，旅館，機場和火車站等許多大型組織提供解決方案。

私有 LTE 網路具有多個優勢，例舉如下：

- 隱私性：在私有 LTE 網路中，數據永遠不會離開私有網路。這對於隱私性嚴格監管的行業，例如醫療保健或金融行業，尤其重要。
- 安全性：SIM 卡安全性可確保設備在網路上具有唯一的標識並經過正確的身份驗證。這使網路管理員可以嚴格控制網路上已被允許的設備。
- 靈活性：可以定制私有 LTE 網路，滿足組織獨特應用需求。
- 容量：私有 LTE 網路使用專用或共享頻譜。客戶可依據自身需求控制基礎架構及頻寬容量。
- 服務品質量（QoS）：蜂窩技術透過 Wi-Fi 提供了精進的 QoS 管理，客戶可以控制點到點數據通信的優先級。這樣，即使在其他網路過載或崩潰的情況下，主要業務和關鍵任務應用仍可以正常運行。
- 移動性：在公共和專用網路之間為最終用戶提供無縫體驗。

三、 固定無線接取 Fixed Wireless Access

根據美國聯邦通信委員會（FCC）2016 年 1 月的《2016 年寬頻進展報告》，有 3,400 萬（占美國人口的 10%）無法獲得 FCC 定義

的最低接取寬頻服務（下載速度 25 Mb / s；上傳速速 3Mb / s）。美國人口密度低的區域，提供寬頻服務的成本很高，CBRS 可為固定無線接取網路提供無線的最後一哩路，使用 CBRS 無線傳輸骨幹，可提供大量小型基站以無線接取點的方式連接回核心網路，而無需佈署昂貴的光纖。

四、 物聯網

物聯網（Internet of Things, IOT）會有大量連接設備在網路上傳輸。例如，智慧家居，互聯辦公，智慧城市和工業物聯網等應用。其應用服務都需依賴廣泛範圍內的設備連接，物聯網應用服務的特性，因需要有大量連接設備，故設備價格應在可接受範圍且低廉。物聯網設備連接網路頻率需求不高，CBRS 可以為物聯網提供經濟的連接網路需求解決方案，而工業物聯網（IIoT）聯盟正在推動此一目標。建構在 LTE 企業專網的 CBRS 可以運用在工業物聯網的網路上，使用 LTE RAN 進行本地專用網路管理，該網路可以針對特定工廠的工業流程進行優化，提升效率。

五、 小結

綜整上述美國 CBRS 服務應用場景，彙整應用內容、適用業者及效益如表 20 所示。

表 20-美國 CBRS 服務應用場景彙整

應用場景	業者	效益
為行動網路擴充容量和涵蓋範圍 • 構建 4G/5G 網路，使用載波聚合及 5G 的雙連接模式（EN-DC），提升容量 • 在流量熱點附近，以小型蜂窩小區增加站台，提供更多涵蓋及容量 • 為特殊場地或體育場館提供適合室內涵蓋和逐層應用	行動網路營運商	擴展行動網路容量和覆蓋範圍
企業專網 Private Networks • 設置使用私有 LTE 網路，取代 Wi-Fi 網路	私有企業、公用事業、校園企業專網	提供安全性、靈活性、高容量、高品質、低延遲、移動性的企業網路
固定無線接取 Fixed Wireless Access • 為缺乏寬頻基礎建設的偏遠地區，提供一種無線接取網路解決方案	固定網路有線及無線營運商	使用 CBRS 無線傳輸骨幹，以節省昂貴的光纖布建成本
物聯網 • 建構在 LTE 企業專網上，應用於智慧家居、互聯辦公、智慧城市和工業物聯網等應用服務 • Category B 類 CBSD 的設置和非地理定位的 Category A 類 CBSD 設置需要 CBRS 認證之專業安裝人員安裝	物聯網（IoT）	提供自動化服務及優化工業製程以提升生產效率

資料來源：本研究整理

第六章　我國動態頻譜共享驗證平臺規劃與設置

第一節　系統架構

頻譜共享 PoS 實驗平臺規劃與建置：SAS 平臺經客製化讀取臺灣地理及衛星資料，以臺灣地理與衛星資訊設置，在實際場域實證，驗測 PoS 其 SAS 平臺與 CBSD 之可用性評估。

- 期中階段（CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證）：於實驗室 IOT 環境中實測本地 CBSD 直接連接至遠端 SAS，驗證在 SAS 匯入符合美國 NLCD 格式之臺灣圖資後，經自動回報 GPS 真實座標位置的 CBSD 能夠正確顯示於 SAS 系統的設備位置地圖。
- 期末階段（CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證）：於電信業者申請的在地場域架設室內、外基站，驗證 SAS 平臺的系統管理、使用者存取服務、CBSD 註冊流程、設備介接、頻譜排程、系統協調…等功能，驗證執行上軟硬體可能衍生問題。查看運作流程是否可依 WinnForum 及 FCC 規定實行。

頻譜共享（Spectrum Sharing）是 CBRS 系統的根本，而 SAS 平臺是管理 CBRS 頻段最重要的元件。SAS 平臺設計必須符合政府法規及技術標準，同時須達到頻譜優化使用的結果。CommScope SAS 平臺已取得美國 FCC 認證，具公信力及代表性，本計畫採用美國 CommScope SAS 解決方案。CommScope SAS 將架設在 AWS（Amazon Web Services）雲端伺服器，提供 CBSD 連線進行整合測試。由於本實驗平臺非正式營運環境，未取得憑證管理機構（Certificate Authority, CA）所正式核發憑證，相關認證將由 SAS 端模擬產生提供。CBSD 接收到 SAS 提供的相關認證檔案，完成設定

相關認證檔案及連接 SAS (URL: https://iot.sascms.net:8443)後即完成連線

- 期中階段（CBSD與SAS平臺互通性測試驗證）主要的架構單元，包含 Spectrum Access Systesm（SAS）廠商，提供專為本案獨立設置之 SAS 應用伺服器架設於雲端服務的平臺。Indoor CBSD，由 CBSD 廠商提供具有 CBRS 認證的小型基站（包括 CBSD 安裝、測試與 SAS 平臺直連整合與驗證測試）。
- 期末階段（CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證）主要的架構單元，包含 Domain Proxy 及其配屬 LTE 基站，由行動通信業者提供具有 CBRS 認證的 LTE 相關設備，與 SAS 作客製化整合運用，當基站自動接收 GPS 信號回報臺灣座標位置給 CBSD，SAS 實際運作下協調 Domain Proxy 與各 CBSD 運用，多元運用場景規劃延伸至室內與室外上實作以達成綜觀評估。

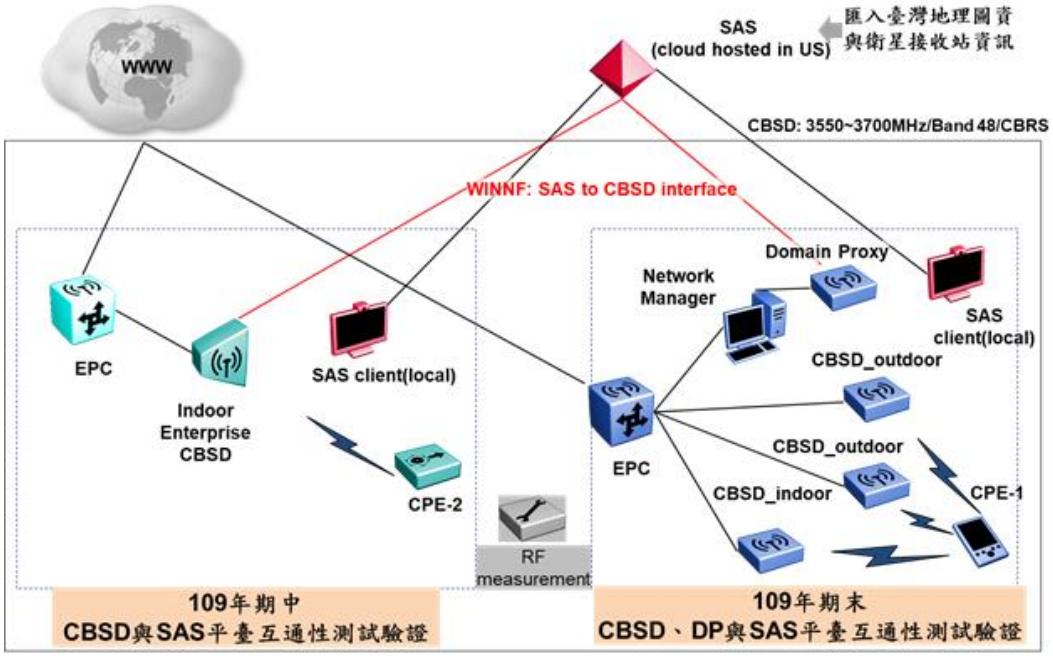


圖 22-SAS-DP-CBSD IOT 平臺

資料來源：本研究整理

下列為 SAS-DP-CBSD IOT 平臺時序說明圖及表格，其表示 SAS 平臺至 CBSD 到終端的訊息傳遞的順序與介面。

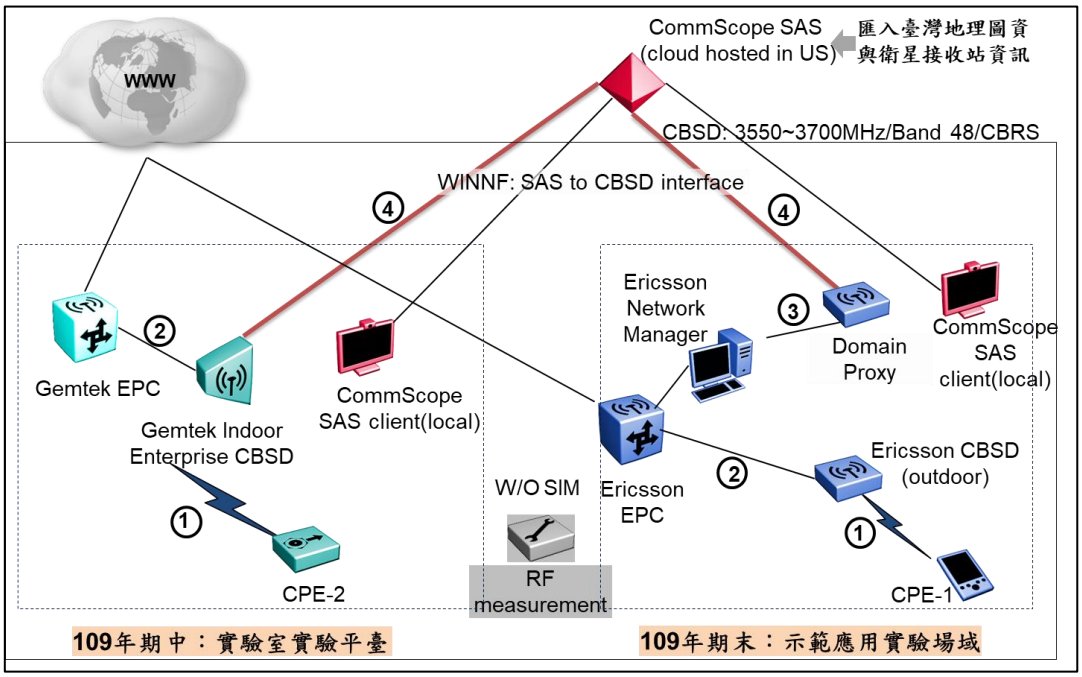


圖 23-SAS-DP-CBSD IOT 平臺時序說明

資料來源：本研究整理

表 21-SAS-CBSD IOT 平臺架構時序說明表

時序	介面名稱	介面說明
1	LTE-Uu	終端與基站間的控制及使用 LTE 介面 An interface for the control and user plans between an UE and eNB (CBSD)
2	S1	基站與 LTE 核心網間的介面 An interface between eNB(CBSD) and EPC
3	ENM	Domain Proxy 與 LTE 核心網網管介面 An interface between Network Management and Domain Proxy
4	SAS-CBSD	SAS 與 LTE 基站/ LTE 核心網間的控制介面 An interface between CBSD and SAS, or Domain Proxy and SAS

資料來源：本研究整理

針對 CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證，其中 CBSD 與 Ericssin EPC 溝通介面為 S1-MME interface 與 S1-U interface，Ericssin EPC 與 Domain Proxy 溝通的介面為 Netconf protocol，Domain Proxy 與 SAS 溝通介面為根據 WInnForum WINNF-TS-0016 文件所定義 SAS—CBSD Interface protocol 並以 https/JSON 格式做為 SAS 與 DP 間傳遞信訊，如圖 24 所示。

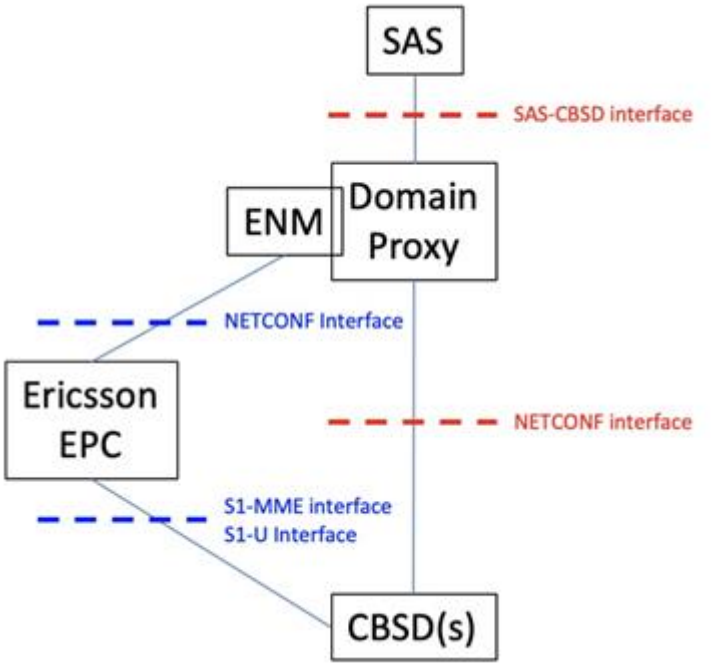


圖 24-SAS–Domain Proxy–CBSD interface protocol

資料來源：本研究整理

表 22-各階段之環境建置、設備數量配置及協作廠商表

	期中：CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證	期末：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證
環境	實驗室（室內）	示範應用實驗場域（室內／室外）
實證內容	CBSD 與 SAS 平臺直接連線功能驗證	CBSDs 透過 Domain Proxy 與 SAS 平臺連線，進行相關功能驗證
圖資	1. 依 SAS 平臺規格要求，客製化臺灣圖資並匯入 SAS 系統。	

環境設定	2. 將 CBSD 實際經緯度座標呈現在臺灣圖資。	
設備	EPC、Indoor CBSD、CPE／UE、SAS Client	EPC、Indoor CBSD、Outdoor CBSD*2、Domain Proxy(Network Manager)、CPE／UE、SAS Client
協作廠商	正文科技（實驗室環境）、聯瑞科技／CommScope（SAS 平臺）	亞太電信／Ericsson（實際場域環境）、聯瑞科技／CommScope（SAS 平臺）

資料來源：本研究整理

第二節　CommScope SAS 平臺解決方案

SAS 平臺是頻譜共享管理機制的核心，SAS 平臺主要的功能在於連結外部資料庫及其他 SAS 平臺，並即時進行資料更新，以利於控制管理眾多的 CBSD 終端。在 WInnForum Standards 標準規範文件中定義了 SAS 平臺間的互通（Inter-SAS Communication）標準。在單一 SAS 平臺環境中，SAS 會連接所管理的 CBSD 及 Domain Proxy 設備提供頻譜共享管理服務並可與環境感測能力（Environmental Sensing Capability, ESC）系統接連整合。

在美國，SAS 平臺連結的外部資料庫包含 FCC 資料庫、ESC 及其他相關資料庫等。其中環境感測能力系統部分，其功能主要為須考慮美軍雷達活動，排除 CBRS 運作對軍方通訊產生妨害性干擾的控制機制，在臺灣因無此情境，故無須具備該功能。

由於實際場域環境中，CBSD 佈署數量、頻率管理分配原則、干擾狀況等元素形成一個非常複雜的情境，因此 SAS 平臺必須具備強大的運算和處理能力，才能同時和為數眾多的 CBSD 進行資料交換。

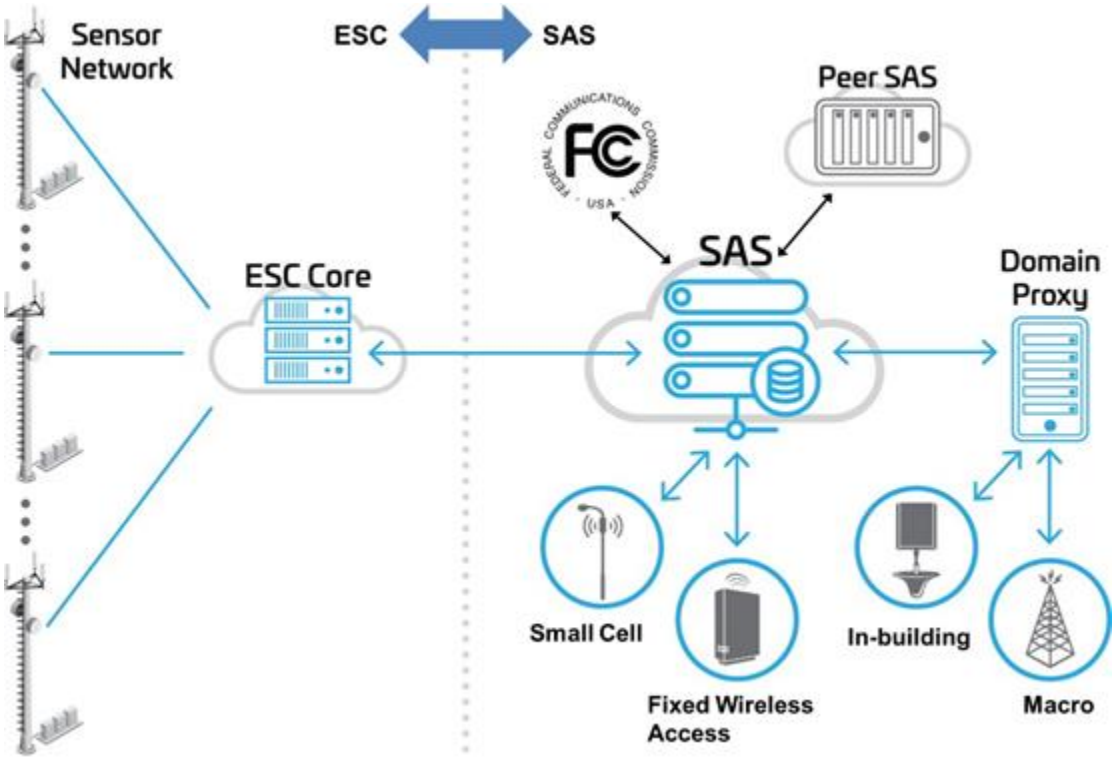


圖 25-CommScope SAS CBRS 系統架構

資料來源：CommScope

CommScope SAS 平臺主要核心功能包括：

- 於指定地理位置確認可用頻率並將其分配給 CBSD。
- 確認 CBSD 最大允許傳輸發射功率。
- 註冊並驗證 CBSD 的身份和位置。
- 強制既有服務保護／禁制區（Enforce Exclusion and Protection zone）以確保 CBRS 頻段既有使用者免於 CBSD 干擾情形。
- 確保既有接取（Incumbent Access, IA）使用者（如美國軍方、衛星地面站）使用的頻段不受干擾。
- 保護優先接取執照使用者（Priority Access License, PAL）免受其他 CBRS 使用者造成的妨害性干擾。
- 協調一般許可接取（GAA）使用者以促進穩定的頻率使用環境。

CommScope SAS 平臺主要核心功能，是依據符合 WInnForum 在 WINNF-TS-0112 V1.9.1 （Requirements for Commercial Operation in the U.S. 3550-3700 MHz Citizens Broadband Radio Service Band）第四章對 SAS 平臺的要求，共有下列功能，整理如下表。

表 23-SAS 平臺功能匯整表

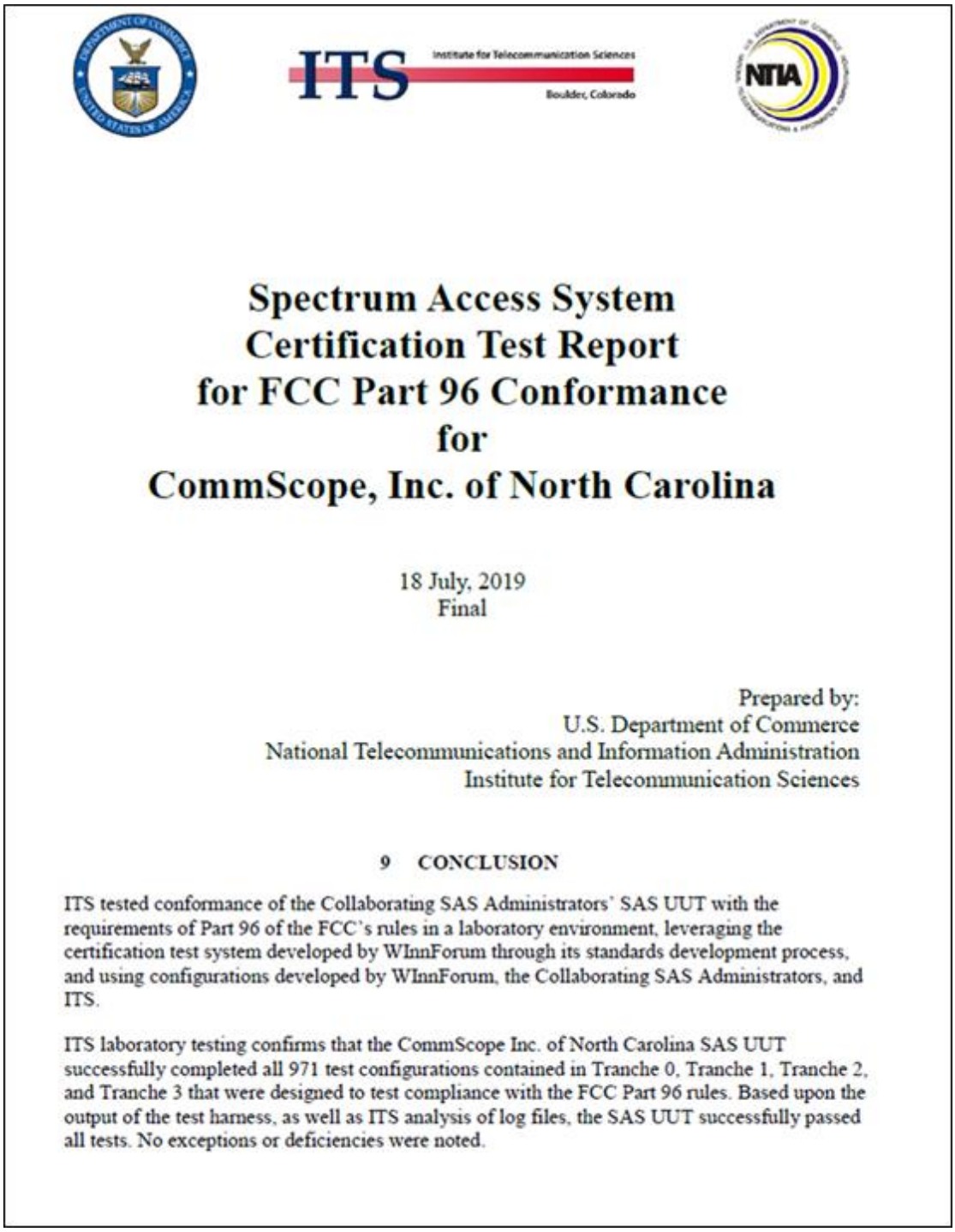
項目	功能描述
1	SAS 平臺一般要求功能 • 註冊並驗證 CBSD 和授權 • 於指定地理位置確認可用頻率並將其分配給 CBSD • 保持有關註冊 CBSD 的最新狀態訊息 • 與 FCC 資料庫連接，更新 SAS 正常運行所需的訊息
2	既有接取使用者保護管理 • 確保既有接取（Incumbent Access, IA）使用者，如美國海軍雷達方、衛星地面站、傳統式無線寬頻等，使用的頻段不受干擾。
3	干擾和禁區管理 • 彙總干擾計算，確認 CBSD 最大允許傳輸發射功率 • 保持受保護 FSS 位置的地理位置配置，以及聯邦既有接取使用者禁區和保護區的最新狀態訊息 • 同頻道離岸動態保護區管理
4	SAS 管理員功能 ■ 管理 CBSD 使用者，並向其收取合理服務費用
5	對 PAL 持有人的管理服務 ■ 保護優先接取執照使用者（Priority Access License, PAL）免受其他 CBRS 使用者造成的妨害性干擾 ■ 管理 PAL 資料庫 ■ 驗證 PAL 所有者並和 SAS 管理員交換 PPA 相關訊息 ■ PAL 使用者設定 PPA 及 PPA 衝突解決

6	對 GAA 使用者的管理服務 ■ 協調所有 GAA CBSD 間的 GAA 共存，以促進穩定的頻率使用環境
7	SAS 平臺之間的通信 ■ 在 SAS 之間交換 SAS 基本數據 ■ SAS 之間共享 ESC 當前偵測訊息 ■ SAS 之間共享因保護聯邦海軍雷達的臨時操作，而擴展或修改禁區或保護區的訊息 ■ 環境感測能力系統訊息共享

資料來源：本研究整理

SAS 平臺的任務是保護既有接取（Incumbent Access）使用者免受妨害性干擾，並確保所有 CBSD 有效使用 3.5GHz 頻帶。SAS 平臺由環境感測能力（ESC）系統提供資訊，並通過一系列複雜的算法來確保執行 FCC 規則，並同時最大程度地商業化獲得可用頻譜。SAS 平臺和 CBSD 必須取得符合 FCC Part 96 的認證。

CommScope SAS 平臺通過 FCC Part 96 認證測試報告資料如圖 26 所示：



Spectrum Access System
Certification Test Report
for FCC Part 96 Conformance
for
CommScope, Inc. of North Carolina

18 July, 2019
Final

Prepared by:
U.S. Department of Commerce
National Telecommunications and Information Administration
Institute for Telecommunication Sciences

9 CONCLUSION

ITS tested conformance of the Collaborating SAS Administrators' SAS UUT with the requirements of Part 96 of the FCC's rules in a laboratory environment, leveraging the certification test system developed by WInnForum through its standards development process, and using configurations developed by WInnForum, the Collaborating SAS Administrators, and ITS.

ITS laboratory testing confirms that the CommScope Inc. of North Carolina SAS UUT successfully completed all 971 test configurations contained in Tranche 0, Tranche 1, Tranche 2, and Tranche 3 that were designed to test compliance with the FCC Part 96 rules. Based upon the output of the test harness, as well as ITS analysis of log files, the SAS UUT successfully passed all tests. No exceptions or deficiencies were noted.

圖 26-CommScope SAS Part 96 測試報告

資料來源：CommScope

一、 雲端佈署與服務安全管理

SAS 平臺建構在以微服務基礎（Micro-Services Based）的軟體架構上，此架構是由許多小服務所組成，這些個別小服務可封裝所有對應到單一特性的功能構成大型系統。個別小服務之規模不大且較易進行維護，可在對其他服務產生低度甚或沒有任何影響的情況下，即時進行擴充或升級。CommScope 利用此種系統設計方式，可支援分散式雲端託管平臺達千萬以上個 CBSDs，且系統可用性高達 99.999%。

(一)雲端佈署（Cloud-based Deployment）

CommScope SAS 平臺的布建採異地備援架構，布建在 4 個實際上分開的 Amazon Web Services (AWS)的可用區域（Availability Zones, AZs），以避免因廣域停電、網路故障或天然災害造成系統中斷。通過使用多個 AZ，如果其中一個 AZ 發生故障，SAS 將繼續在其他區域中運行。在給定的可用區內，軟體以備援方式運行，因此可用區內的故障不會阻止 SAS 操作。此外，在個別 AZ 的軟體架構也採備援機制，更進一步提高系統可用性。

來自 CBSDs、ESC 或使用者的請求是由彈性負載平衡器（Elastic Load Balancers）來處理：

- 請求將分散在多個 AZ 中執行。
- 如果執行中伺服器失效，則請求將自動轉到其它伺服器進行處理。

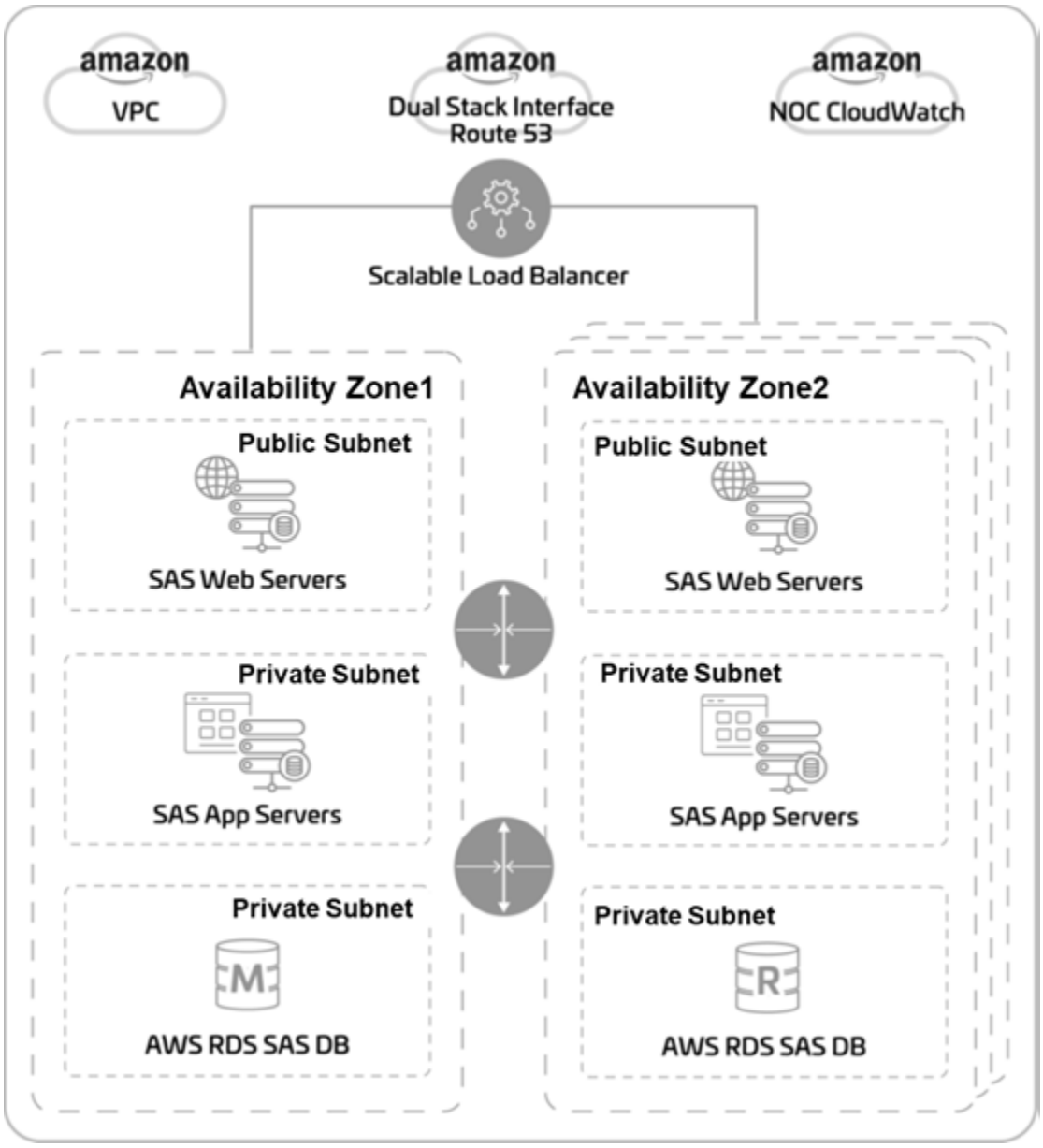


圖 27-SAS 架構於 AWS 伺服器高階層示意圖

資料來源：CommScope

(二)SAS 平臺 網路安全（SAS Network Security）

SAS 平臺的組成單元及網路元件會放置在不同的安全系統群組中，同時在每一群組中可用不同設定規則。SAS 伺服器及資料庫被安置在私有的子網路並不會直接與公眾網路接連。

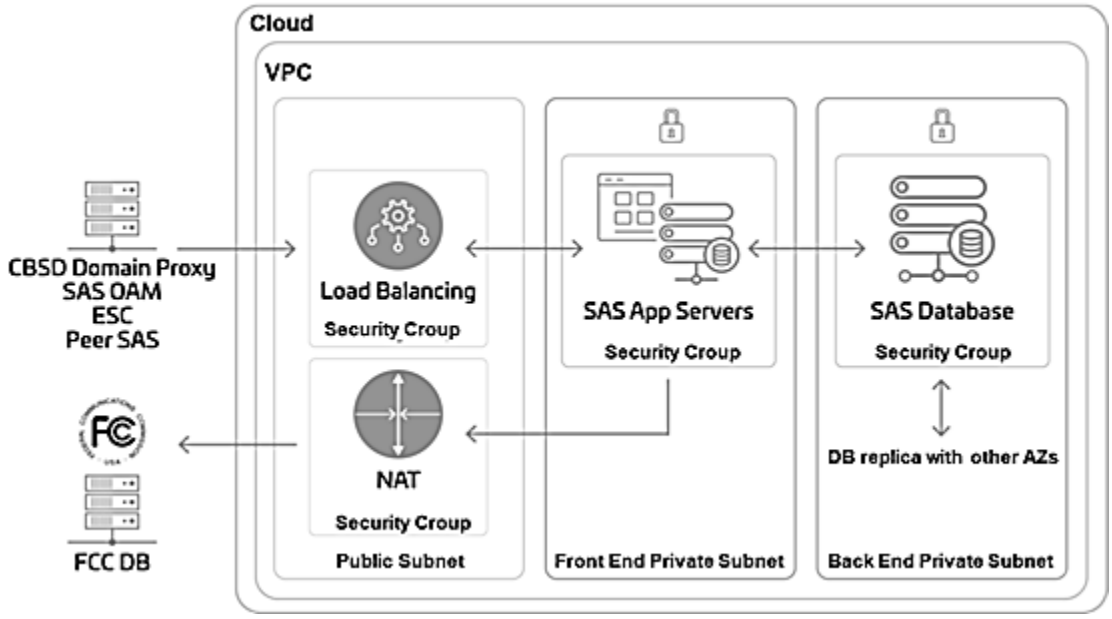


圖 28-SAS 網路安全系統

資料來源：CommScope

二、 SAS 平臺主要功能與架構

SAS 平臺主要功能與架構如圖 29 所示，黑色虛線外的外部介面，連接 FCC 資料庫、環境感測能力設備核心網路、其他公司提供的 SAS 平臺、透過 Domain Proxy 的 CBSD 以及沒有透過 Domain Proxy 的 CBSD 及其他無線電設備。黑色虛線內的為 SAS 內部元件，其主要功能詳述如下。

(一)SAS 平臺 核心模組（Primary SAS Services）

SAS 平臺核心模組的功能為處理 SAS-to-SAS 互通、與 ESC 系統互通、FCC 資料庫資料同步及使用者提出的指令。

(二)CBSD 服務模組（CBSD Services）

CBSD 服務模組專門處理來自各個 CBSD 設備及區域代理器（Domain Proxy, DP）的需求（註冊、查詢、授權、心跳等）。CBSD 服務模組須處理執行時間較長的請求(例如區域代理伺服器授權請求）和大量密集請求（例如：心跳傳輸），因此必須具備非常高的系統效率。

(三)訊息協調器（Message Broker）與應用服務模組（Services）

訊息協調器是一種高速訊息路由器，可將訊息依序排列並將其傳遞給服務使用者。一般來說，一旦傳遞流程開始啟動，服務協調器需要確認訊息／服務已被接收。如果接收訊息／服務之終端不回應，訊息協調器就會重覆傳遞並確保不會誤傳給其他使用者。

(四)SAS 平臺資料庫

SAS 裡有兩個主要資料庫：SAS 資料庫（SAS Database）及 NoSQL 資料庫（NoSQL Database）。兩者都符合 ISO／IEC 10026-1:1992 標準的 ACID 特性要求，其定義資料庫管理系統 (DBMS)在處理資料異動所需要具備的功能，要求 DBMS 在寫入、異動資料的過程中，為保證資料庫交易(transaction)的正確可靠，必須具備四個特性，即：不可分割性 (Atomicity)、資料一致性 (Consistency)、獨立性 (Isolation)以及持久性 (Durability)。

SAS 資料庫功能為儲存 FCC 資料庫相關數據、客戶資料、登錄資訊、地理位置資訊（locations）、禁制區（exclusion zones）、保護區（protection areas）、其他地理位置相關的數據資料。

NoSQL 資料庫功能為儲存信號報告數據及暫停心跳回應。NoSQL 為水平擴展資料庫設計，可以較低的成本取得更高的系統效率。

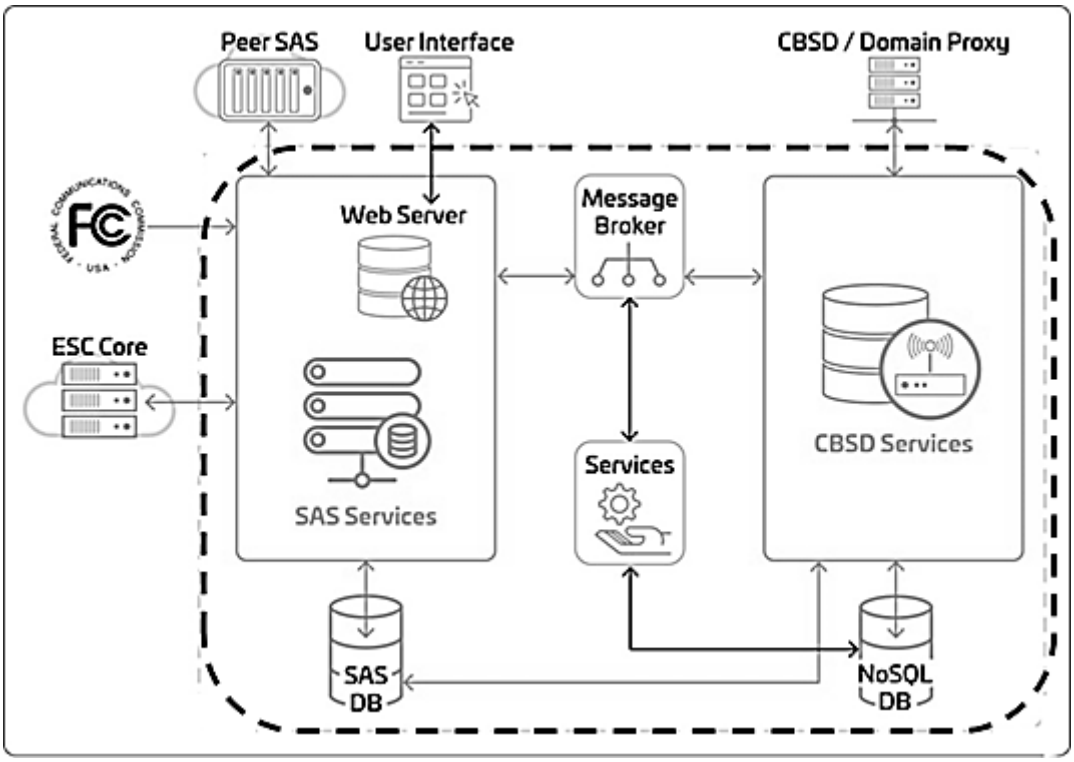


圖 29-CommScope SAS 主要功能及架構

資料來源：CommScope

三、 SAS 平臺對 CBSD 的服務

(一)SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的資料

SAS 平臺與 CBSD 間的訊息傳遞主要為：註冊、查詢、授權、心跳傳輸、放棄及取消註冊請求等（Registration, Inquiry, Spectrum Grant, Heartbeat, Relinquishment and De-Registration Requests）。這些資料將儲存在高可用性及高效率的 SAS 資料庫子系統。

(二)心跳傳輸（Heartbeat Requests）

心跳傳輸主要讓 CBSD 知會 SAS 有關 CBSD 請求授權使用或繼續使用授權頻譜。SAS 亦可利用此訊息暫停或終止授權 CBSD 使用頻譜。當授權頻譜暫停或終止後，SAS 可以再傳送不同作業參數給 CBSD。當 CBSD 數量增加時，CBSD 心跳傳輸頻率會增加到每秒數十萬筆。

(三)干擾餘量運算（Computation of Interference Margin Partition）

由於 SAS 平臺最主要任務在於有效管理頻段及避免互相干擾，因此即時的干擾餘運算量非常龐大，這也是最耗 SAS 系統 CPU 資源的部分。

(四)SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的回應代碼和資料（Response Codes and Data）

SAS 平臺與 CBSD 間的訊息傳遞，包括了 SAS 平臺傳遞回應代碼參數（Response Cod），亦即 SAS 將回應請求的狀態通知 CBSD。回應代碼分為以下幾類，詳請參閱表 24 說明。SAS 平臺傳遞的每個回應代碼參數皆可以對應包含在 CBSD 或其他網路實體的傳遞給 SAS 平臺的訊息中，使用 CBSD log 可以進行針對該 CBSD 與 SAS 平臺間相關問題分析與解答。回應代碼參數請參考：WINNF-TS-0016-V1.2.5 Signaling Protocols and Procedures for Citizens Broadband Radio Service (CBRS) : Spectrum Access System (SAS) - Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD) Interface Technical Specification.，回應代碼分類如下：

表 24-SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的回應代碼分類

回應碼數值	說明
100—199	CBSD 與 SAS—CBSD 協定的錯誤
200—299	與 CBSD 註冊過程有關的錯誤事件

300—399	與頻譜查詢過程有關的錯誤事件
400—499	與授權程序相關的錯誤事件
500—599	與心跳過程相關的錯誤事件

資料來源：本研究整理

表 25-SAS 平臺與 CBSD 間傳遞的回應代碼（Response Code）表

回應碼數值	說明	
0	SUCCESS	CBSD 的請求已通過 SAS 核准
100	VERSION	SAS 不支援 CBSD 使用的 SAS 協議版本
101	BLACKLISTED	CBSD 已列入黑名單。如果 CBSD 處於 SAS 或 FCC 強制措施之下，並且被禁止操作，則回應此回應碼。通常，除非採取本規範之外的措施，否則 CBSD 不應嘗試重新註冊
102	MISSING_PARAM	缺少必需的參數
103	INVALID_VALUE	一個或多個參數的值無效
104	CERT_ERROR	用於發出請求的憑證中存在錯誤（例如，憑證的角色錯誤）
105	DEREGISTER	接收此回應碼的 CBSD 將由 SAS 自動註銷。CBSD 將停止所有傳輸，終止所有授權，並認為本身未註冊。SAS 可以在任何訊息

		中包含此回應代碼參數。回應的訊息參數可以包含描述註銷原因
200	REG_PENDING	註冊訊息不完整，可能缺少註冊訊息參數，SAS 回應註冊過程正在等待中。當 CBSD 補充提供給 SAS 所缺少的註冊訊息，CBSD 可能會被 SAS 準許成功完成註冊。
201	GROUP_ERROR	在 CBSD 的單元群組參數中發現了一個錯誤
202	CATEGORY_ERROR	CBSD 類別錯誤
300	UNSUPPORTED_SPECTRUM	SAS 平臺在頻譜查詢請求或授權請求中不支援此頻譜
400	INTERFERENCE	請求的操作參數會導致過多干擾。此回應碼值指示，如果 CBSD 重試請求並帶有相同重覆干擾參數，授權請求會不成功。
401	GRANT_CONFLICT	CBSD 的請求，在 SAS 中現有授權存在衝突。CBSD 需通過回應請求訊息中，反迴相關數據進行補求，將其授權狀態與 SAS 同步並放棄所有不同步的授權。

500	TERMINATED_GRANT	CBSD 的授權已被 SAS 終止。可能會發生的情況，例如，現有 CBSD 狀態在 SAS 中已被永久更改，導致當前 CBSD 的授權終止。根據 Part 96.39 規定 CBSD 應在 transmitExpireTime 參數值已經過期後，CBSD 於 60 秒內關閉與該授權關聯的無線電傳輸，終止無線電發送。 該授權被 SAS 終止，CBSD 需放棄該授權及包含在該授權裡的心跳回應與相關操作參數，CBSD 應該重新進行授權請求程序，去獲得新的授權。
501	SUSPENDED_GRANT	該 CBSD 的授權被 SAS 暫停。如果現有 CBSD 狀態被 SAS 臨時更改，則會發生這種情況。根據 Part 96.39 規定 CBSD 應在 transmitExpireTime 參數值已經過期後，CBSD 於 60 秒內關閉與該授權關聯的無線電傳輸，終止無線電發送。在這種情況下，CBSD 可能會繼續發送心

		跳要求對象並等待直到重新啟用授權，或者可能會放棄授權並請求另一個新的授權。
502	UNSYNC_OP_PARAM	操作參數或授權狀態在 CBSD 和 SAS 之間不同步。在這種情況下，CBSD 應立即關閉所有無線電傳輸並放棄授權。然後，CBSD 可以選擇請求另一個授權。

資料來源：本研究整理

四、 SAS 平臺在動態保護區中對既有使用者的保護機制

WinnForum 在 WINNF-20-IN-0065r1 CBRS Incumbent Protections and Encumbrances Overview 的第 2.7 章節中，規範了 SAS 在動態保護區（Dynamic Protection Areas, DPA）中對聯邦政府既有使用者的運作，以及 SAS 的頻譜排程功能。

聯邦政府既有使用者運作通常是動態的。例如，軍艦上的雷達或地面雷達，其運行僅在特定時間和特定頻段發生。理論上，CBRS 只要在雷達系統運行的時間，地點和在雷達系統操作的頻段上保護聯邦政府的既有使用者的運行，其他時間是可以把頻譜分享給其它使用者使用。下列幾種方法可以確定聯邦政府的既有使用者是否有在使用特定頻譜，並由 SAS 平臺提供保護機制：

(一)透過 ESC 環境感測能力系統

在沿岸和一些內陸 DPA 區域佈署環境感測能力（ESC）系統，涵蓋特定的 DPA 區域。ESC 系統將偵測聯邦政府既有使用者何時在特定 DPA 中進行運作，使用的頻率及頻率範圍。DPA 在該頻率範圍內被視為是「動態的」。ESC 會將此訊息提供給與其連接的 SAS 平臺。

(二)頻譜排程功能

聯邦政府既有使用者可以運用頻譜排程的運作，在某些內陸動態保護區 DPA 的入口網站的線上日曆，預先設定所需的日期、時間和使用的頻率範圍。SAS 平臺會自動定期連接 DPA 的入口網站，並在計劃的活動期間內保護 DPA 的聯邦政府既有使用者使用的頻譜。入口網站數據僅供聯邦政府既有使用者和 SAS 使用，並不對外公開。

(三)Always-on DPAs

有些 DPA 是將聯邦政府既有使用者的工作頻率範圍內定義為始終處於使用中狀態。

(四)Exclusion Zones 禁制區

軍方在某些站點周圍定義了某些禁制區域，禁止在這些區域範圍內的特定頻率範圍進行 CBRS 操作。有些 DPA 是將聯邦政府既有使用者的工作頻率範圍內定義為始終處於使用中。

另外，當 ESC 系統將偵測到聯邦政府既有使用者在特定 DPA 中進行運作，會要求該區域正在使用該頻率的 CBSD 換頻或是終止發射。根據 FCC Part 96.15 的要求，在 ESC 通知偵測到聯邦系統發出的信號後 300 秒內，要通知 SAS 平臺，並由 SAS 平臺通知並確認使用該頻段的 CBSD 要移頻或終止發射。

依據 CommScope SAS 平臺研發規劃，近期將導入以下兩項新功能，來降低 CBSD 換頻的等待時間（Reduce latency in the evacuation and frequency change process.）：

- Quick Authorization Near Incumbents：在聯邦政府既有使用者附近的快速授權。
- Speed up of Spectrum Inquiry response：加快頻譜查詢回應。

五、 SAS 平臺之間的定期合作活動（CPAS）

SAS 管理員必須提供所有必要的訊息，以有效地協調 CBSD 之間和其他 SAS 管理員之間有效的操作。SAS 管理員之間的訊息交換，則有賴於 SAS 之間的定期合作活動 CPAS (Cooperative Periodic Activities among SASs, CPAS)。

WInnForum 在檔案 WINNF-SSC-0008 V1.3.0 中有針對 CPAS 定義，根據 WinnForum 的定義，所有的 SAS 平臺應以基本類似的方式協同合作確定 CBSD 可使用的頻段及功率（以 CBSD EIRP 數值做為信令的溝通與計算）。為了在所有 SAS 平臺間實現資料同步，定義了一種稱為 CPAS 的過程。CPAS 是由所有 SAS 管理員同步執行的定期過程。以下說明 CPAS 執行過程，從時間 T_1 開始，每隔 24 小時所有 SAS 平臺同步執行

- T1 時間：每個 SAS 創建並完整轉存資料記錄檔案的時間，包括所有 CBSD 的有效的授權、所有 PPA、所有 ESC 感測器的位置，天線特性和保護等級等資料。
- T2 時間：每個 SAS 平臺從所有其他 SAS 平臺獲得完整轉存資料記錄檔案與每個 SAS 平臺與所有的外部資料庫（FCC 和 WInnForum）同步的時間，並執行過濾 CBSD 衝突授權，

確定經過篩選程序後有衝突授權將被終止，例如找到其頻率範圍與以下禁區部分或完全重疊的 CBSD，連接這些禁區中的 CBSD 所擁有的授權並確認終止這些授權。

- T3 時間：因應 FCC 相關規則定義 SAS 平臺需要調整並改變的 CBSD。例如在運作中的 DPA 頻道所對應的 CBSD 授權中，進行授權的心跳響應所帶有的功率參數（例：maxEIRP）必須降低，則 SAS 需要先暫停或終止 CBSD 授權，並在所對應的 CBSD 心跳響應中指示新的操作參數。在 T3 時間 + 300 秒之後，每個 SAS 平臺依據 DPA 動態計算其新的 SAS 可用頻段，來批准和授權 CBSD 使用該頻段。

六、 SAS 平臺使用的傳播模型

WInnForum 在 WINNF-TS-0112 V1.9.1 （ Requirements for Commercial Operation in the U.S. 3550-3700 MHz Citizens Broadband Radio Service Band）第 4.1 節 SAS 一般要求中，定義了 SAS 應使用的傳播模型。

根據 WINNF-TS-0112 V1.9.1 R2-SGN-03 規則，對於初始認證，SAS 平臺使用 NTIA 所轄美國電信科學研究院（ITS）提出的不規則地形模型（Irregular Terrain Model, ITM），以點對點模式（Point-to-Point Mode）來計算對於 FSS 衛星接收站，DPA 保護和 ESC 感測器的保護與干擾機制。

對於初始認證，SAS 必須使用被要求的傳播模型，以確定在 PPA 中使用的傳播損耗，GWPZ 計算以及對 3550-3700 MHz 頻譜以外的所有系統的保護。如果 CBSD 在室內，則需加計 15 dB 損耗中，作為通過建築物引起的訊號衰減。

經過初始認證後，SAS 可以使用其他傳播模型，包括混合模型或特定於應用程序的模型但必須經過 FCC 的批准。

CommScope 的 SAS 平臺遵循 WInnForum 的規範，在點對點的傳播場景，如 FSS 衛星接收站、離岸及陸地的軍方雷達和 DPA 保護區，使用 ITM 模型。而在其他傳播場景，如 PPA 及 GWPZ，在 FCC 的批准下，使用 Hybrid（混合）模型。ITM 模型及 Hybrid 模型說明如下：

(一)ITM 模型（Irregular Terrain Model, ITM）

ITM 模型（Irregular Terrain Model, ITM）為美國電信科學研究院（ITS）的模型，適用頻率範圍為 20MHz 至 20GHz。該模型基於電磁理論以及對地形特徵和無線電測量的統計分析，能應用於多種工程問題，可預測無線電信號的中值衰減與距離的關係，以及訊號在時間和空間上的可變性。適用於 CBRS 的以下參數（參照 WInnForum 在 WINNF-TS-0112 V1.9.1 內容）：

- 極化= 1（垂直）
- 介電常數= 25（接地良好）
- 電導率= 0.02 S / m（接地良好）
- 可信度= 0.5 變異模式

ITM 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數如圖 30 所示：

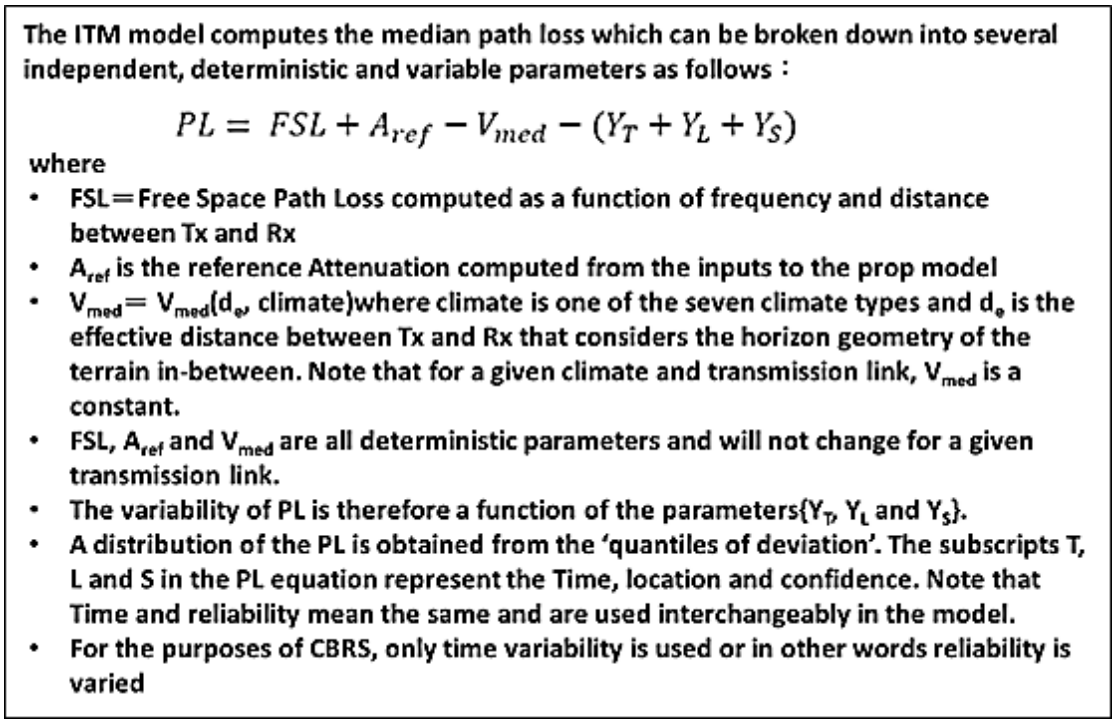


圖 30-ITM 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數

資料來源：CommScope

(二)Hybrid 模型

Hybrid 模型是從原始 HATA 模型（E-HATA）混合和 ITM 模型改良擴充而來，並對 E-HATA 進行了修改，以適用於 CBRS。無論 CBSD 天線的實際結構高度如何，其天線結構高度（即天線中心線離地面的高度）均不得小於 20 公尺。CBSD 天線的有效高度（以公尺為單位），處定義如下：

- 小於 3 公里的路徑，hb 是 CBSD 天線的結構高度（即 hb = hcbsd）。
- 大於或等於 3 公里，但小於或等於 15 公里的路徑長度，hb 是結構高度 hcbsd 加（d-3）/ 12 倍 CBSD 天線的地形高程與平均地形之間的差值 距接收器位置 3 公里以上的高度。

- 超過 15 公里的路徑，hb 是結構高度 hcbsd，加上 CBSD 的地形標高與 3 公里到 15 公里範圍內的平均地形標高之差。
- 不論 CBSD 天線的計算有效高度如何，hb 均不得小於 20 公尺。

Hybrid 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數如圖 31 所示：

Distance d [km]	Formulas
$d \le 0.1$	Loss = $L_{fs}(f,d) = 20\log_{10}(R) + 20\log_{10} f_{MHz} - 27.56$, where $R = \sqrt{(1000d)^2 + (h_{cbsd} - h_m)^2}$
$0.1 < d < 1.0$	$\text{Loss} = L_{fs}(f, 0.1) + [1 + \log_{10}(d)] \cdot [L_{EHB}(f, h_{cbsd}, h_m, r; d = 1\ km) - L_{fs}(f, 0.1)]$
$1.0 \le d \le 80.0$	$\text{Loss} = \begin{cases} L_{ITM} & if\ \ L_{ITM}^{MED} \ge L_{EH} \\ L_{EH} & \text{otherwise} \end{cases}$
$80.0 < d$	$\text{Loss} = L_{ITM}(f, h_{cbsd}, h_m, p(d)) + J$, where $J = \max[L_{EH}(f, h_{cbsd}, h_m, r, p(d_{80})) - L_{ITM}^{MED}(f, h_{cbsd}, h_m, p(d_{80}))]$
ANY	Loss = L_{ITM} if $h_b \ge 200$ m or r = "Rural"

- L_{ITM}: ITM point-to-point loss (in dB) using desired values of reliability and confidence factors
- L_{ITM}^{MED}: Median ITM point-to-point loss (in dB) using reliability and confidence factors of 0.5.
- L_{EH}:The loss (in dB) computed using the extended Hata model as defined in TR 15-517, with all site-specific corrections (effective height, rolling hilly terrain, etc.) applied. Note, however, the effective height corrections are not applied on the receive side of the link
- L_{EHB} :The loss (in dB) computed using the site general extended Hata model (i.e., without any site-specific correction factors applied).
- L_{fS}:Free space path loss
- r: Refers to "urban," "suburban," or "rural," as derived from the NLCD land cover database and used by the extended Hata model.

圖 31-Hybrid 模型計算中值路徑損耗公式及相關參數

資料來源：CommScope

第三節　測試場域設置

一、 期中：CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證

本階段於新竹正文實驗室進行 CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證，本實驗場域設置主要目的為實際驗證 SAS 及 CBSD 間 IOT 連接測試，CommScope SAS 匯入臺灣圖資後，正文 CBSD 自動回報 GPS 真實座標位置將能夠正確顯示於 SAS 平臺中。因本階段測試不涉及無線電頻率發射情境，CBSD 設備之架設、測試地點均於正文科技湖口總部 5F 實驗室進行。CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證的測試期間為 2020/02/27 至 2020/03/12。

表 26-CommScope SAS PoS 設置表

SAS Deployment Platform	AWS Cloud Base Deplyment
Terrain Data	America
Band:	US. CBRS Band
SAS version:	1.2

資料來源：本研究整理

表 27-正文 CBSD PoS 設置表

HW Model	WLTGFC-105
TDD/FDD	TDD
Band:	48
eNB Firmware version:	2.1.1890.562-wltgfc105-gemtek-tdd-C

資料來源：本研究整理

二、 期末：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證

於內湖亞太電信場域進行 CBSDs、DP 與 SAS 平臺連接測試，此為建立動態頻譜管理示範應用場域，將實際驗證 SAS 設備及 DP 設備間 IOT 接連測試。DP 在一端作為對 SAS 介面的終止端口，另一端則對 CBSDs 介接。預計設備架設、測試地點為亞太電信內湖總部實驗室，建置工作將依計畫時程執行，依通傳會「學術教育或實驗研發電信網路設置使用申請作業流程」規定進行申請（eNodeB 設備細部設定將於實驗網域架設核准及設備進口後進行）。CBRS 實驗網設置計畫書及申請文件，已於民國（下同）108 年 10 月 15 日送交通傳會，申請的頻率範圍為 3570～3700 MHz，共 130 MHz，並於 109 年 3 月 25 日獲通傳會核准。

表 28-實驗場域申請、建置及相關活動時程

工作項目	完成日期	說明
網路架設許可	108/10/30	10/15 送件申請，10/30 已通過審查取得核准
電臺架設許可	108/11/30	11/30 前提出電臺設置申請
取得電臺架設許可	108/12/19	12/19 取得架設許可
辦理設備進口	109/02/14	2/14 設備進口至臺灣
設備安裝及設定	109/02/27	2/27 前完成 CBSD 及 DP 安裝
申請電臺審驗	109/03/02	3/2 申請電臺審驗
取得電臺執照	109/03/15	3/15 通過電臺審驗並核發電臺執照
網路設置使用執照申請	109/03/16	3/16 申請網路設置使用執照
取得網路設置使用執照	109/03/30	3/30 通過網路安全自評報告審查，取得使用執照
測試過程參訪	109/06/02	TTC 參訪 CBD-DP-SAS 測試
DP-SAS 測試	109/06/05	4/6 開始進行測試
DP 教育訓練	109/08/07	8/07 進行 DP 相關教育訓練
CBSD-DP-SAS	109/08/18	針對期末成果展示進行預錄

測項預錄		
Lab 參訪	109/08/25	在亞太 Lab 觀看 CBRS 專案相關測項驗證
Demo Day 準備	109/09/25	Demo Day 場勘，細項討論
「動態頻譜共享接取技術之實測驗證」成果說明會	109/10/15	實機 Demo 展示專案成果活動

資料來源：本研究整理

第七章　使用情境實驗場域之測項及實證技術報告

本計畫旨在建構彈性化頻譜管理機制之 PoS (含實際場域) 實測驗證。並驗證 SAS 平臺運作例如系統管理、使用者存取服務、CBSD 註冊流程、設備介接、頻譜排程、系統協調…等，驗證執行上軟硬體可能衍生問題。查看運作流程是否可依 WinnForum 及 FCC 規定實行。

其中較關鍵的 CBSDs 註冊和授權操作，可用 WInnForum 定義的兩個狀態來解釋（註冊狀態及授權狀態），對於後續的系統整合測試及驗證結果會較容易理解。

「註冊狀態」標識 SAS 平臺是否存在該 CBSD，並確定該 CBSD 尚未註冊還是已在 SAS 平臺中註冊。每個 CBSD 都有一個註冊狀態機制。「授權狀態」機制表示 CBSD 授權狀態，即為閒置、已許可和已授權。圖 32 和圖 33 分別說明 CBSD 註冊狀態圖和 CBSD 授權狀態圖，其中矩形框表示不同的狀態，箭頭表示可能的狀態轉換。

在圖 32 中，CBSD 以未註冊狀態啟動。未註冊的 CBSD 可以將 Registration Request 請求發送到 SAS 平臺，如果 SAS 平臺的註冊回應為 Registration Response，它會帶有 SAS 平臺是否批准註冊的訊息，若 SAS 平臺批准了註冊，則 CBSD 會轉換為已註冊狀態。如果 SAS 平臺拒絕了註冊請求，則 CBSD 保持未註冊狀態。處於已註冊狀態的 CBSD 也可以發送註銷註冊請求（Deregistration Request），來向 SAS 平臺註銷 CBSD 註冊。SAS 平臺收到 CBSD 的註銷註冊請求：Deregistration Request 後，SAS 平臺將傳送註銷註冊回應：Deregistration Response 給 CBSD，並聲明 CBSD 已經處於未註冊狀態。其後，CBSD 轉換為未註冊狀態，並且與 CBSD 相關的所有現有授權均被終止。

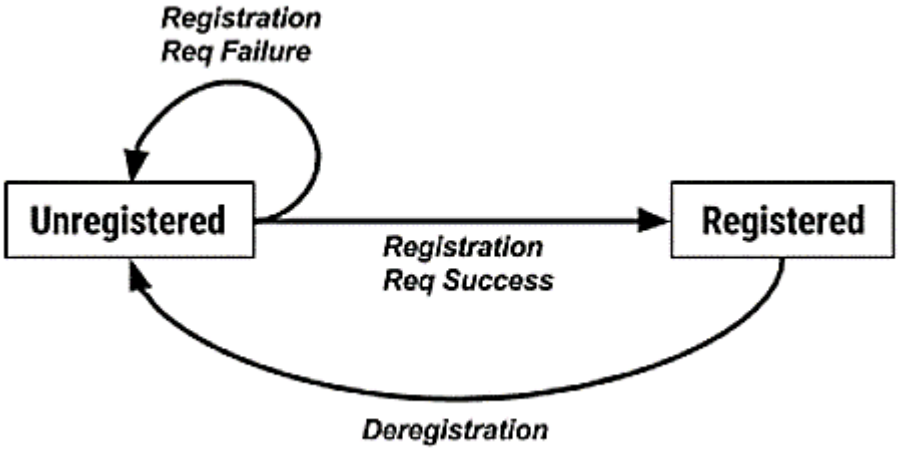


圖 32-CBSD 註冊狀態圖

資料來源：WInnForum

圖 33 說明 CBSD 授權的狀態轉換。處於已註冊狀態的 CBSD 可以向 SAS 平臺請求一個或多個許可頻道。如果 SAS 未批准許可，則 CBSD 許可狀態機將處於閒置狀態。CBSD 可以向 SAS 平臺發送許可請求：GrantRequest。如果 SAS 批准了 CBSD 的許可請求，一個新的許可（包含操作參數和頻道分配）會被建立。CBSD 收到成功的許可回應：GrantResponse 後，會轉換成許可（Granted）狀態。處於許可（Granted）狀態的 CBSD 會啟動要求 RF 傳輸相關心跳請求。如果 CBSD 接收到多個許可回應，則將為每個許可回應發送心跳請求，之後 CBSD 再將每個許可回應發送心跳請求彙總後一起傳輸到 SAS 平臺。如果 SAS 平臺批准心跳請求，則 CBSD 許可狀態（Grant）會轉換為授權（Authorized）狀態。在授權狀態下，允許 CBSD 使用特定於該授權的操作參數，並開始在 CBRS 頻段中進行 RF 傳輸。如果授權被 SAS 平臺暫停，或是心跳回應（HeartbeatResponse）中的傳輸時間過期參數（sendExpireTime）所定義的傳輸時間過期，則 CBSD 將從授權狀態轉換回許可狀態。如果 CBSD 的許可被 SAS 平臺終止、被 CBSD 放棄或是許可時間過期參數（GrantExpireTime）

已經過期及 SAS 平臺與 CBSD 的的連線中斷，則 CBSD 許可狀態將轉換為閒置狀態。

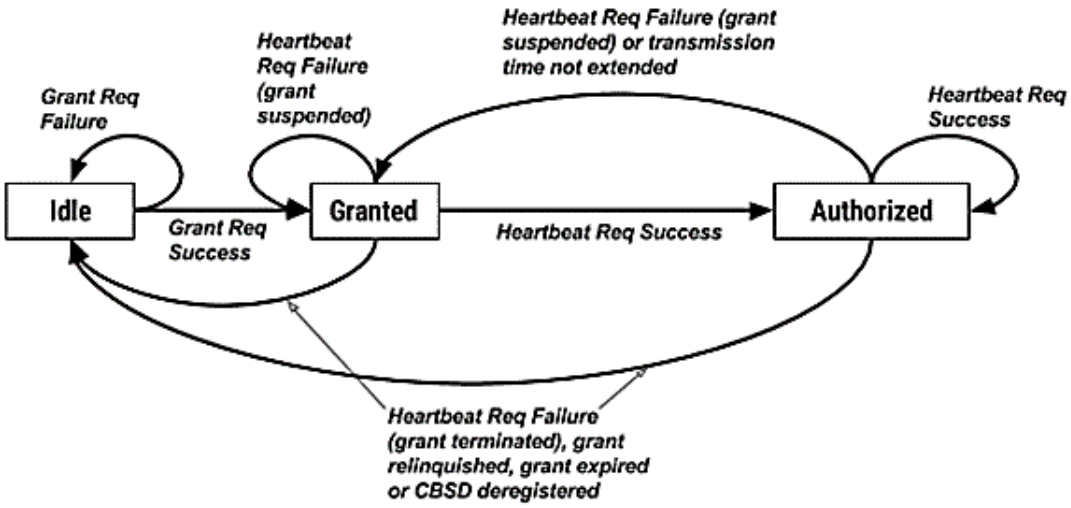


圖 33-CBSD 授權狀態圖

資料來源：WInnForum

第一節　測試目的

本計畫實測驗證共有二階段，第一階段：CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證（實驗室），第二階段：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證（示範應用實驗場域），因第二階段實際實驗場域之情境測試，已融合第一階段測項，故以下謹就第二階段：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試項目進行重點說明。相關詳細測試過程及結果請參閱附錄五及附錄六。

CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試於內湖亞太電信實驗室進行 CBSDs 透過區域代理器 (Domain Proxy) 與 SAS 平臺連接測試，CommScope SAS 平臺匯入臺灣圖資後進行 SAS 與 CBSD 之系統整合實測驗證，對遠端 CommScope SAS 與 CBSD 以及 Domain Proxy 進行整合及實測驗證。測試時 SAS 以輸入臺灣圖資並調整地理位置設

定，CBSD 以 GPS 接收之地理位置方式登錄、認證及操作，然後藉由區域代理器 (Domain Proxy)與 SAS 進行溝通。

測試目的在驗證 CommScope SAS 在加入臺灣圖資後，與 CBSD 以及 Domain Proxy 三者間的介面環境下互通正確無誤。主要測試範圍包含：

- 使用 DP 註冊和啟用 CBSD（Use Domain Proxy to register and enable a CBSD）
- 成功放棄授權（Grant Relinquishment）
- 使用 DP 註銷和關閉 CBSD（Use Domain Proxy to deregister and disable a CBSD）
- 定時器過期：遺失心跳響應（Transmit Timer Expiry-Miss Heartbeats）
- 授權被 SAS 終止（Grant Terminated by SAS）
- 恢復暫停授權的傳輸 （Resume Transmission on Suspended Grant）
- CBSD 註銷移機及重新註冊（CBSD De-registers and re-registers when radio equipment is moved sufficiently far）
- 查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署（Successful CBSD Category B Registration with CPI Signature Data Objective）
- 加入 CBRS 單元群組至 DP（Domain Proxy Cell Group Add）
- 檢視 DP 中 CBRS 單元群組列表（Domain Proxy Cell Group List ／Check）
- 移除 DP 中的 CBRS 單元群組 （Domain Proxy Cell Group Delete）
- SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理 （SAS Management of PAL and GAA Grant Request）

- SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理 （SAS Management of PAL and GAA Grant Requests extend procedureSAS）
- 對於提供 ST2 衛星 FSS 的使用及其對 CBRS 系統的影響（SAS use of Provided ST2 Satellite FSS Stations and Impact to CBRS system）
- SAS 對現有干擾的管理 （SAS Management of Interference into Incumbents）

本計畫之主要頻譜共享使用情境為：

不同使用者間（PAL／GAA）動態調整管理：

根據不同使用者身分的優先權級別（PAL 或 GAA），以優先保護 PAL 使用者取得頻譜權利機制運作原則下，使得 SAS 平臺分派當下 PAL 及 GAA 可取得頻譜之最大效益。

動態調整 CBSD 操作參數以符合 SAS 平臺規範：

SAS 平臺根據 CBSD 回報無線電射頻（Radio frequency, RF）測量報告與地理位置相關訊息，經過 SAS 之運算機制與回應參數，達成控制調整 CBSD 無線電射頻功率，以避免或降低干擾問題。

Domain Proxy 對 CBSD 的管理：

透過 Domain Proxy 代理管理機制，連線管理執行 CBSD 的新增、刪除等異動管理功能。將透過 SAS 平臺對與國內電信業者核心網路連線的 CBSD 進行管理。

中新二號衛星（ST-2）的保護管理：

針對既有使用者所劃定之保護區（protection zone），SAS 平臺的管理機制及功能演練。當有新保護區產生時，SAS 平臺對於新保護區相鄰已存在的 CBSD 進行管理，以確保新保護區內射頻頻譜能正常運作，不會被相鄰近的 CBSD 所干擾影響。

第二節　網路環境與軟硬體設備參數設定

本計畫對於 CBSD 發射 RF 訊號時有進行實地量測，根據量測的訊號強度觀察 CBSD 發射的訊號是否會影響附近衛星的運作。

實地量測的方式為利用頻譜分析儀外接手持天線，在視距（Line of Sight , LOS）的前提下手持天線對準亞太電信頂樓 CBSD 發射方向，觀察頻譜分析儀顯示的相關訊號強度，依據本次實驗場域測項中 CBSD 使用最大發射功率為 5W，依據此發射功率實地量測，其最大可能影響區域示意標示如圖 34，詳細量測細節請參閱附錄五。

測試時收集 SAS 平臺與 Domain Proxy 間信令資料的主要測試工具為 Domain Proxy 上產出的 CBSD log files 佐證 IOT 測試結果。



圖 34-亞太電信頂樓 CBSD 發射方向示意圖

資料來源：本研究整理

一、 Domian Proxy 設定

Domian Proxy 為 SAS 平臺與 CBSDs 的連接橋梁，Domain Proxy 包含在愛立信網管（Ericsson Network Management, ENM）裡面，為管理底下眾多 CBSD 的一個軟體，Domain Proxy 使用 SAS—CBSD Interface protocol 與 SAS 平臺溝通，另一面 Domain Proxy 使用 Netcof protocol 與 CBSDs，可藉由登入 Domain Proxy 來抓取 SAS 與 Domain Proxy 溝通的信令，以下為 Domain Proxy 設定的相關參數：

表 29-根據 GAA CBSD 有無重疊涵蓋及干擾之處理機制

Parameter Name	Domain Proxy／CBSD Value
SAS URL	https://taiwansas.sascms.net:8443
userId	SAS-APTG-NAT
fccId	TA8AKRC161711-1
cbsdCategory	B
airInterface	E_UTRA
DP version	19.4

資料來源：本研究整理

二、 CBSD 設定

本計畫的 Ericsson CBSD 皆為室外型基站，由於實驗需求仍擺放了一臺 CBSD 位於亞太電信 4F 實驗室內，為編號為 CBSD-1，serial number 為 CF86993592，如圖 35 所示。位於室內的 CBSD 擺放樣態為鎖在抱桿上。



圖 35-CBSD-1 室內架設設備實照

資料來源：本研究整理



圖 36-CBSD-2 室外架設設備實照

資料來源：本研究整理



圖 37-CBSD-3 室外架設設備實照

資料來源：本研究整理

圖 36 和圖 37 為室外 CBSD 的擺放樣態，其編號分別為 CBSD-2 及 CBSD-3，與放置於室內的 CBSD-1 同樣為鎖在抱桿上，但鎖的角度約為朝下約 45 度。

圖 38 為亞太電信頂樓兩臺 CBSD 的位置圖以及這兩臺 CBSD 的 serial number 分別為 E39000KQT 以及 E390000KSF。E39000KQT 訊號發射方向為面對堤頂大道二段，E390000KSF 訊號發射方向為面對基湖路十段

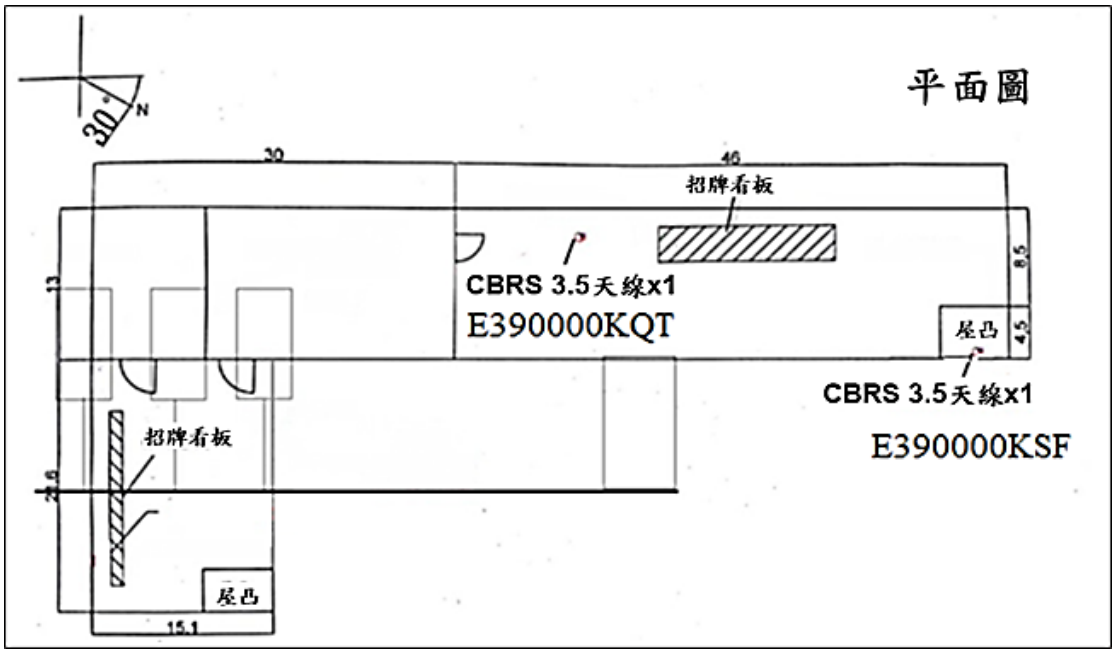


圖 38-CBSD 室外架設平面圖

資料來源：本研究整理

本專案之 CBSD 的安裝及架設，皆依 WInnForum 建議由認證後的專業安裝（Certified Professional Installed, CPI）方式實施。CPI 部分由 CBSD 操作工程師安裝及進行設備安裝設定，CPI 的詳細資訊會附在 CBSD 的註冊流程內經由 Domian Proxy 回傳到 SAS 進行身分的驗證，CBSD 設定的相關參數，如下表整理：

表 30-CBSD 設定的相關參數

Parameter Name	Domain Proxy／CBSD Value		
SAS URL	https://taiwansas.sascms.net:8443		
cbsdSerialNumber	E390000KSF (outdoor)	E390000KQT (outdoor)	CF86993592 (indoor)
latitude	25.08055	25.08075	25.08095
longitude	121.56444	121.56464	121.56484
airInterface	E_UTRA		
DP version	19.4		
height	70		

heightType	AGL
indoorDeployment	FALSE（B 類 CBSD 通常為室外佈署）
horizontalAccuracy	0
verticalAccuracy	0
antennaAzimuth	0
antennaDowntilt	0
antennaGain	11
eirpCapability	47
antennaBeamwidth	3
measCapability	RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT

資料來源：本研究整理

三、 SAS 平臺端

架設於亞馬遜網站服務（Amazon Web Services, AWS）的 SAS 雲端伺服器，其相關參數設定，均由 CommScope 美國原廠工程師負責，CBSD 透過 URL 位址以 https 方式連接至已匯入臺灣地圖資的 SAS 平臺。

本階段設定的心跳間隔（Heartbeat Interval）、傳輸到期時間（Transmit Expire Time）及與 SAS 之間的定期合作活動 CPAS（Cooperative Periodic Activities among SASs, CPAS）T1，T2、T3 參數設定值如下表：

表 31-CommScope SAS 平臺參數

Parameter Name	SAS Value
SAS URL	https://taiwansas.sascms.net:8443
Heartbeat Interval	60s
Transmit Expire Time	240s

CPAS T1	CPAS Start time T
CPAS T2	T+1mins
CPAS T3	T+3mins
horizontalAccuracy	0
verticalAccuracy	0
antennaAzimuth	0
antennaDowntilt	0
antennaGain	11
eirpCapability	47
antennaBeamwidth	3
measCapability	RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT

資料來源：本研究整理

四、 SAS 客戶端

CommScope SAS 平臺提供的客戶端介面為網路介面。使用者在申請使用者權限被同意後，系統透過 e-mail 發送通知給使用者（本計畫 CBSD 操作工程師）並提供暫時性密碼及頁面連結。使用者進行帳戶啟用之後就可以使用 SAS 操作權限內的功能。

第三節　管理系統整合測試及測試總表

根據 WINNF-TS-0016-V1.2.5 所定義 SAS 與 Domain Proxy 架構下之溝通介面，並不包括 Domain Proxy—CBSD Interface protocol 溝通，而本案研究使用情境實驗場域之 Ericsson Domain Proxy 使用 Netcof protocol 與 CBSDs 介接溝通，Netcof protocol 非 CBRS 標準，故不在本本案研究範疇，於下述信令流程圖僅為示意圖，表示 Domain Proxy 轉換 Netconf protocol 與 SAS-CBSD Protocol Interfaces 與 SAS 溝通，SAS 與 Domain Proxy 溝通的信令管理系統整合測試項目彙整說明如下：

表 32-管理系統整合測試彙整表

測試項目	說明
TC_FT_01	SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理
TC_FT_02	SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理
TC_FT_03	SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響
TC_FT_04	SAS 對現有干擾的管理

資料來源：本研究整理

頻譜共享使用情境與測試項之對應表

表 33-使用情境與測試項之對應表

頻譜共享使用情境	對應之測試項目
不同使用者間(PAL／GAA)動態調整管理 （SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理） • PAL 比 GAA 具有優先權 • SAS 將授權 GAA 非 PAL 的其他通道	TC_FT_01 TC_FT_02
Domain Proxy 對 CBSDs 的管理	TC_DP_09 ～ TC_DP_11 （基本功能測試，詳細描述請參閱附錄五及附錄六）
動態調整 CBSD 操作參數以符合 SAS 平臺規範	TC_FT_03 TC_FT_04
中新二號衛星(ST-2)的保護管理 （SAS 對於 ST2 的使用及其對 CBRS 系統的影響） • 距離小於 40 公里時，CBSD 降低發射功率以消除干擾 • 距離大於 40 公里且小於 150 公里時，CBSD 註冊成功	

資料來源：本研究整理

一、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的管理（SAS – DP Function

Test）

驗證 PAL CBSD 比 GAA CBSD 具有優先權，詳細信令流程如圖 39。

二、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理（SAS Management of PAL and GAA Grant Requests entend procedure）

驗證 SAS 將授權 GAA CBSD 非 PAL 的其他通道。詳細信令流程如圖 40。

三、 SAS 對 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響（SAS use of Provided ST2 Satellite FSS Stations and Impact to CBRS system）

驗證當 CBSD 與固定衛星服務（FSS）站點之間的距離大於 40 公里且小於 150 公里時，FSS 對 CBSD 的影響，詳細信令流程如圖 41。

四、 SAS 對現有干擾的管理（SAS Management of Interference into Incumbents）

說明：驗證當 CBSD 與 FSS 站之間的距離小於 40 公里時，SAS 將 CBSD 干擾計算到現有的 FSS 中，並要求 CBSD 降低發射功率以消除干擾，詳細信令流程如圖 42。

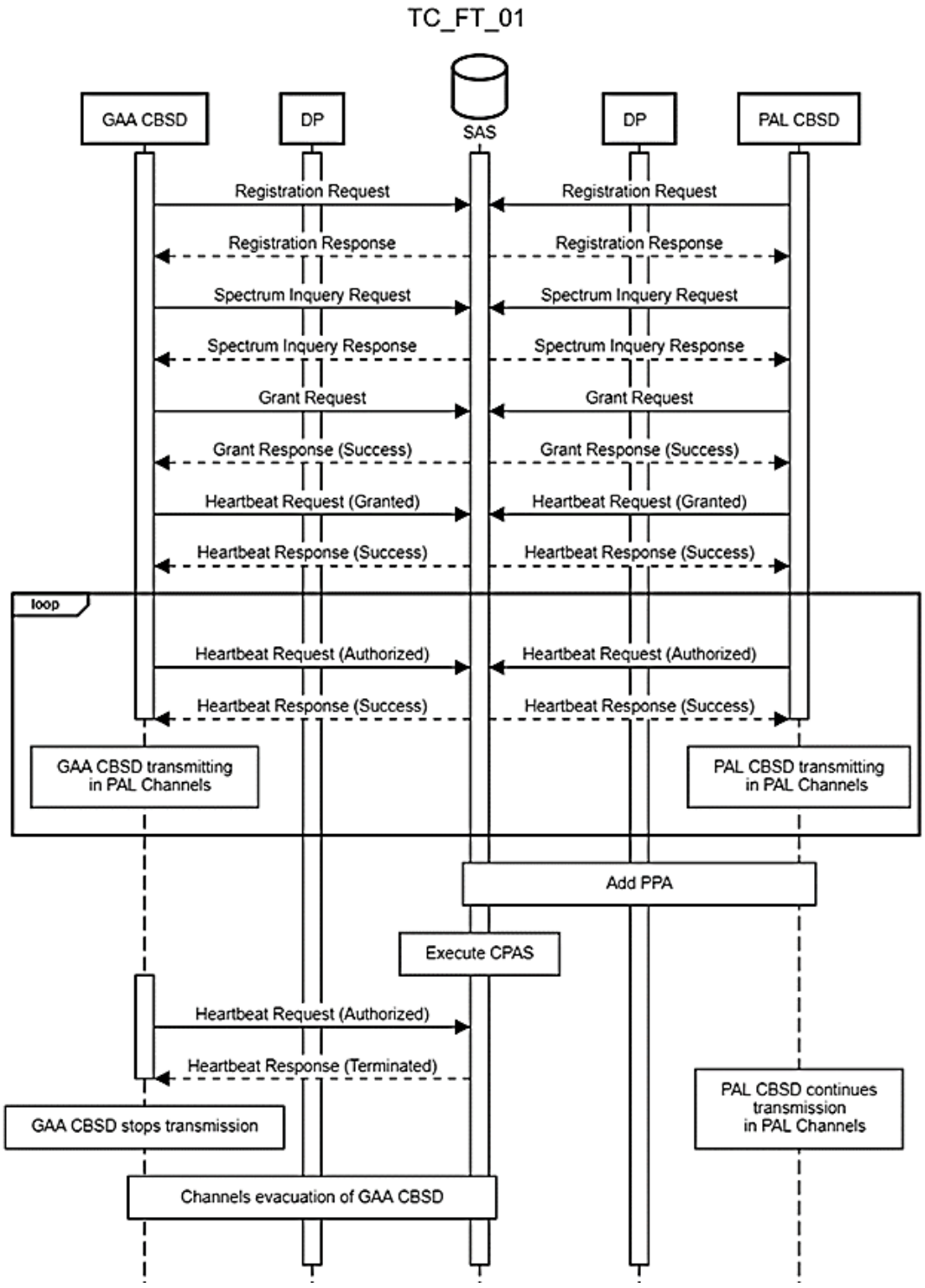


圖 39-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理

資料來源：本研究整理

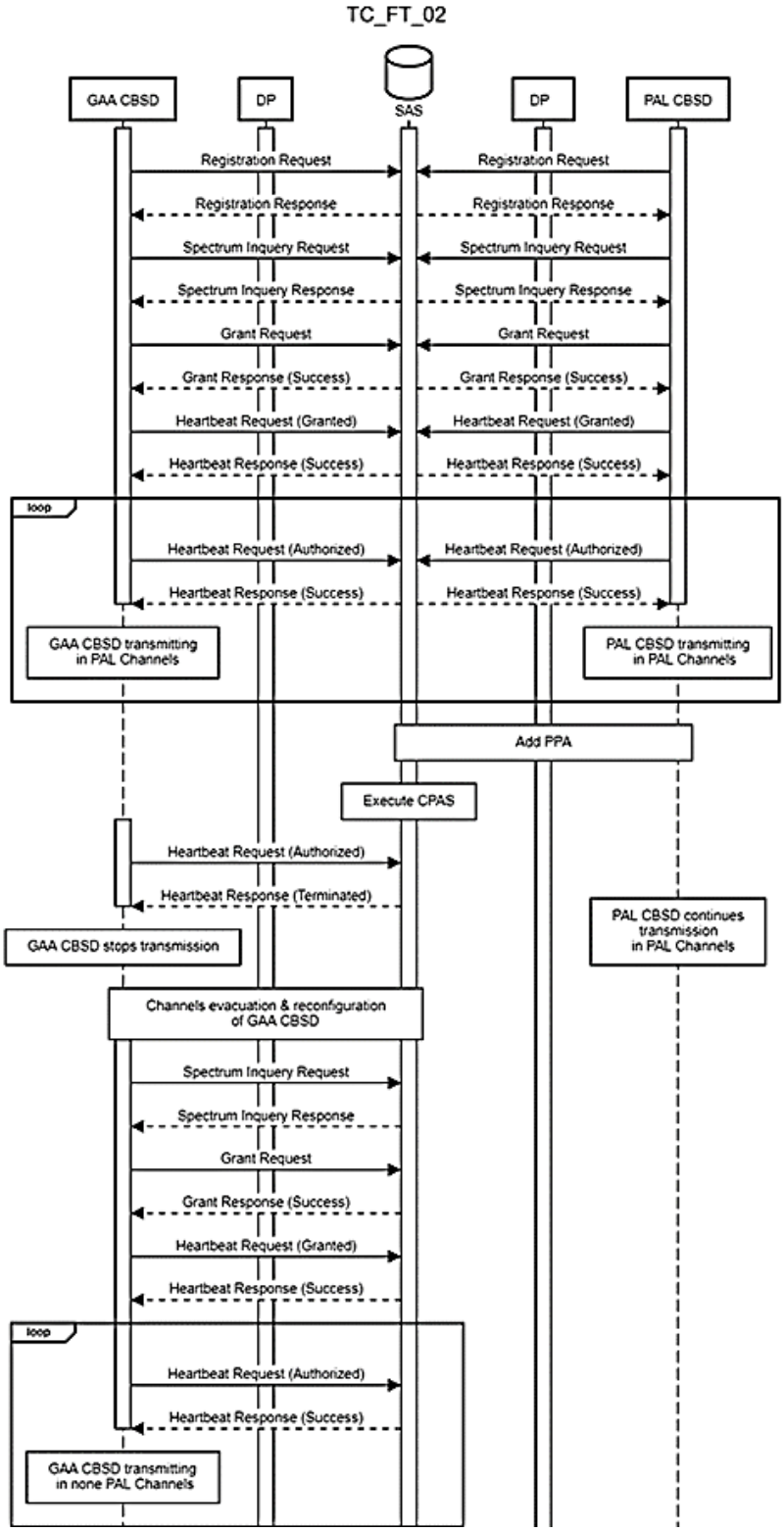


圖 40-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求進階管理

資料來源：本研究整理

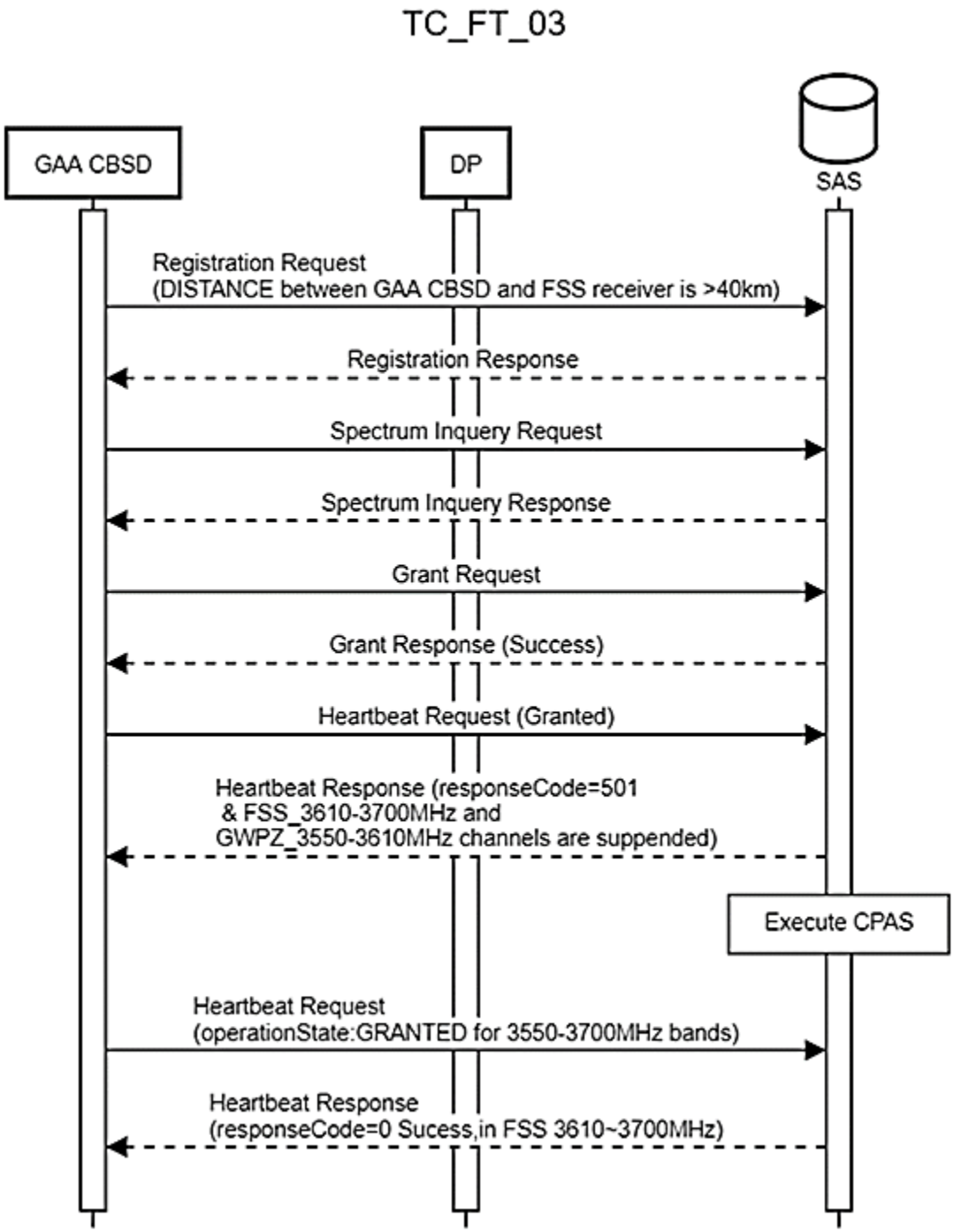


圖 41-SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響

資料來源：本研究整理

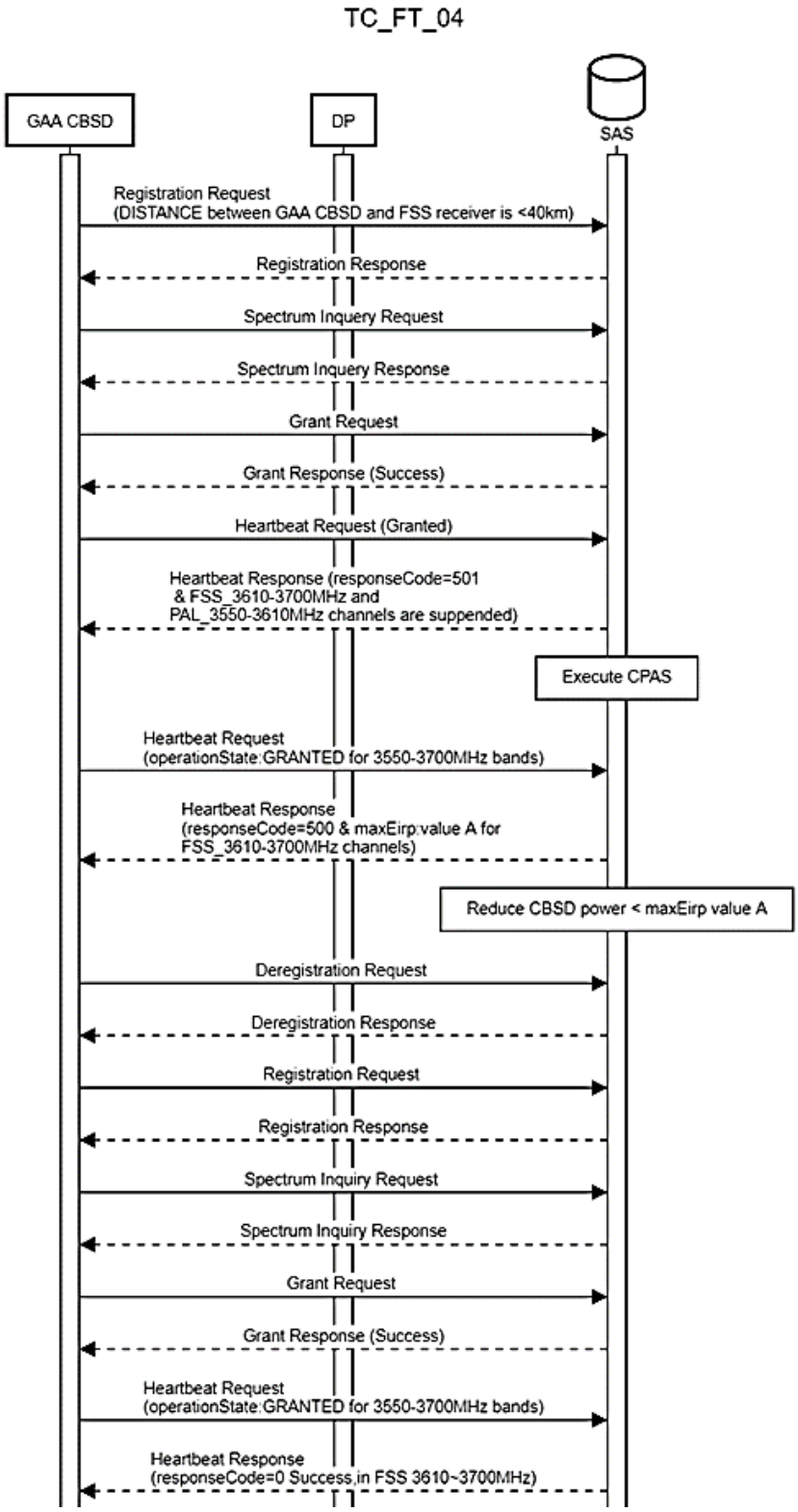


圖 42-SAS 對現有干擾的管理

資料來源：本研究整理

第四節　管理系統整合測試驗證結果

本階段測試為於實際場域進行情境驗證，主要目的在於利用遠端 CommScope SAS 平臺（已匯入臺灣圖資）、Domain Proxy 以及 CBSD 設備間連結，進行整合性系統功能及頻譜共享使用情境驗證。其驗證結果彙整如下：

表 34-管理系統整合測試結果彙整表

測試項目	說明	測試結果
TC_FT_01	SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理	成功
TC_FT_02	SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理	成功
TC_FT_03	SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響	成功
TC_FT_04	SAS 對現有干擾的管理	成功

資料來源：本研究整理

依據實際測試驗證經驗，彙整測試驗證程序時間表如下:

表 35-測試驗證程序時間匯整表

測試驗證程序時間		
情境	驗證步驟或程序	所需時間
CBSD 冷開機	CBSD 冷開機至第一個註冊封包傳遞送出	1 分 15 秒
CBSD 正常工作所需時間	DP 發送註冊封包、頻譜查詢封包、授權封包、心跳程序到收到 SAS 響應封包	120 秒
CBSD 持續心跳間隔	由 SAS 配置設定，持續心跳程序視實驗計畫測試步驟而設定。	5~6 分鐘

CPAS 時間	由 SAS 配置設定，視實驗計畫測試步驟所需而執行, 包含 T1、T2、T3 時間	15 秒
CBSD 開／關 RF 時間	CBSE 收到停止或發射 RF 信令並執行（CBSD 應依據 FCC Part 96 規定，SAS 系統指示，限縮發射功率及調整其操作頻率。CBSD 應依其指示於 60 秒內停止傳送，並移至另一個操作頻率範圍或變更其功率級別。）	60 秒

資料來源：本研究整理

驗證所用之工具為 Domain Proxy log 及 SAS Portal，以下摘錄測試項目與驗證結果的重要訊息說明，相關詳細測試過程及結果請參閱附錄六。

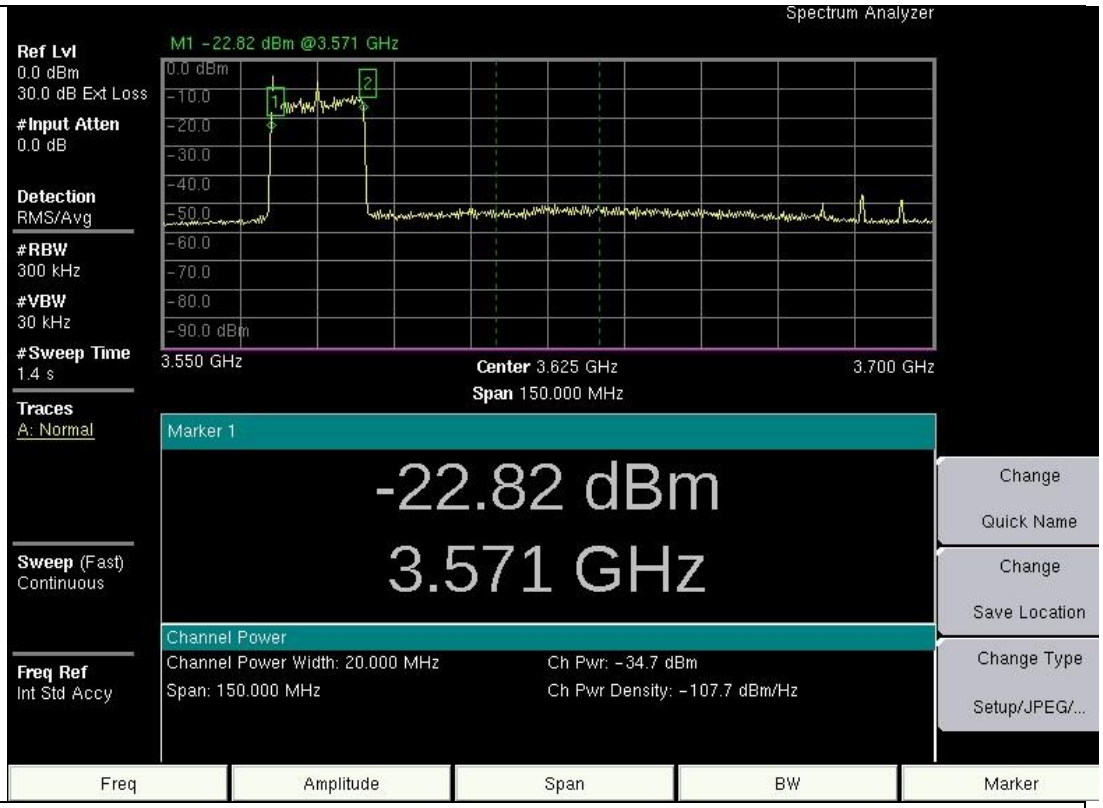
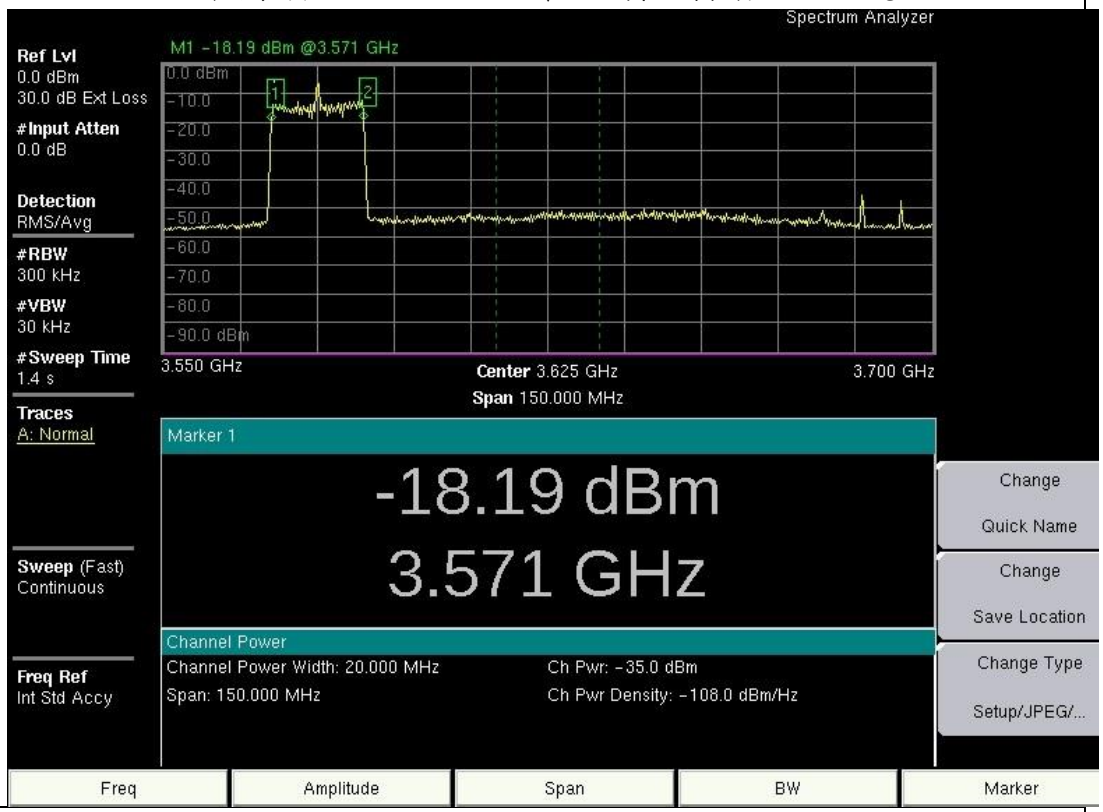
一、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的管理

- 測試項目說明

測試項目	TC_FT_01
描述	SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理
目的	驗證 PAL CBSD 比 GAA CBSD 具有優先權
預期測試結果	SAS 對現有干擾的管理
測試結果	成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD（CF86993592）註冊成功並取得頻段 3570—3590MHz，下圖顯示 GAA CBSD 在該頻段發射 RF 訊號

	
2	確認 PAL CBSD (E390000KSF)註冊成功並取得頻率 3570—3590MHz，下圖顯示 PAL CBSD 在該頻段發射 RF 訊號 
3	確認 SAS 平臺加入 PPA 且執行 CPAS 後，收到

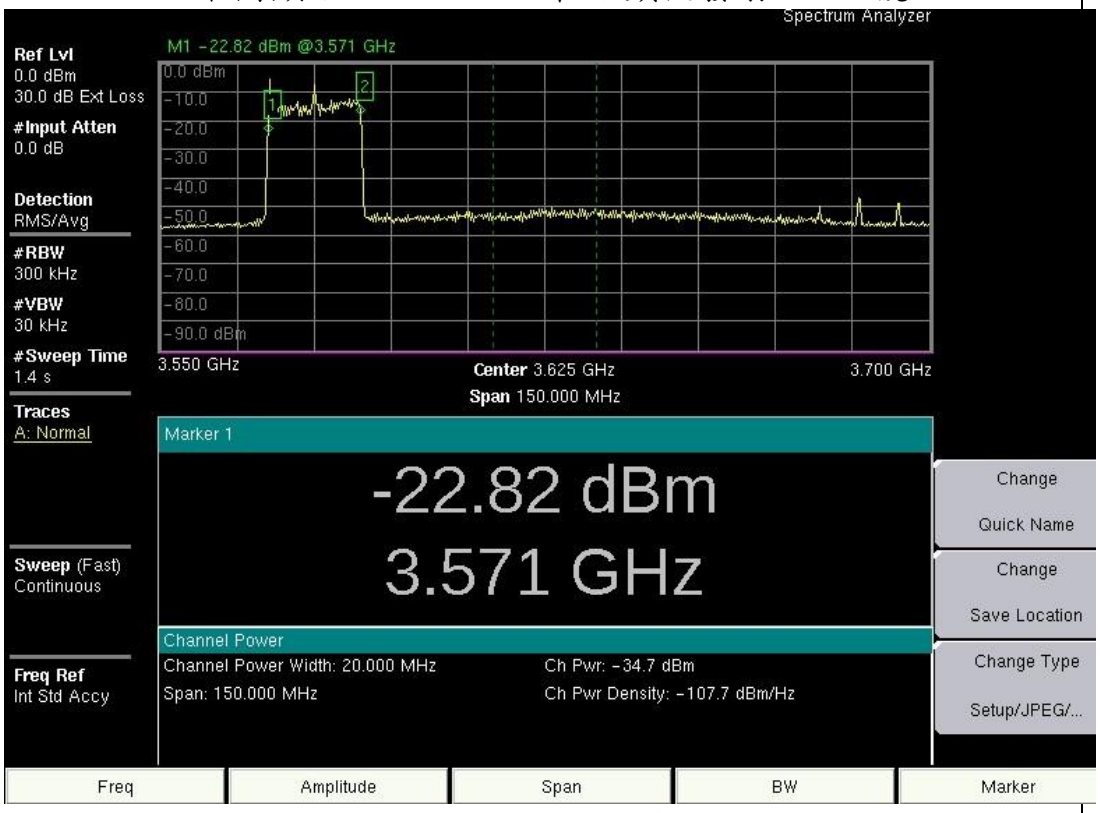
	HeartbeatResponses＝500，代表 GAA CBSD （CF86993592）無法繼續使用 PAL （3570-3590 MHz）的頻道。下圖說明 SAS 平臺圖資顯示加入 PPA 設定後（灰色多邊形），GAA CBSD 被終止 （橙色三角形） 

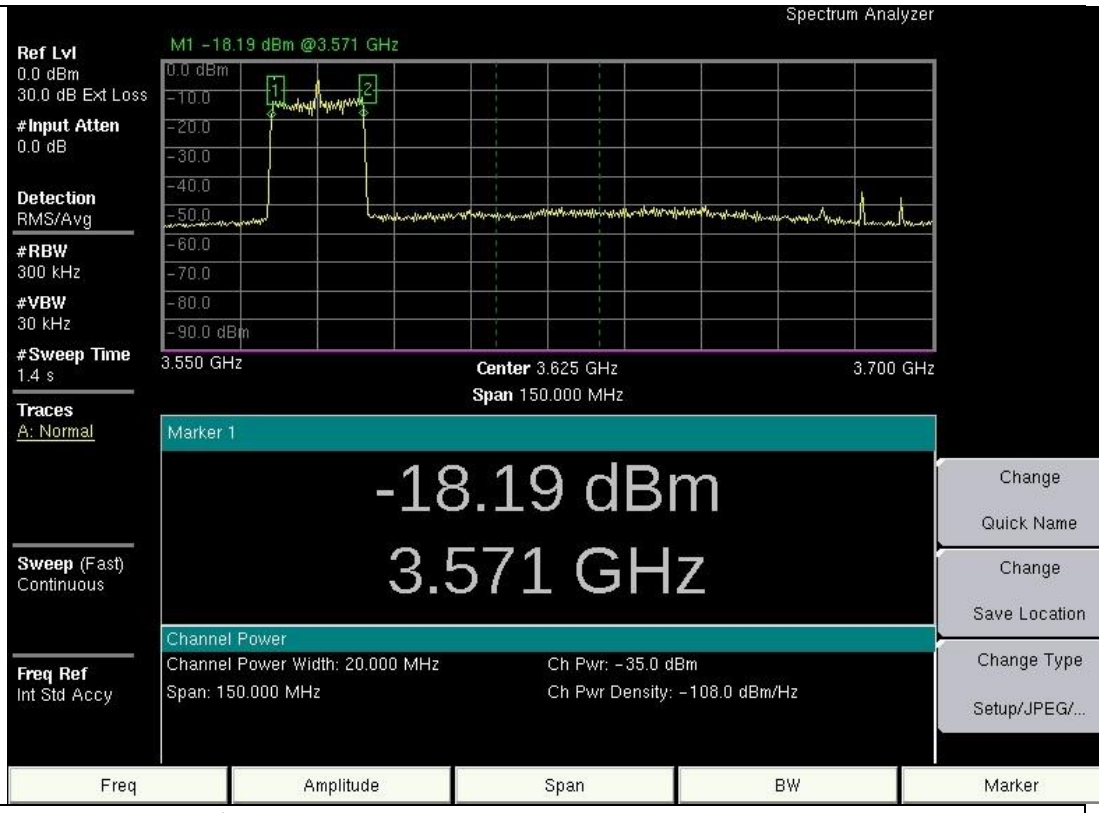
二、 SAS 對 PAL 和 GAA 授權請求的進階管（TC_FT_02）

● 測試項目說明

測試項目	TC_FT_02
描述	SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理
目的	驗證 SAS 將授權 GAA CBSD 非 PAL 的其他通道
預期測試結果	SAS 平臺加入 PPA 且執行 CPAS 後，GAA CBSD 無法繼續使用 PAL 的頻道，而且再次註冊 GAA CBSD，SAS 端會分配其他頻道（非 PAL）給 GAA CBSD 使用
測試結果	成功

● 測試結果及訊息流程說明

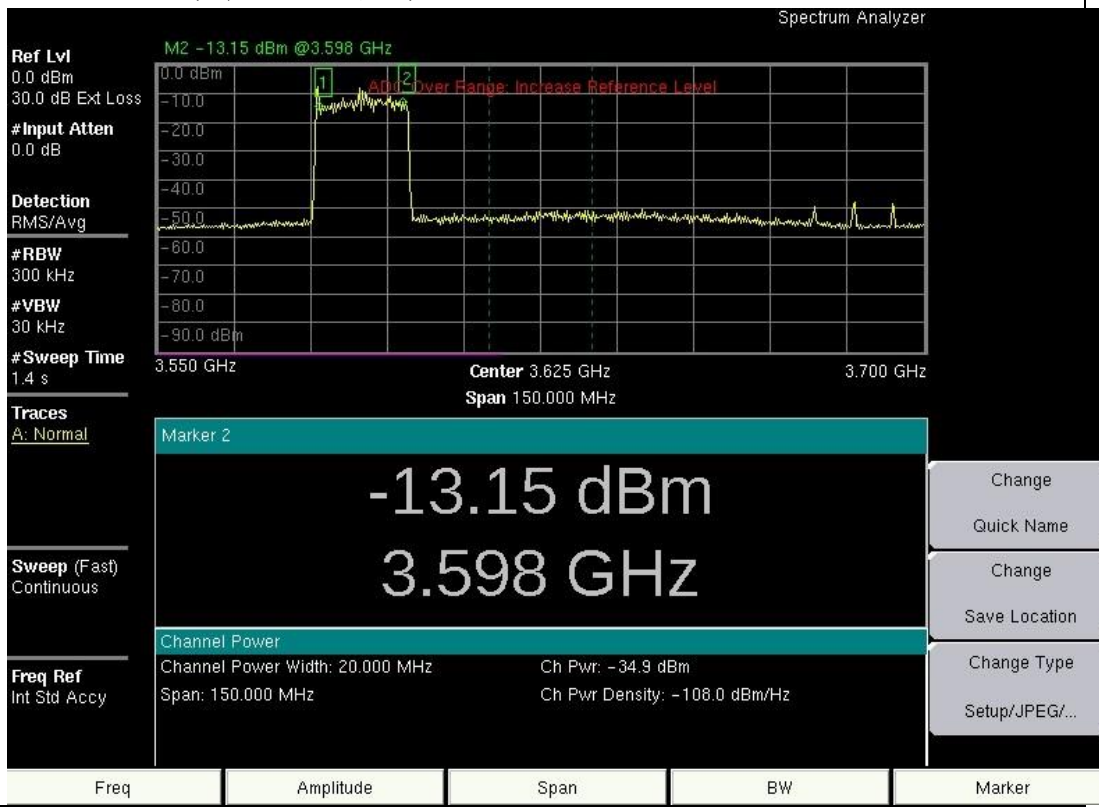
步驟	說明
1	確認 GAA CBSD（CF86993592）註冊成功並取得頻率 3570—3590MHz。下圖顯示 GAA CBSD 在該頻段發射 RF 訊號 
2	確認 PAL CBSD (E390000KSF)註冊成功並取得頻率 3570—3590MHz。下圖顯示 PAL CBSD 在該頻段發射 RF 訊號



3

確認 SAS 平臺加入 PPA 且執行 CPAS 後，收到 HeartbeatResponses＝500，代表 GAA CBSD （CF86993592）無法繼續使用 PAL （3570-3590 MHz）的頻道。下圖說明 SAS 平臺圖資顯示加入 PPA 設定後（灰色多邊形），GAA CBSD 被終止 （橙色三角形）



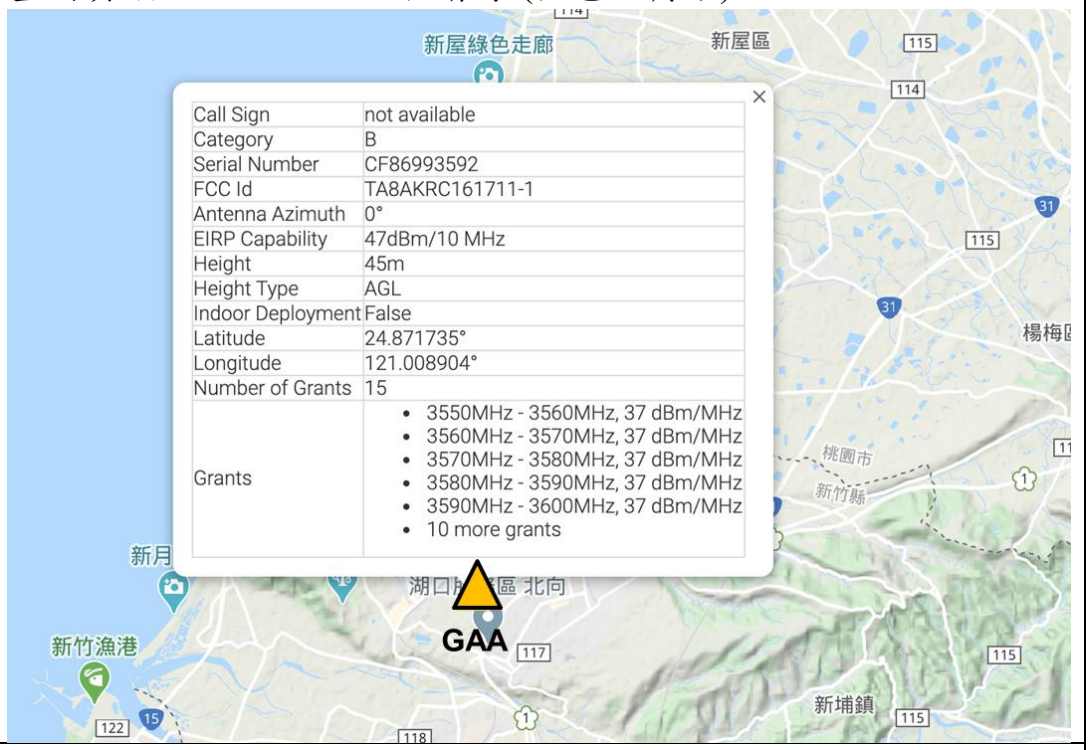
4	確認 SAS 平臺會分配其他頻道（非 PAL）3590-3610MHz 給 GAA CBSD（CF86993592）使用。下圖顯示 GAA CBSD 在 3590—3610 MHz（非 PAL 頻段）發射 RF 訊號 

三、 SAS 對 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響

● 測試項目說明

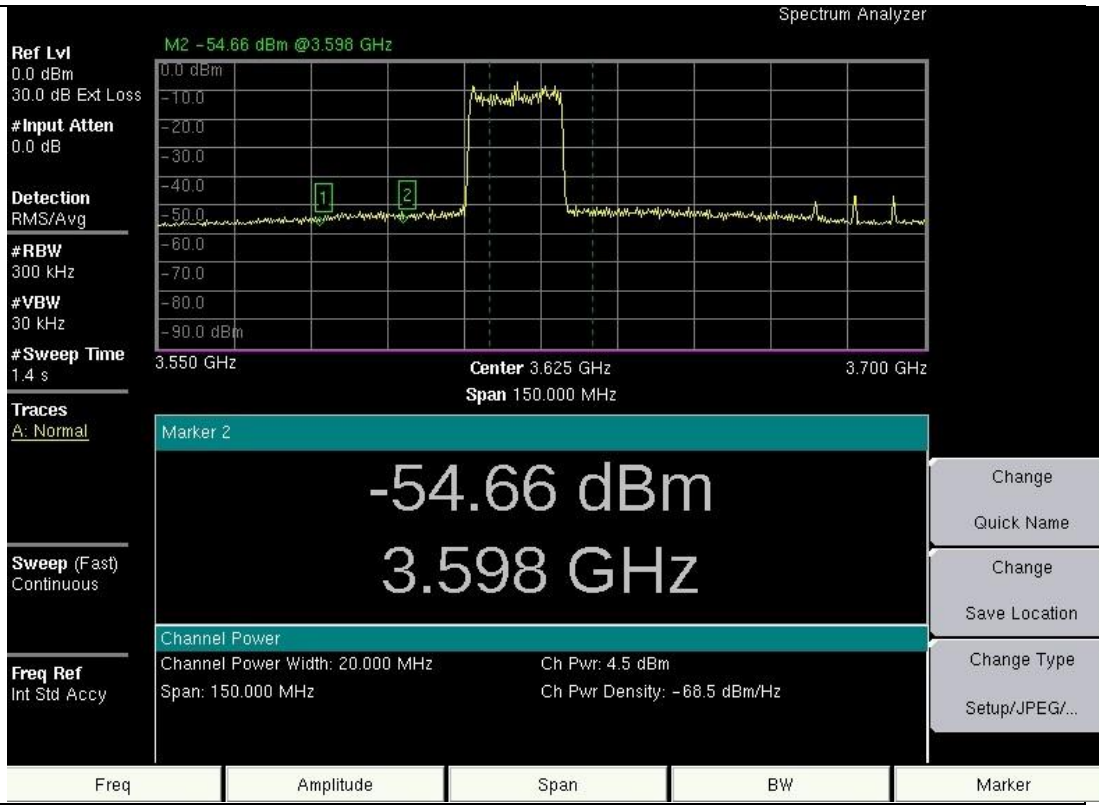
測試項目	TC_FT_03
描述	SAS 對於提供 ST2 衛星（FSS）的使用及其對 CBRS 系統的影響
目的	驗證當 CBSD 與 FSS 站點之間的距離大於 40 公里且小於 150 公里時，FSS 對 CBSD 的影響
預期測試結果	SAS 平臺執行 CPAS 後，CBSD 由於距離 FSS 夠遠，CBSD 不會影響到 FSS，在 CPAS 過後的下一次心跳響應中成功取得 FSS 頻道授權，HeartBeat Response code=0;
測試結果	成功

● 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD（CF86993592）於距離 FSS 大於 40 且小於 150 公里距離內收到 responseCode=0，代表註冊成功
2	確認 GAA CBSD（CF86993592）無法使用 GWPZ 頻道，並且收到 responseCode＝501，代表暫停使用屬於 FSS 的頻道。SAS 平臺圖資顯示 GAA CBSD 被暫停 (橙色三角形) 
3	確認 SAS 平臺執行 CPAS 後 GAA CBSD（CF86993592）能在心跳響應中收到 responseCode＝0，代表成功取得 FSS 頻道。SAS 平臺圖資顯示 GAA CBSD 被 SAS 授權發射功率（綠色三角形）



GAA CBSD 在 FSS 頻段 3610—3630 MHz 發射 RF 訊號



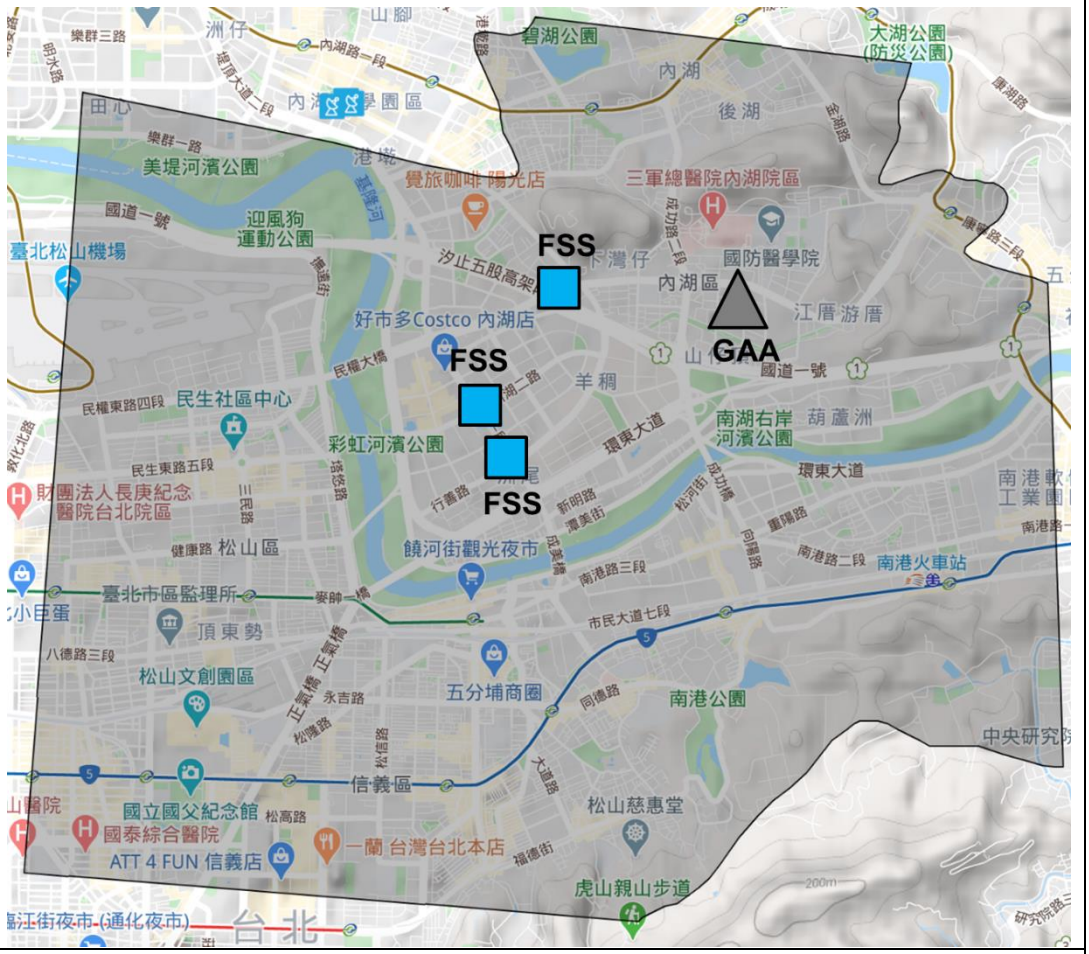
四、 SAS 對現有干擾的管理

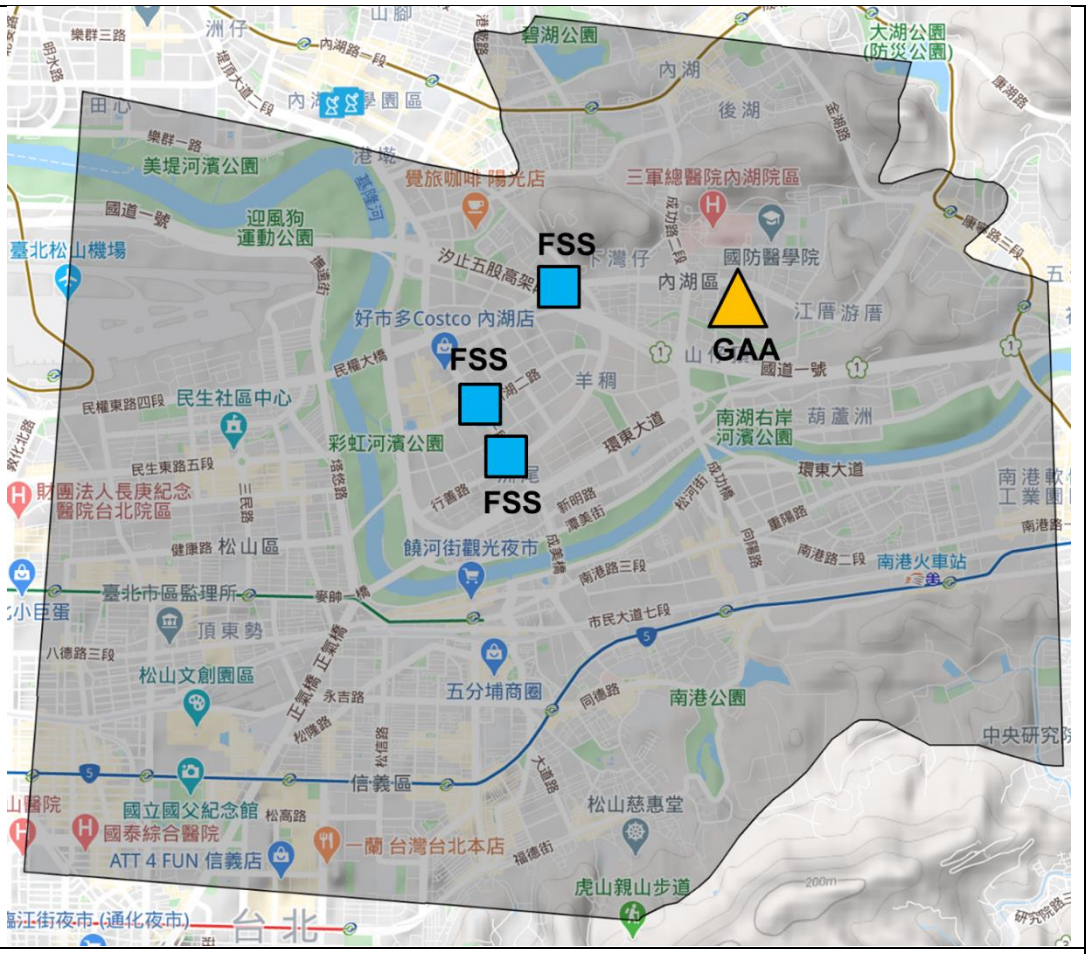
● 測試項目說明

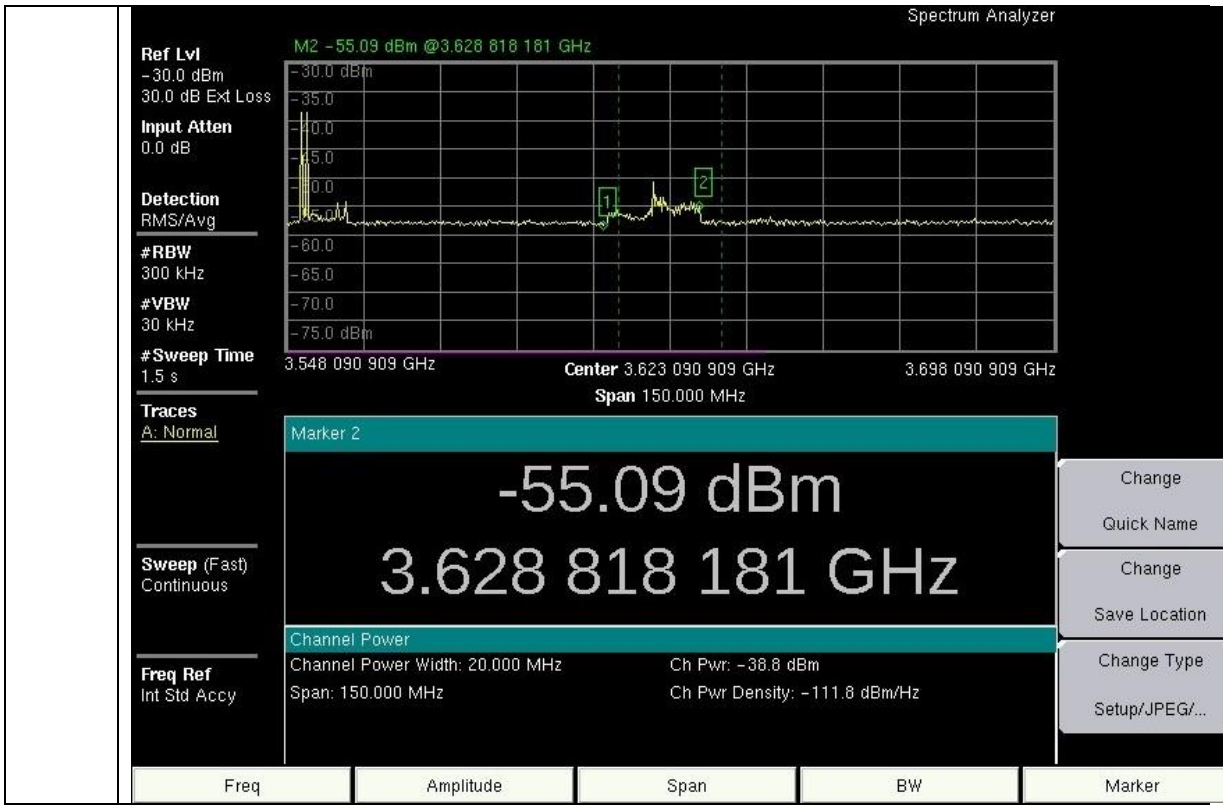
測試項目	TC_FT_04
描述	SAS 對現有干擾的管理
目的	驗證當 CBSD 與 FSS 站之間的距離小於 40 公里時，SAS 將 CBSD 干擾計算到現有的 FSS 中，並要求 CBSD 降低發射功率以消除干擾
預期測試結果	手動調降功率並且重新註冊 CBSD 後，可於心跳響應中成功取得 FSS 頻道授權
測試結果	成功

● 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD（CF86993592）於距離 FSS 小於 40 公里內收到 responseCode=0，代表註冊成功。SAS 平臺圖資顯示 GAA CBSD（灰色三角形）註冊於臺北市內湖區，附近並有 PPA 設定（灰色

	多邊形），及 ST2 衛星接收站三站（藍色正方形） 
2	確認 GAA CBSD（CF86993592）收到 responseCode＝501，代表無法使用 PAL 頻道（3550—3610MHz）並且暫停使用屬於 FSS 的頻道（3610—3700MHz）。SAS 平臺圖資顯示 GAA CBSD 被暫停（橙色三角形）

	
3	確認 SAS 平臺執行 CPAS 後 GAA CBSD（CF86993592）收到 responseCode＝500，需調降 FSS 頻道（3610—3700MHz）中 GAA CBSD（CF86993592）功率的訊息
4	確認手動調降功率（設定為 100mW）並且重新註冊 GAA CBSD（CF86993592）收到 responseCode＝0，代表可於心跳響應中成功取得 FSS 頻道（3610—3700MHz）授權，並且取得 3610—3630 MHz 的 FSS 頻道。下圖顯示已調降功率的 GAA CBSD 在 3610—3630 MHz 發射 RF 訊號



第五節　小結

在美國公民無線寬頻服務（Citizens Broadband Radio Service CBRS）之發展，行動業者（共享頻率使用者）可以較低代價獲得額外頻譜使用權，而向用戶提供高品質服務。由國際發展歷程可觀察出，為了確保頻譜和諧共用、既有使用者不被干擾、共享機制的參與者能夠確保其投資獲得收益，而服務提供及使用者能夠享有一定程度的品質，必須以政策規範為基礎，進行服務性驗證。

本研究專案已初步確認整體概念的可行性，為了驗證概念是否能確實執行，本研究在實際場域設計實驗平臺，以作為解釋 CBRS 架構的概念依據，協助瞭解頻譜共享機制的運作概況與驗證可行性。「服務驗證」將藉由上述各項研究成果為基礎，並參考國際最新規範，規劃應用情境，建置實驗平臺，並進行頻譜共享服務性驗證測試。提供後續規劃情境與測試場域，進行實際實地驗證，為求更加完整，成果分析亦更加堅實。

「頻譜共享實驗平臺規劃」為了確保頻譜能夠和諧共用，研究團隊以前述各項研究成果為基礎，進行服務性驗證，確認所欲建構頻譜共享管理系統之可行性後，才著手規劃細部測試計畫、執行場域設置及測試，其目的在驗證 CommScope SAS 在加入臺灣圖資後，與 CBSD 以及 Domain Proxy 三者間的介面環境下互通正確無誤。本研究案實地場域之驗證成果，由以下列項目作簡述。

建立臺灣環境資料庫建置過程

運用美國 CBRS 機制，在本研究案中的 SAS 系統平臺中，實地仿照建置臺灣在地資訊，如臺灣地圖的地理資訊、實驗場域中的衛星站資訊、臺灣禁區資料等，作為 CBRS 服務性驗證的重要基礎。

既有使用者及優先使用者的保護

基於美國 CBRS 的監理機制對於既有使用者的頻譜使用模式與共享框架規則，協調既有使用者與共享頻率使用者達成和協共存。共享頻率使用者 GAA 與優先使用者 PAL 需遵循監理規則，在美國 CBRS 既有的保護機制，實地在臺灣地理資訊中，實驗驗證相關 CBRS 頻段分配與機制。

干擾運行原則及運算

對於 SAS 平臺中管理基站干擾上使用對應功率、CBRS 機制之註冊程序、干擾發生時的回覆程序、災害發生時的對應策略以及資料庫參照與設定方式。

持續關注國際標準規範

透過本研究專案實作美國 CBRS 的 SAS 平臺更深入相關 CBRS 標準及技術演進，進一步瞭解目前國際技術討論方向及熱烈關注討論議題，而法規面及技術面均仍在持續發展當中。

（本頁空白）

第八章　動態頻譜共享接取技術之實測驗證成果說明會

第一節　成果說明會時間／地點／議程

研究團隊於 10 月 15 日假鴻海科技集團內湖大樓，舉辦「動態頻譜共享接取技術之實測驗證」成果說明會，實機展示頻譜共享使用情境及平臺功能。承蒙通傳會、臺灣大學、工研院、行動電信業者及國內外電信設備商等產、官、學、研專家學者等熱烈參與交流，議程相關資訊如下表所示，議程講義、出席簽到表另請參閱附錄八。

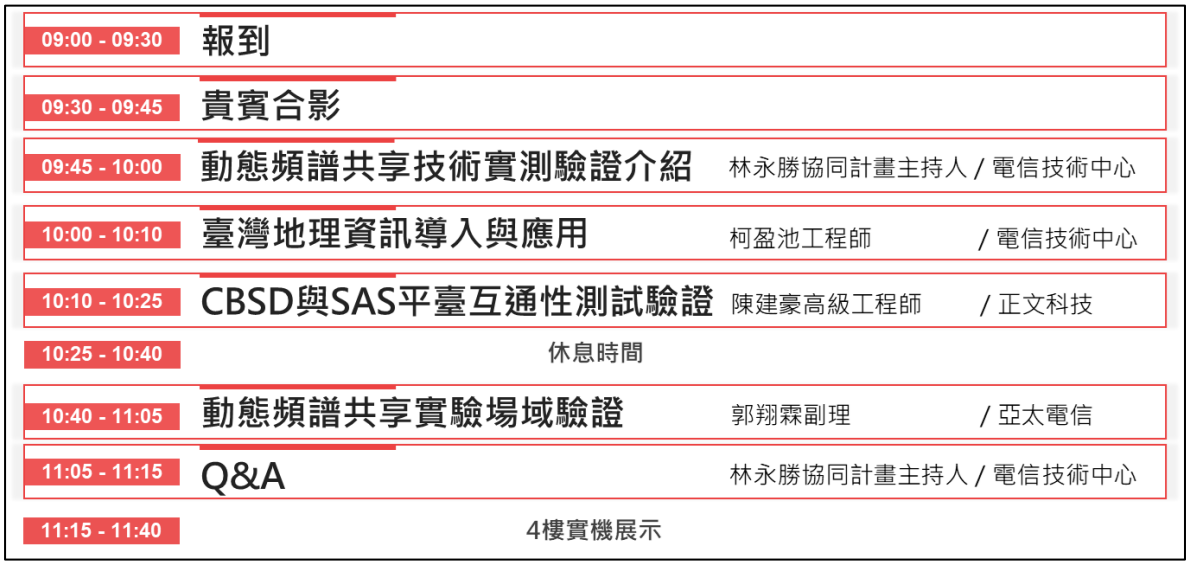


圖 43-動態頻譜共享接取技術之實測驗證成果說明會議程表

資料來源：本研究整理



圖 44-成果說明會來賓合影

資料來源：本研究整理

第二節　實機展示的系統架構及設備

一、 現場實機展示架構圖

於亞太電信內湖總部 4F 進行實機展示，現場實機展示架構分為 CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證與 CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證，詳細資訊如圖 45 所示。

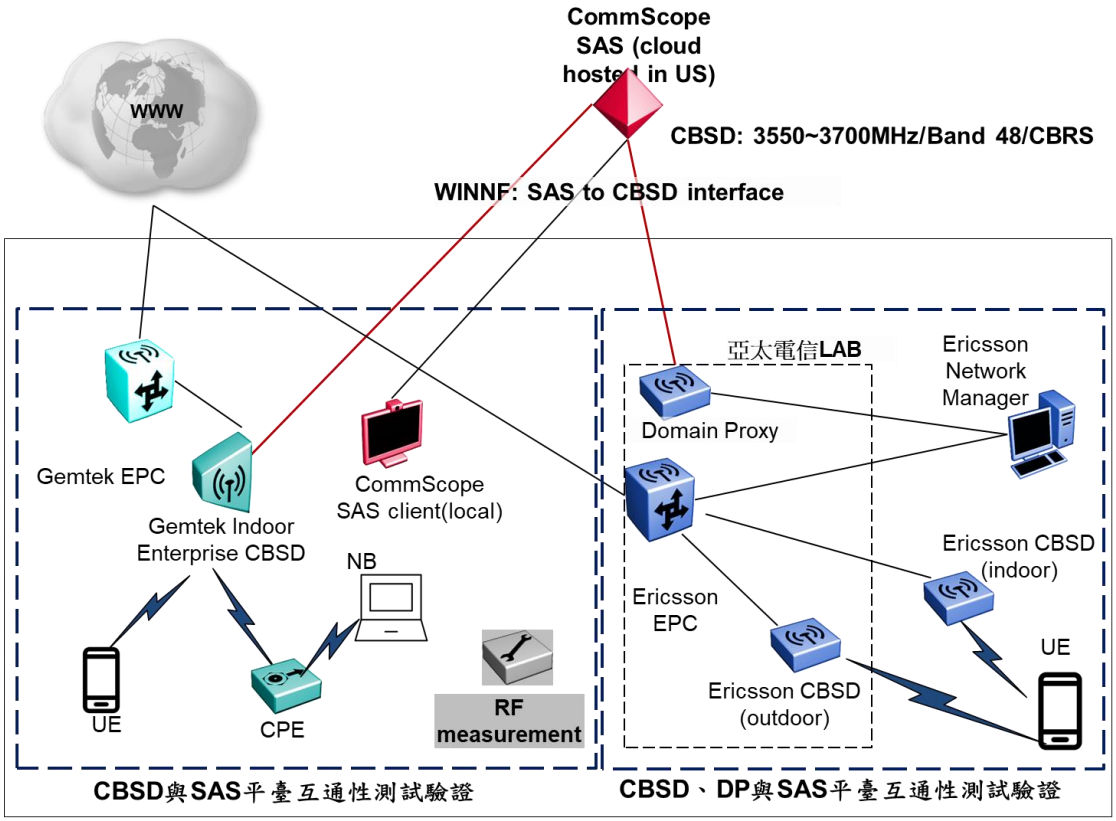


圖 45-成果說明會現場實機展示架構圖

資料來源：本研究整理

現場擺放成果說明會相關設備，並遠端連線 CommScope 國外工程師進行 SAS 平臺 Server 端即時操作，且在成果說明會現場經由 SAS Client 端觀看驗證流程中 CBSD 的即時變化。



圖 46-成果說明會現場實機展示

資料來源：本研究整理

二、 現場實機展示設備介紹

表 36-現場實機展示設備

展項	設備	廠商
CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證	CBSD	正文科技
	CPE	
	MME	
	Router	
	UE（iPhone 手機)	
CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證	CBSD_Indoor	亞太電信
	RF 測量儀	
	UE（OPPO 手機）	
	DP（亞太電信 Lab）	
	EPC（亞太電信 Lab）	

	CBSD Outdoor（亞太電信 Lab）	

資料來源：本研究整理

圖 47 為 CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證的設備展示。經由 Router 接取外部網路，並使 CBSD 先與 SAS 平臺溝通以取得頻段使用權限後，CBSD 將傳送 UE 資訊至 MME 進行註冊認證，確認 UE 可以使用 CBSD 所提供之 LTE 服務。



圖 47-成果說明會現場實機展示設備一

資料來源：本研究整理

圖 48 為 CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證的設備展示。由亞太電信 LAB 裡的 EPC 認證來自 CBSD 內 UE 所要註冊的資訊，然後經由 Domain Proxy 與 SAS 平臺進行溝通由 CBSD 取得指定頻段。使用 UE 連接 CBSD 註冊並成功連線播放串流影音。



圖 48-成果說明會現場實機展示設備二

資料來源：本研究整理

第三節　成果及效益

為促進各界對於動態頻譜共享機制之理解，本計畫藉由舉辦成果說明會方式，向各界分享服務驗證之進展與成果。拓展產、學、研合作關係，加速產業技術與應用之本土化發展。所得成果包含如下：

- 實證動態頻譜共享機制於我國國情下之適用性，所得成果將可調整設計成符合我國國情之動態頻譜共享機制及情境，以便未來如要導入靈活運用頻譜的系統架構，可更進一步提升整體頻譜使用與管理效率。
- 引導頻譜共享關鍵技術與管理系統進入服務驗證階段。除藉由實測驗證達到回饋並增進頻譜使用與管理之效，亦可結合我國資通訊產業及設備廠商所形成完整的生態體系，俾能適時掌握 5G 世代之頻譜需求與設備發展的契機。

第九章　結論與建議

第一節　研究成果

一、 動態頻譜接取技術創新發展與應用

感知無線電（CR）整體概念包含無線電環境分析，通道估計與預測，並將分析預測結果透過軟體無線電平台進行傳輸參數調整；除包括根據相應的任務、政策、規則和目標進行推理和規劃等高層之功能，一般尚期望其能被賦予更強大之深度學習、人工智慧處理能力，以更有效提升對無線環境之認知及調適能力。長期來看，CR可於重疊覆蓋的多種無線電異質通信網路環境間進行選擇，以實現包括終端、網路及業務在內之重配置能力，提高整體網路性能，滿足新世代行動寬頻系統需求，及達致無所不在之無線寬頻傳輸環境。

從國際發展趨勢來看，空閒電視頻段（TVWS）免執照共享接取是最早以資料庫作為管理機制核心，並且成功在全球範圍內、多個國家開放運行的頻譜共享機制。歐盟所倡議的授權共享接取（LSA）機制與美國CBRS頻段下的頻譜接取系統（SAS），均屬於層級式頻譜共享機制，並同樣地以資料庫作為機制核心，讓特定頻段得以在不影響既有使用者頻譜使用權利的前提下，增加次級使用者共享頻率的機會。就規範層面來看，相關機制雖各有適用頻段，惟長期來看，仍有可能擴大適用到其他更多頻段。

二、 國際動態頻譜共享關連政策與創新應用研析

主要國家動態頻譜共享關連政策與創新應用演進當中，均朝向發展具備層級化管制架構之新興頻譜使用授權，期望能對5G創新服務與垂直應用之發展產生正面之效益。

美國 CBRS 頻段之規管架構、技術及市場歷經多年發展，此一帶有自動授權機制的動態共享正佈署在廣泛的美國國土與高度複雜的頻譜共享環境當中。已有多個彼此競爭的 SAS 管理者能夠為 GAA 及 PAL 商業使用者的 CBSD 設備提供即時的頻譜授權接取服務。

英國自 2016 年 4 月確立共享評估架構，其後在 2019 年 7 月發布「共享接取執照」及「區域接取執照」之頻譜共享執照新制。「共享接取執照」採先申請先使用原則，由業者向 Ofcom 提出特定地區之頻率執照申請，Ofcom 將於收受申請後檢視申請人提供服務之相關參數，評估與其他執照人間之干擾狀況。依據允許的設備功率大小，業者得申請本地接取為主的低功率執照（區域執照），以及用於更長距離接取的中功率執照（基站執照）。藉由「區域接取執照」開放共享，可由不同部門、單位加速布建地方性網路，例如工業用戶或企業用戶，而非以提供全國性的行動寬頻服務為目的。基於英國已有開放 TWVS 應用所累績之經驗，前述頻譜共享執照未來亦將朝向以資料庫自動化授權的方式演進。

澳洲無線電頻率使用執照有三類：頻譜執照、設備執照和類別執照。主管機關認為，現今頻譜管理機制中已存在不同形式的頻譜共享接取。例如，類別執照適用的設備，被授權在相同條件的基礎上使用限定的共用頻率範圍。經由設備執照或頻譜執照所指配的頻率，則能夠充分利用可使用之頻率範圍、地理空間、時間等條件，來滿足多種使用者需求。頻譜共享創新的關鍵概念在於如何善用頻譜實際使用訊息。共享頻譜接取設備或共享頻譜管理系統必須具備對周遭無線電頻率環境進行觀測和評估的能力，以能夠即時察覺環境變化並及時作出正確反應。新型態頻譜共享方式多以層級化的流程建立和運行管理為主；各個層級的頻譜接取條件越明確，就越有利於使用者評估所提供的接取權限是否適合其需求。

儘管歐盟國家當中對於頻譜共享的進展未如預期的蓬勃發展，此類增進頻率效率的應用仍引起監管機關一定程度的興趣。鑒於共享規則的設置上有極高程度取決於特定頻段內預計的主要和次級使用者性質，法國已就如何提高頻率分享資料庫之可靠性、及每個頻段的特徵性進行相關了解及研究。

三、 我國動態頻譜共享政策法規與監理機制研析

頻譜共享機制如何能夠妥善的運作，必備的條件在於風險控制與干擾來源之辨識與及時的處理，因此共享機制必須設法確保能將干擾的問題妥善處理。故在執照、頻段、既有或共享頻率使用者間之關係，均應有相對的規範。

本團隊前於 106 年研究報告提出共享頻率管理規則草案，其條文中之相關名詞定義、共享頻率分配原則、共享頻率資料庫管理機構等，已獲通傳會參採，見諸於無線電頻率使用管理辦法第 2 條、第 24 條至第 28 條。該草案其餘條文內容尚包含共享頻段之執照優先級別，既有使用者、共享使用者與共享頻率資料庫管理者各別之權利義務，以及共享頻率設備之基本運作規範等，但尚無具體頻段之規劃。未來則需視主管機關開放特定頻段以及規劃共享使用者開放範圍之進程，再依據後續需求進行規範增定。

四、 使用動態頻譜共享驗證平臺進行服務驗證

「服務驗證」主要藉由上述各項研究成果為基礎，並參考國際最新規範，規劃應用情境，建置實驗平臺，進行頻譜共享服務實際實地驗證，主要驗證成果簡述如后。

(一)建立臺灣環境資料庫建置過程

運用美國 CBRS 機制，在本研究案中的 SAS 系統平臺中，實地仿照建置臺灣在地資訊，如臺灣地圖的地理資訊、實驗場域中的衛星站資訊、臺灣禁區資料等，作為 CBRS 服務性驗證的重要基礎。

(二)既有使用者及優先使用者的保護

基於美國 CBRS 的監理機制對於既有使用者的頻譜使用模式與共享框架規則，協調既有使用者與共享頻率使用者達成和協共存。共享頻率使用者 GAA 與優先使用者 PAL 需遵循監理規則，在美國 CBRS 既有的保護機制，實地在臺灣地理資訊中，實驗驗證相關 CBRS 頻段分配與機制。

(三)干擾運行原則及運算

對於 SAS 平臺中管理基站干擾上使用對應功率、CBRS 機制之註冊程序、干擾發生時的回覆程序、災害發生時的對應策略以及資料庫參照與設定方式。

(四)持續關注國際標準規範

透過本研究專案實作美國 CBRS 的 SAS 平臺更深入相關 CBRS 標準及技術演進，進一步瞭解目前國際技術討論方向及熱烈關注討論議題，而法規面及技術面均仍在持續發展當中。

第二節　頻譜共享服務平臺建置評估規劃

無線頻譜資源有限且珍貴，如何活化運用頻譜成為各國重要研究議題，綜觀國際發展趨勢，利用動態頻譜共享機制與技術，以發揮頻譜最大效益，為各先進國家重視之發展議題。頻譜共享機制，其目的在於有效利用頻譜資源與大幅降低無線寬頻基礎建設成本，並且在商業模式、網路及競爭等方面促進創新。

目前全球動態頻譜共享機制發展，以美國 CBRS 層級式共享機制無論在法規、技術標準及產業生態系統（Ecosystem）形成上，都較其他地區完善。本計畫考美國 CBRS 層級式共享機制發展與運行經驗，藉由 PoC 及 PoS 實作，提出我國未來頻譜共享服務發展佈署建議，詳細內容如后。

發展頻譜共享服務前題需先決定共享頻段，依頻段特性發展適合臺灣的傳播模型，再依傳播模型的參數來定義適合的臺灣地理圖資土地劃分類型，建立共享平臺的基礎。共享平臺的功能建議以三層式架構設計，並依三階段需求進行模組化開發及在地化佈署。另外，可參考美國 CBRS 認證機制，來完善臺灣共享服務平臺之相關認證機制，請參考圖 46 說明。

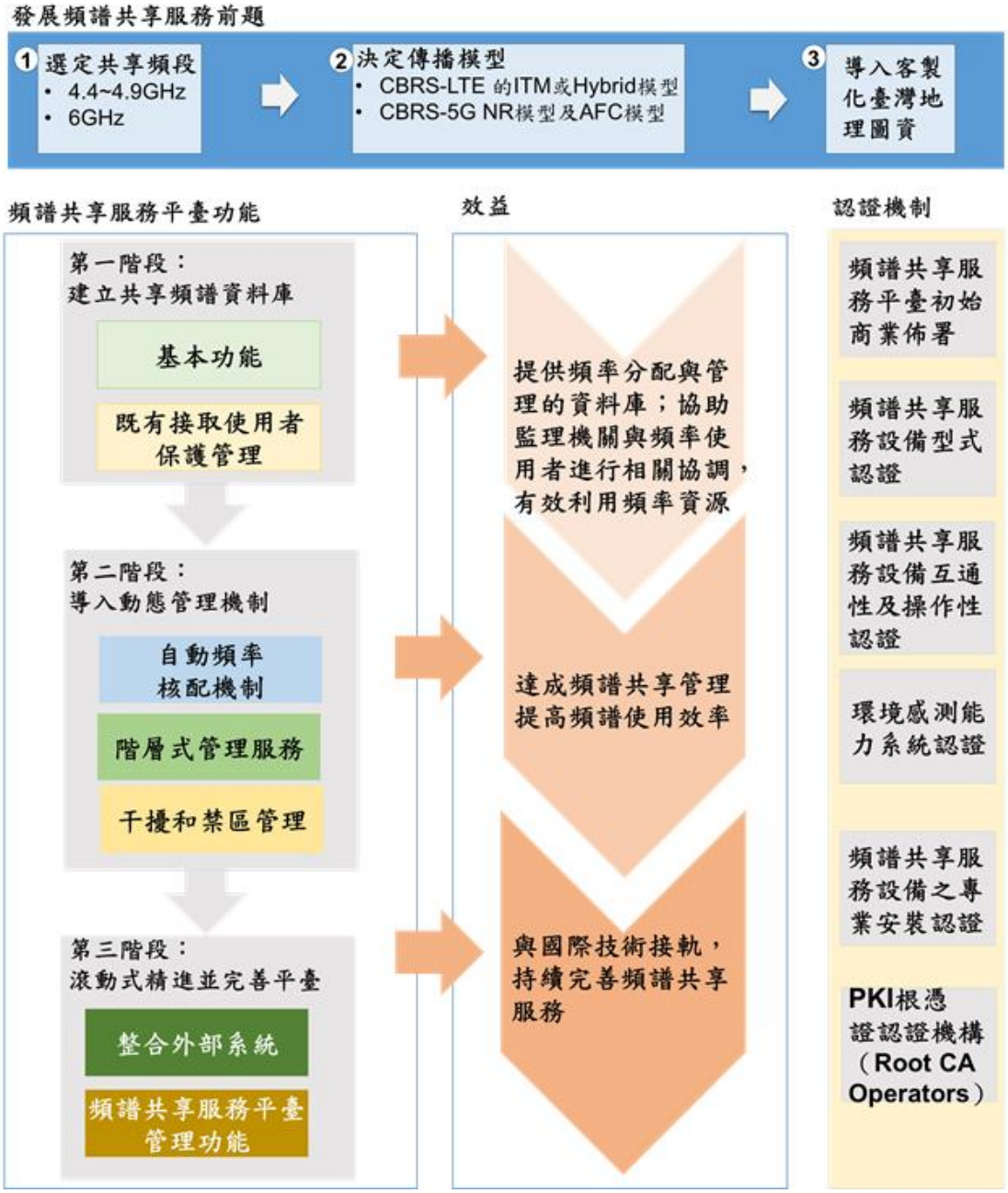


圖 49-頻譜共享服務發展建議

資料來源：本研究整理

一、 使用頻段及潛在使用者分析

我國頻譜共享服務使用頻段及潛在使用者分析資訊匯整如表37，詳細內容如后。

表 37-頻譜共享服務使用頻段匯整

候選頻段	3.5GHz	4.4～4.9GHz	6GHz
國際上的頻段使用狀況	• 美國於 3550-3700MHz 使用 CBRS 技術實現頻譜共享 • PAL 許可執照為頻譜的優先使用權，而不是所有權	• 日本及中國使用 4600-4800MHz 發展 5G	• 美國於 5925-7125MHz 使用 AFC 技術實現共享 • 免執照頻段
共享技術的發展	CBRS 技術標準較成熟	無相關共享技術	AFC 技術尚在發展中
使用技術	4G LTE／5G NR	5G NR	IEEE 802.11Wi-Fi 6E / 5G NR-U
共享技術設備支援	產業生態系統已形成	目前無共享技術設備的發展	產業生態系統尚在發展中
此頻段我國發展頻譜共享可行性	• 3300-3570MHz 已 5G 釋照 • 3570-3610MHz 為護衛頻段 • 3610-4000MHz 為衛星使用 • 基於上述頻段使用狀況，發展頻譜共享可行性低	• 4400-4600MHz 目前為警消公務使用 • 4800-4900MHz 為企業專網使用 • 國際上只有日本及中國發展該頻段，共享設備經濟規模不足，發展頻譜共享可行性低	• 5925-6425MHz 現供公眾通信中繼網路使用 • 6425-7125MHz 則為其他中繼站微波電臺使用 • 產業生態系統及相關共享技術尚在發展中，需持續關注
既有使用者 (Incumbent)	• 5G 行動業者	• 警消公務使用	• 既有公眾通信中繼網路及中繼站微波

候選頻段	3.5GHz	4.4～4.9GHz	6GHz
			電臺
潛在使用者(PAL/GAA)	• 發展頻譜共享可行性低。	• PAL：電信業者、有線電視系統業者、服務應用廠商、農業、能源企業及醫院或等 • GAA：公益服務性質單位、教育學術單位、臨時性或短暫的集會活動、家用戶或個人等	

資料來源：本研究整理

3.3-4.2GHz 頻段

美國 FCC 認為在 3.5GHz 頻段所需處理之既有使用者保護與頻率協調指配等複雜程度不同，鑑於 3.5GHz 頻段有足夠連續頻寬來支援更大容量、更高傳輸速率，兼具實現覆蓋和容量的平衡，劃定 3550～3700MHz 為共享頻段，利用頻譜接取系統（SAS），採三層式授權運作方式，制定頻譜與監理政策法規促進產業與應用的創新，然此頻段目前亦為國際主流 5G 頻段之一，許多國家都已規劃提供 5G 服務使用。

我國 5G 第一波釋照已釋出 3.3-3.57GHz 頻率範圍，主要是因為 Sub-6GHz 的產業技術已經非常成熟，Sub-6GHz 的基站容易佈署，且傳訊距離長、覆蓋範圍廣，讓它成為許多國家的 5G 主要發展頻段，甚至可以憑藉現有的 4G 技術繼續向下發展。各國所推出的 5G 服務皆以此頻段為基礎，其所發展的相關基站及終端設備（如手機、平板）也較為成熟，設備網通業者將著眼此頻段在企業專網及全球運用的商機。

由於 3.3-3.57GHz 已經完成 5G 釋照，又 3.57-3.61GHz 為護衛頻段（Guard band）使用，且 3.61-4.2GHz 主要為衛星使用。基於頻譜使用現況，此頻段在短至中期內發展頻譜共享的可行性低。

4.4-4.9GHz 頻段

我國預計未來將有第二波 5G 釋照，預計釋出頻段為 4.4-4.6GHz 頻段，由於 4.4-4.6GHz 頻段目前由警消和公部門使用，預估需要時間清理頻段，雖透過補償金的使用，可望大幅縮短釋出時程，但對於頻段的清理工作也是一項大工程，若考慮使用共享頻段，目前國際上針對此頻段尚未有發展相關的共享技術。

網通設備支援方面，在 4.8-4.9GHz 目前只有中國和日本在使用，站在宏觀角度思考上，於此 4.8-4.9GHz 頻段上發展共享頻段，須留意經濟規模不足以發展相關生態系的疑慮。

6GHz 頻段

美國 FCC 於 2020 年 4 月 23 日決議，開放 6GHz 頻段（5925-7125MHz），共計 1200MHz 頻譜資源，作為免執照頻譜，供非授權裝置使用，預期可用技術包括採用 IEEE 802.11 系列標準之 Wi-Fi 6E 及 3GPP 之 5G NR-U，其中 5G NR-U 又分為授權輔助接取（Licensed Assisted Access, LAA）與獨立使用（Standalone）。預計首先搶進這頻段的規格將是 802.11ax/Wi-Fi 6E 以及 5G NR-U，前者可獲得最多 7 個 160MHz 頻道，後者則是透過聚合免執照頻段提升 5G 技術可用頻寬。

FCC 根據不同的營運規則，將 5925-7125MHz 劃分成 4 個不同子頻段供免執照使用，包括：5925-6.425MHz（U-NII-5 頻段）、6425-6525MHz（U-NII-6 頻段）、6525-6825MHz（U-NII-7 頻段）、6875-7125MHz（U-NII-8 頻段）。免執照頻譜設備僅允許在自動頻率控制

系統（Automated Frequency Control, AFC）管理下，依指示之可用頻率進行傳輸，因 AFC 系統可識別免執照頻譜設備在其平臺上運行的頻率，故將降低對固定的點對點微波接收造成妨害性干擾。在沒有 AFC 系統的情況下，免執照頻譜設備的使用將限於在室內並以較低功率方式運作，藉以保護頻率上運行的執照服務免受干擾。

該頻段目前在國內，5925-6425MHz 現供公眾通信中繼網路使用，6425-7125MHz 則為其他中繼站微波電臺使用。交通部郵電司於 109 年 6 月 19 日公告：徵詢各界針對規劃 5925-7125MHz 作為和諧共用頻段之意見。若以此共享架構為基礎，對應在我國的可能潛在使用者分析如下：

潛在使用者分析

根據美國 PAL 拍賣結果及得標公司的頻譜應用分析經驗，PAL 使用者會較注重通訊的服務品質，這些使用者為電信業者、有線電視系統業者、服務應用廠商、農業、能源企業及醫院或等。在應用上有電信服務的垂直整合運用、智慧農業、特定區域物聯網應用及遠距醫療等，皆需提供較高品質的網路服務。

GAA 的使用者通常較在意通訊的成本，這些使用者為公益服務性質單位、教育學術單位、臨時性或短暫的集會活動、家用戶或個人等。應用上對公益服務性質單位及學校來說，為佈建特定面積的覆蓋區域而去購買整個行政區的頻譜在財務上並不划算，因此採用免費的頻譜資源。其它應用如提供大型運動賽事、演唱會，競選活動的一般群眾上網服務。

既有使用者依頻段不同而異，4.4～4.9GHz 頻段既有使用者為警消公務使用；6GHz 頻段為既有公眾通信中繼網路及中繼站微波電臺使用。

二、 傳播模型

各國的地形地物皆有不同，決定了頻譜共享服務平臺要使用的傳播模型後，還需要進行模型調整，透過相關量測工具或是路測，將量測結果與涵蓋預測進行比較後，還需使用模型調整功能來調整模型（Model tuning），才能調整出適合臺灣使用的傳播模型。頻譜共享服務傳播模型比較匯整如表 38，詳細內容如后。

表 38-頻譜共享服務傳播模型比較

共享技術	CBRS-LTE	CBRS-5G NR	AFC
使用之傳播模型	• ITM 模型 • Hybrid 模型	相關共享技術的傳播模型尚在發展中，需持續關注	相關共享技術的傳播模型尚在發展中，需持續關注
支援 2D/3D	目前僅支援 2D	發展 3D	尚在討論發展中
技術成熟度	相關規範及技術相對成熟	相關規範及技術都正在滾動修訂中	尚在討論發展中
頻譜共享平臺使用傳播模型建議	針對我國地形地物有不同，頻譜共享服務平臺要使用的傳播模型需要視實際狀況進行模型調整	國際共享技術傳播模型尚在發展中，未來國內若要採用該共享技術可參考國內 5G 業者使用的傳播模型，來決定我國未來頻譜共享服務平臺要使用的傳播模型	待技術發展成熟，視我國實際狀況，來決定我國未來頻譜共享服務平臺要使用的傳播模型

資料來源：本研究整理

SAS 平臺是美國 CBRS 層級式共享機制的核心，在 WInnForum 規範中定義了 SAS 應使用的傳播模型。在點對點的使用傳播場景，例如，FSS 衛星接收站，使用 ITM 模型。而在其他傳播場景，例如，PAL 保護區，使用 Hybrid（混合）模型。

目前在 CBRS 聯盟發布的第三版本規範中，導入了 5G NR 的技術，相關規範及技術都正在滾動修訂中，日後需密切關注 WInnForum 和 CBRS 聯盟發布的規範。CBRS 聯盟和 SAS 平臺業者正在討論的議題包括：

- 如何處理在同一區域，例如，LTE 和 5G NR 基站共存，所引起的干擾問題。
- 5G NR 業者將會使用波束成型（Beamforming）天線，SAS 平臺需要如何處理干擾計算？
- 行動網路業者如果使用 LTE 和 5G NR 雙連接（EN-DC）技術，使用 CBRS 及其他 CBRS 頻道進行載波聚合，SAS 平臺如何管理？

關於 CBRS-5G NR 的傳播模型，目前尚未有國際標準，可先參考國內 5G 業者現行商用網路所使用的傳播模型，做為未來共享服務平臺要使用的依據，5G 業者目前使用的傳播模型規劃工具（Network planning tool），主要為 Atoll 及 Inforvista 兩家公司提供，其依據不同的 5G 基站地理位置（例如，密集城市，城市，郊區和農村）在 3D 地圖環境下，執行 3D 模擬預測，建構 3D 傳播模型（例如，Planet P3M，Planet Universal 模型，Atoll Aster 或 Atoll CrossWave ..等）。Atoll 及 Inforvista 這兩家公司的傳播模型規劃工具都是自行開發，必須經由付費採購取得，其傳播模型可透過通用天線和無線電設備來確保與現有 LTE 網路的無縫連結，可以結合國內 5G 業者商用網路所使用的網路參數組合，支援 5G 功能，例如，雙連接（5G NR + LTE），高級 3D 波束成形和 Massive MIMO 建模。

未來如果考慮頻譜共享服務平臺使用 AFC 平臺，目前已知使用的傳播模型相對單純，但因 AFC 尚在討論發展中，國際上目前還沒有討論到 AFC 要使用的傳播模型，因此，需要密切關注未來 AFC 的發展資訊。

三、 地理圖資

無論採用何種頻譜共享技術，未來臺灣頻譜共享服務平臺的地理圖資，建議初期以 2D 地理圖資進行客製化應可符合系統平臺開發需求，參照預備導入的傳播模型及土地類型定義，來律定規範平臺所需的圖資格式。

依據本團隊研發實作經驗，2D 地理圖資運用的重點在於配合傳播模型及城鄉人口結構，來進行臺灣的土地類型劃分與歸類，若共享頻段選用 3.5GHz，可參考美國 SAS 圖資所定義的土地劃分類型，來客製臺灣地理圖資。若共享頻段選用 4.4～4.9GHz 及 6GHz，則需視頻段技術的傳播模型再來定義適合的臺灣地理圖資土地劃分類型。

CBRS SAS 平臺使用的地理圖資與衛星接收站資訊，是依由美國國家土地覆蓋資料庫（National Land Cover Database , NLCD）土地劃分類型歸類為 21—24（城市、郊區、鄉村）的區域加以識別，並用於 RF 傳播模型的計算。臺灣沒有對應 NLCD 規格的圖資，本計畫為解決此一問題先與 CommScope SAS 團隊就如何提供臺灣圖資以符合 NLCD 圖資格式進行研究及討論後，選定使用內政部國土測繪中心（National Land Surveying and Mapping Center, NLSC）的國土利用調查成果圖來進行客製化作業。

共享技術除 CBRS 外，目前較常被討論的還有 AFC，因 AFC 技術尚在發展中，須與未未 AFC 平臺廠商討論其所需求的圖資格式為何。若未來 CBRS 採用的是 CBRS-5G NR 傳播模型，則需考慮是否要使用 3D 圖資。

四、 佈署方式及資訊安全

考量臺灣監理規管達成資訊安全落地原則及臺灣地理圖資的國土安全資訊，頻譜共享服務平臺的資訊安全管理，建議以兩種方式建置：一、使用國內雲端服務，二、建置實體本地化服務設備。

依據本團隊實際場域驗證經驗，建議可參照下述相關模組功能使用國內雲端服務方式建置，或是採用實體設備方式在地化建置，除能提高資訊安全外，亦能掌控相關資訊流向及服務監理。

表 39-頻譜共享資訊架構佈署方式比較

佈署方式	使用國外雲端服務	使用國內雲端服務	建置實體本地化服務設備
擴充彈性	易擴充	易擴充	受限實體設備架構，不易擴充
資訊安全	雲端機房建置不在國內，較難控管	視國內雲端服務機房管控能力，風險較能控管	若建置於專有網路機房內，風險較低
佈署／擴充成本	低	低	高
平臺資訊管控（例如，圖資、基站位置、衛星資訊）	受限國外雲端平臺，資訊流向不易掌控	資訊流向管控，視國內雲端服務管控能力而定	若建置於專有網路機房，資訊流向容易管控
主管機關監管	受限國外雲端平臺，監管難度極高	可依循現有雲端服務監管制度	可完全掌握監管

資料來源：本研究整理

參考美國 SAS 平臺業者的的雲端布建是採異地備援架構。其布建在 4 個實際上分開的亞馬遜網站服務（AWS）的可用區域（Availability Zones, AZs），以避免因廣域停電、網路故障或天然災害造成系統中斷。通過使用多個 AZ，如果其中一個 AZ 發生故障，頻譜共享服務平臺仍可繼續在其他區域中運行。在給定的可用區內，軟體以備援方式運行，因此可用區內的故障不會阻止頻譜共享服務平臺操作。此外，在個別 AZ 的軟體架構也採備援機制，更進一步提高系統可用性。頻譜共享服務平臺的組成單元及網路元件會放置在不同的安全系統群組中，同時在每一群組中可用不同設定規則頻譜共享服務平臺伺服器及資料庫被安置在私有的子網路並不會直接與公眾網路接連。

五、 認證機制

美國 CBRS 層級式共享機制無論在法規、技術標準及產業生態系統（ecosystem）形成上，都較其他地區完善成熟，且目前已商業化運行中，目前 WInnForu 主要有五項 CBRS 相關認證機制，分別為：SAS 平臺初始商業佈署（Initial Commercial Deployments, ICD）認證、CBSD 認證、ESC 認證、CBRS 認證之專業安裝（Certified Professional Installer, CPI）及 CBRS PKI 憑證總管理中心認證（Root CA Operators），再加上 CBRS 聯盟推出的 OnGo 認證，共六項相關認證機制。

臺灣未來共享服務平臺之相關認證機制建立，可參考美國 CBRS 相關認證機制，如表 40 所示。

表 40-美國 CBRS 認證機制匯整

	說明	認證單位
SAS 平臺初始商業佈署（ICD）	ICD 測試包括確保 CBSD 可以與 SAS 通信並在 SAS 上註冊，請求和接收頻譜授權以及中止操作等所有相關測試 ICD 將至少運行 30 天，之後，SAS 管理者將提出有關其 ICD 經驗的報告	FCC
CBSD 認證	證明其符合 WInnForum interface 規範，並確認該設備將認證符合 Part 96 規範，並符合 SAS 平臺使用的通信安全方法	FCC
OnGo 認證	產品通過 OnGo 測試後，將授予製造商或銷售商使用 OnGo 認證的權利。認證意味著對產品進行了多種相關測試，並對其產品進行了多種採樣，以驗證其與其他在 3.5GHz 頻段上運行的 OnGo 認證設備的互通性與操作性	CBRS 聯盟
ESC 認證	由 NTIA 測試各業者的環境感測能力（ESC）系統	FCC、NTIA、美國國防部
CBRS 認證之專業安裝（CPI）	CBSD 的安裝及架設，依 WInnForum 建議使用認證後的專業安裝（CPI）方式實施 CPI 部分由 CBSD 操作工程師安裝及進行設備安裝設定	WinnForum

	Category B 類 CBSD 的設置和非地理定位的 Category A 類 CBSD 設置需要CBRS認證之專業安裝人員安裝	
CBRS PKI 憑證總管理中心認證（Root CA Operators）	憑證總管理中心會將子憑證管理機構證書頒發給批准的 CA 服務提供商。子憑證管理機構會將證書頒發給授權用戶，後者會將證書嵌入到相關設備設備中 WInnForum 將提供列表以利用戶可以使用已批准的憑證總管理中心（Root CA）	WinnForum

資料來源：本研究整理

六、 禁區的干擾與保護

美國 CBRS 將某些特定地區定義為禁區，在 SAS 平臺中以多個點的經度、緯度劃定一個多邊形的固定區域，將這個區域定義為禁區，可設定禁區的保護頻段，來對於在禁區內的既有使用者做頻段保護，其使用情境為軍方在某些陸地上的站點周圍，禁止在某些頻率範圍內進行 CBRS 操作，當 CBSD 站點的位置是在該設定為禁區的區域內，SAS 平臺會要求該區域正在使用該頻率的 CBSD 換頻或是終止發射。

另外，在美國的 CBRS 也定義動態的保護區，以連接整合環境感測能力（ESC）系統，其功能主要為考慮美軍雷達活動，排除 CBRS 運作對軍方通訊產生妨害性干擾的控制機制。 另外，SAS 平臺也開於連接外部資料來進行動態保護區的規劃，如 FCC 資料庫及

聯邦政府指定的保護區資料庫。根據 FCC Part 96.15 的要求，SAS 平臺收到保護區的通知，需在一定時間內完成通知並確認占用該頻段的 CBSD 換頻或終止發射。

依據本團隊實際場域驗證經驗，建議可參照美國 CBRS 使用固定式禁區的定義方式，對於目前本國固定地點區域範圍的保護頻段，如，FSS、航站塔台固定通訊的頻段及範圍地區、軍方的禁區直接劃定為禁區，或建立感測器網路來進行該區域的保護。至於動態保護區的功能，可在服務平臺預留外部連接介面，視未來動態保護區的需求，來彈性增加外接資料庫及整合環境感測能力（ESC）系統的功能。

七、 頻譜共享服務平臺

(一) 開發方式

為確保我國頻譜資源能有效率的供給，並與國際頻譜應用趨勢接軌，未來若需要建構頻譜共享服務平臺，考量重點有二：一為平臺開發技術的自主性及設計彈性；二為開發費用及維運成本。選用國內自行開發，有利發展臺灣的動態頻譜共享服務平臺之生態系統，並且開發技術的自主性及設計彈性較高；開發費用及維運成本也較低，平臺營運方面，建議可由受主管機關監督與政策指令的中立第三方進行維運，對外公平提供頻譜共享管理，對內具備維持資料庫安全與正確之專業。

國內自行開發

依據臺灣環境需求及我國相關監理與規管之最新作法及發展進程，包含其規劃共享使用之頻段、頻譜共享監理架構、共享機制之規範發展狀況等，量身訂作客製臺灣頻譜共享服務功能，建構出適用於臺灣的頻譜共享服務平臺。本團隊與工研院曾就頻譜共享服務

平臺開發交換意見，工研院表達有相關研發能量，選用臺灣相關研發科技廠商合作開發，有利發展臺灣的動態頻譜共享服務平臺之生態系統，並且開發技術的自主性及設計彈性較高；開發費用及維運成本也較低。另外，若考量扶植臺灣設備與接軌國際並拓展國際市場、增強競爭力，在共享頻段之選用上則至關重要，應選擇國際上普遍採用的共享頻段。

導入國外既有系統平臺再進行在地化客製

根據本計畫在臺灣建立美國 SAS 服務平臺實證場域之經驗，其優點可快速導入、建構臺灣頻譜共享服務平臺，例如，經過美國 FCC 認證的 SAS 平臺服務公司，可以採用國際完整的實作經驗及國際標準，並確信其能符合規範及履行職責的功能。但該選用的國外平臺廠商必需有能力達成臺灣在地客製化需求，例如，配合臺灣監理與資訊安全規管達成系統資訊落地、基於我國國土安全考量的臺灣圖資導入原則、配合臺灣所選用的頻段進行修改與客製等。選用國外平臺廠商其開發技術的自主性及設計彈性較低；開發費用及維運成本也較高。

(二) 平臺功能

目前美國 SAS 平臺業者為五家，依臺灣人口約為美國 1／14 及土地面積約為美國 1／260，我國由一家頻譜共享服務平臺業者足以提供相關服務，故不需規劃頻譜共享服務平臺之間的通信功能，亦即不需要平臺間的定期合作活動（CPAS），頻譜共享服務的階層式管理也需依實際需求進行調整，依據本團隊實證經驗、共享使用頻段及潛在使用者分析，建議以三層式架構設計共享服務平臺，另外可依臺灣軍方需求建置環境感測能力（ESC）系統動態調整來避免對軍方活動頻段的干擾，或可用感測能力（Sensing Capability）設備資料庫來進行 FSS 衛星接收站頻段的保護。

未來臺灣頻譜共享服務平臺應該提供的功能，參考美國 CBRS 運行經驗，提供相關功能建議如表 41，表內專有名詞為引用美國 CBRS 服務定義，說明如下：

CBSD：Citizens Broadband Radio Service Device，CBRS 服務裝置

SAS：Spectrum Access System，頻譜接取系統

PAL：Priority Access License，優先接取執照

PPA：PAL Protection Area，優先接取執照保護區

GAA：Generally Authorized Access，一般許可接取

ESC：Environmental Sensing Capability，環境感測能力

表 41-我國頻譜共享服務平臺應具功能建議

開發階段	項目	功能描述	
第一階段	基本功能	• 註冊並驗證 CBSD 和授權 • 手動於指定地理位置確認可用頻率並將其分配給 CBSD • 保持有關註冊 CBSD 的最新狀態訊息 • 未來與通訊傳播委員會資料庫連接，更新 SAS 正常運行所需的訊息 • 建立感測能力（Sensing Capability）設備資料庫來進行頻段的保護（如，FSS 衛星接收站）	
	既有接取使用者保護管理	• 確保既有接取使用者，例如，FSS 衛星接收站使用的頻段不受干擾	
第二階段	自動頻率核配機制	• CBSD 自動連線註冊與即時驗證和授權 • 自動於指定地理位置確認可用頻率並將其分配給 CBSD	
	階層式管理服務	對 PAL 持有人的管理服務	• 保護 PAL 免受其他 CBRS 用戶的有害干擾 • 管理 PAL 資料庫 • 驗證 PAL 所有者並和頻譜共享服務平臺管理員交換 PPA 相關訊息 • PAL 用戶設定 PPA 及 PPA 衝突解決
		對 GAA 用戶的管理服務	• 協調 GAA CBSD 間的共存，以促進穩定的頻率使用環境
	干擾和禁區管理	• 彙總干擾計算，確認 CBSD 最大允許傳輸發射功率	
第三階段	整合外部系統	• 外接動態禁區資料庫 • 整合環境感測能力（ESC）系統	
	頻譜共享服務平臺管理功能	• 管理 CBSD 用戶，並向 CBSD 用戶收取合理服務費用	

資料來源：本研究整理

(三) 分階建置

綜合上述說明，建議朝頻譜共享服務平臺模組化的結構方向來架構平臺，配合臺灣階段性的監理與規管，階段性完善頻譜共享服務平臺功能。

建議頻譜共享服務開發可分三階段進行，說明如下：

- 第一階段：可以先考量以建立頻譜相關的資料庫及臺灣地理圖資料庫，發展符合資訊安全為考量的查詢基站相關資料庫系統，建議可針對既有接取使用者建立保護的感測能力（Sensing Capability）設備資料庫，匯集至此臺灣頻譜共享服務平臺，利用資料庫提供共享頻率分配與管理的資訊，來做為臺灣建立頻譜共享服務平臺基礎。此階段對於譜頻的相關資料進行資訊化，亦即將既有譜頻使用者以資料庫進行判讀與干擾評估，若有干擾議題，需由監理機關與相關頻率使用者進行頻率協調，達成頻譜監理機制的第一步。
- 第二階段：主要為平臺增設階層式管理功能、引入自動進行干擾和禁區管理與自動進行頻率核配機制，例如，基站階層式架構管理、選用適合臺灣的傳播模型與演算法參數優化，去達成既有頻段使用者與商用基站共存下的干擾管理與防護等。利用平臺分配與管理共享頻率，對於未來的頻譜管理是相當重要的機制，如何避免使用者相互干擾亦同樣重要。自動進行頻率核配是理想的情況，但仍應考量當下共享技術設備支援程度及產業的經濟規模來決定是否佈建此階段功能，初期在尚未達成經濟規模前，仍需政府支持與促成。
- 第三階段：主要為平臺增設外接動態禁區資料庫及整合環境感測能力（ESC）系統，外接動態保護區的功能，如需保護的軍方動態頻譜使用區。可在服務平臺預留外部連接接

口，視未來動態保護區的需求，來彈性增加外接動態排程資料庫及整合環境感測能力（ESC）系統的功能。在此階段因基站數量已具規模、服務運用較為廣泛，需投入相當成本來維運平臺，建議可引入收費機制來達到平臺永續經營。另外，此階段仍需視當下的國際標準發展趨勢、我國頻段環境、未來通訊環境至我國政策取向來擴充符合需求的相關功能，以滾動式精進觀點繼續完善臺灣頻譜共享服務平臺系統。

表 42-我國頻譜共享服務開發階段建議

	第一階段	第二階段	第三階段
說明	• 建立共享頻譜相關資料庫及臺灣地理圖資資料庫，發展符合資訊安全為考量的查詢基站相關資料庫系統 • 建議可針對既有接取使用者建立保護的感測能力（Sensing Capability）設備資料庫，匯集至此臺灣頻譜共享服務平臺	• 增設階層式管理功能、引入自動進行干擾和禁區管理與自動進行頻率核配機制，例如，基站階層式架構管理、選用適合臺灣的傳播模型與演算法參數優化，去達成既有頻段使用者與商用基站共存下的干擾管理與防護等。	• 增設平臺預留外部連接接口，視未來動態保護區的需求，來彈性增加外接動態排程資料庫及整合環境感測能力（ESC）系統的功能 • 引入收費機制來達到平臺永續經營 • 視當下的國際標準發展趨勢、我國頻段環境、未來通訊環境至我國政策取向來擴充符合需求的相關功能
平臺功能	• 基本功能 • 既有接取使用者保護管理 • （手動進行頻率核配）	以第一階段功能為基礎新增下述功能 • 自動進行頻率核配機制 • 階層式管理服務 • 干擾和禁區管理	以第二階段功能為基礎新增下述功能 • 整合外部系統 • 頻譜共享服務平臺管理功能

階段性效益	提供頻率分配與管理的資料庫；協助監理機關與頻率使用者進行相關協調，有效利用頻率資源	達成頻譜共享管理提高頻譜使用效率	與國際技術接軌，持續完善頻譜共享服務

資料來源：本研究整理

八、 經費評估

平臺建置經費

依據本中心號碼可攜集中式資料庫管理中心（NPAC）的營運經驗，參照相關監理與資訊安全規範，評估頻譜共享服務平臺相關建置及維運經費。依佈署方式區分：1.雲端主機託管；2.實體 IDC 機房，說明如后。考量臺灣監理規管達成資訊安全落地原則及臺灣地理圖資的國土安全資訊，建議採用實體 IDC 機房方式在地化建置，雖然建置及營運成本高於雲端主機託管方式，但除能提高資訊安全外，亦能完全掌控相關資訊流向及服務監理。

- 雲端主機託管方式

雲端主機託管方式建置成本只有平臺開發費用，無須購置硬體設備，相關功能包含：異地備援服務、儲存設備、VMWare、負載平衡（Load Balance）及防火牆、資料庫管理系統等，參考中華電信 hicloud 雲端服務報價，評估相關費用如後。

平臺開發相關軟體或資料庫每年須支付軟體授權費用（license fee），估計授權費用為軟體開發費用的 20%。平臺開發第一階段的雲端服務費用為每月新臺幣 300,000 元，每年新臺幣 3,600,000 元；第二及第三階段，因平臺功能及雲端服務擴充，雲端服務費用為每月新臺幣 900,000 元，每年新臺幣 10,800,000 元。

因雲端主機託管，無須設備維護費用，惟仍須配置維運平臺人力，包含值班、功能開發及系統維運、專案管理等人員。

第一階段配置人力為：中階主管、監督人員、資訊系統分析及設計、資料庫及網路專業人員、資訊管理及維護技術員各 1 名，共 5 名人力配置，每人費用以每年新臺幣 2,000,000 元+25%專案管理費用估算，人力費用為每年新臺幣 12,500,000 元。

第二及第三階段，因平臺功能的擴充所以維運工作內容增加，且平臺系統須持續優化調校，預計配置人員有：中階主管 1 名、監督人員 2 名、資訊系統分析及設計 3 名、資料庫及網路專業人員及訊管理及維護技術員各 4 名，共 14 名人力配置，人力費用為每年新臺幣 35,000,000 元。

- 實體 IDC 機房方式

實體 IDC 機房方式的建置成本包含平臺開發費用與硬體費用，相關功能包含：伺服器硬體、儲存設備、異地備援服務、VMWare、負載平衡（Load Balance）及防火牆、資料庫管理系統等參考中中華電信 IDC 報價，評估相關費用如後。

平臺開發相關軟體或資料庫每年須支付軟體授權費用（license fee），估計授權費用為軟體開發費用的 20%，平臺開發第一階段的實體 IDC 機房費用含專線及機櫃租用，為每月新臺幣 400,000 元，每年新臺幣 4,800,000 元；第二及第三階段，因平臺功能擴充，實體 IDC 機房費用為每月新臺幣 500,000 元，每年新臺幣 6,000,000 元。

因實體 IDC 機房，須有設備維護費用，估計設備維護費用為硬體費用的 15%，也須配置維運平臺人力，包含值班、功能開發及系統維運、專案管理等人員，人力費用評估同雲端主機託管方式。

表 43-預估平臺建置費用

單位：新臺幣元

			第一階段	第二階段	第三階段	合計
雲端主機託管方式	資本門	建置費用	40,000,000	50,000,000	30,000,000	120,000,000
	經常門(每年)	軟體授權費用(license fee)	8,000,000	18,000,000	24,000,000	
		雲端主機託管	3,600,000	10,800,000	10,800,000	
		人力費用	12,500,000	35,000,000	35,000,000	
		合計	**24,100,000**	**63,800,000**	**69,800,000**	
實體IDC機房方式	資本門	建置費用	60,000,000	80,000,000	40,000,000	180,000,000
	經常門(每年)	軟體授權費用(license fee)	8,000,000	18,000,000	24,000,000	
		實體IDC機房	4,800,000	6,000,000	6,000,000	
		人力費用	12,500,000	35,000,000	35,000,000	
		設備維護費用	3,000,000	7,500,000	9,000,000	
		合計	**28,300,000**	**66,500,000**	**74,000,000**	

資料來源：本研究整理

頻譜共享服務收費模式

參考美國 CBRS 收費模式，其來源有二：1.為相關認證機制的收費；2.共享設備收費模式。

- 相關認證機制的收費

我國頻譜共享服務認證機制的相關認證單位及收費方式，可參考美國 CBRS 經驗，頻譜共享服務平臺初始商業佈署的認證，建議由通傳會認可之第三方認證單位來執行。

共享設備的認證分為型式認證，建議由通傳會認可之第三方認證單位執行，以及設備互通性及操作性認證，此認證因須對相關設備進行多項測試，以驗證其在共享頻段上與其它共享設備的互通性，建議由民間企業共組之產業聯盟執行。

環境感測能力系統認證因與軍方動態頻譜使用區有關，建議由通傳會認可之第三方認證單位、國防部與交通部共同執行。

頻譜共享服務設備之專業安裝認證及 CBRS PKI 憑證總管理中心認證，為頻譜共享服務設備的專業安裝及架設與送認證廠商需將獲得之憑證嵌入到共享設備中，其關係到共享技術規範，建議由政府與民間產業共組之標準制定組織來執行。

參考美國 CBRS 收費機制，匯整我國頻譜共享服務認證機制如後。

表 44-頻譜共享服務認證機制費用

單位：新臺幣元

項目	美國認證單位	美國認證費用	臺灣建議認證單位	臺灣建議費用
頻譜共享服務平臺初始商業佈署(SAS ICD認證)	FCC	3,696,000[註1]	NCC或其認可之第三方認證單位	1,478,400[註5]
頻譜共享服務設備型式認證(CBSD認證)	FCC	約1,200,000	NCC或其認可之第三方認證單位	480,000[註5]
頻譜共享服務設備互通性及操作性認證(OnGo認證)	CBRS聯盟		民間企業共組之產業聯盟	
環境感測能力系統認證(ESC認證)	FCC、NTIA、美國國防部	2,688,000[註2]	NCC或其認可之第三方認證單位、國防部、交通部	1,075,000[註5]
頻譜共享服務設備之專業安裝認證(CPI認證)	WinnForum	16,772[註3]	政府與民間產業共組之標準制定組織	6,700[註5]
PKI根憑證認證機構（Root CA Operators）	WinnForum	27,860 / 年[註4]	政府與民間產業共組之標準制定組織	11,100 / 年[註5]

註1：美國CBRS收費為美金132,000元

註2：美國CBRS收費為美金96,000

註3：美國CBRS收費為美金599元

註4：美國CBRS收費為美金995元 / 年

註5：以2020年人均GDP，美國約臺灣2.5倍來計算；人均GDP(美國)約6.6萬美元；人均GDP(臺灣)約2.6萬美元

資料來源：本研究整理

- 共享設備收費模式

依據美國 CBRS 經驗，SAS 平臺根據須處理的每一個 CBSD 的干擾計算來收取費用，Category-A 類的 CBSD 發射功率比較小，涵蓋比較小，需要的干擾計算也較簡單，因此收費較少，費用為每月美金 5.95 元，每月臺幣 167 元，Category-B 類的 CBSD 發射功率比較大，涵蓋比較大，需要的干擾計算也比較複雜，因此收費也會比較多，費用為每月美金 9.50 元，每月臺幣 266 元。

據美國 SAS 平臺業者表示，預期在 2021 年該臺平可達到三十萬個 CBSD 註冊，五年後可達到一百萬個 CBSD 註冊。美國 CBRS 共

享機制於技術標準及產業生態系統（ecosystem）形成上，都較完善成熟，故可參考其收費及營運模式方式。

表 45-美國 CBSD 月租費用

單位：新臺幣元

設備類型	月租費
CBSD-A 類（室內型基站）	167
CBSD-B 類（室外型基站）	266

資料來源：本研究整理

第三節　主要建議事項

一、 立即可行之建議

發展頻譜共享服務前題需先決定共享頻段，依頻段特性發展適合臺灣的傳播模型，再依傳播模型的參數來定義適合的臺灣地理圖資土地劃分類型，建立共享平臺的基礎。共享平臺的功能建議以三層式架構設計，並依三階段需求進行模組化開發及在地化佈署。另外，可參考美國 CBRS 認證機制，依各階段之需求逐步完善臺灣共享服務平臺之相關認證機制。

在第一階段，主要以建立共享頻率資料庫應具基本功能及既有接取使用者之保護管理為主，此階段之主要認證機制應含共享服務平臺及共享頻率設備之認證。其效益為提供頻率分配與管理的資料庫；協助主管機關與共享頻率使用者進行相關協調，有效利用頻率資源。

平臺開發方面建議國內自行開發，有利發展臺灣的動態頻譜共享服務平臺之生態系統，並且開發技術的自主性及設計彈性較高；

開發費用及維運成本也較低。平臺營運方面，建議可由受主管機關監督與政策指令的中立第三方進行維運，對外公平提供頻譜共享管理，對內具備維持資料庫安全與正確之專業。考量臺灣監理規管達成資訊安全落地原則及臺灣地理圖資的國土安全資訊，建議採用實體 IDC 機房方式在地化建置，除能提高資訊安全外，亦能完全掌控相關資訊流向及服務監理。

二、 中長期性建議

本研究建議將導入動態管理機制作為第二階段之規劃重點，其涉及到自動頻率核配機制、階層式管理服務，以及干擾和禁區管理等功能添加，並視頻段管理需求，進一步完善共享頻率設備互通性及操作性認證、環境感測能力系統認證、專案安裝認證及 PKI 憑證總管理中心認證等項目。接續於第三階段持續滾動式精進與完善平臺，以落實頻譜共享管理、提高頻譜使用效率之政策目標，同時與國際技術接軌，持續完善頻譜共享服務。

中英文名詞對照

英文	中文
Authentication	認證
Amazon Web Services(AWS)	亞馬遜網站服務
Availability Zones(AZ)	可用區域
Automated Frequency Control(AFC)	自動頻率控制系統
Citizens Broadband Radio Service(CBRS)	公眾寬頻接取服務
Citizens Broadband Radio Service Device(CBSD)	CBRS 裝置
Certified Professional Installer(CPI)	CBRS 認證之專業安裝者
Cooperative Periodic Activities among SASs(CPAS)	SAS 之間的定期合作活動
Certificate Authority(CA)	數位憑證認證機構
Carrier Aggregation(CA)	載波聚合
Certificate Revocation List(CRL)	憑證吊銷列表(紀錄被 CA 所撤銷的憑證清單)
Circuit Switch Fallback(CSFB)	電路交換回退
Coexistence Manager(CxM)	共存管理器
Continuous Wave(CW)	連續波
Domain Proxy(DP)	區域代理器
Dynamic Protection Areas(DPA)	動態保護區

Equivalent Isotropically Radiated Power(EIRP)	等效全向輻射功率
Environmental Sensing Capability(ESC)	環境感測能力
Ericsson Network Management(ENM)	愛立信網管
Exclusion Zone	禁區
Federal Communications Commission(FCC)	美國聯邦通信委員會
Fixed Satellite Service(FSS)	固定服務衛星
Fixdc Wireless Access(FWA)	固定無線接取
Generally Authorized Access(GAA)	一般許可接取
Grandfathered Wireless Protection Zones(GWPZ)	傳統式無線寬頻保護區域
Home Subscriber Server(HSS)	歸屬用戶伺服器
Incumbent Access(IA)	既有接取
Initial Commercial Deployments(ICD)	初始商業佈署
Interoperability Testing(IOT)	互連測試
Internet of Things(IOT)	物聯網
Institute for Telecommunication Sciences(ITS)	美國電信科學研究院
Above Mean Sea Level(AMS)	平均海拔
Licensed Shared Access(LSA）	授權共享接取；執照共享模式
Line of Sight(LOS)	視距

Licensed Assisted Access(LAA)	授權輔助接取
Mobile Network Operator(MNO)	行動網路業者
Multi Input Multi Output(MIMO)	多輸入多輸出 (多天線無線通訊系統)
Mobility Management Entity(MME)	移動管理實體
Micro-Services Based	微服務基礎
National Telecommunications and Information Administration(NTIA)	美國國家電信暨資訊管理局
National Land Cover Database(NLCD)	美國國家土地覆蓋資料庫
National Land Surveying and Mapping Center(NLSC)	國土測繪中心
Online Certificate Status Protocol(OCSP)	線上憑證狀態協定
Priority Access License(PAL)	優先接取執照
PDN Gateway(PGW)	PDN 閘道器
Public Key Infrastructure(PKI)	公開金鑰基礎建設
Proof of Service(PoS)	服務驗證
PAL Protection Area(PPA)	PAL 保護區
Radio Frequency	無線電頻率
Spectrum Access System(SAS)	頻譜接取系統
Serving Gateway(SGW)	服務閘道器
Spectrum Inquiry	頻譜查詢
Special Subframe Frame(SSF)	特殊子訊框
Transport Layer Security(TLS)	傳輸層安全機制
User Equipment(UE)	用戶設備

U.S. Geological Survey(USGS)	美國地質調查局
Universal Licensing System(ULS)	通用執照系統
Wireless Innovation Forum(WInnForum)	無線創新論壇

參考文獻

一、 中文文獻

[1] 中華民國頻率分配圖，參見：https://freqdbo.ncc.gov.tw/upload/FILESAVE/080724081215.pdf

[2] 我國無線電頻率使用授權與執照管理架構之調整研究委託研究採購案

[3] 建構彈性化頻譜管理新機制之實測驗證

[4] 新世代通訊技術發展觀測與監理政策及規範之研究

[5] 新世代行動通信及物聯網技術發展之頻譜共享機制規範、頻譜整備與超寬頻技術設備監理制度研究

[6] 我國動態頻譜共享機制研析與實驗平臺建置委託研究

[7] 匯流法規架構下頻譜管理機制與規範之研究

[8] CBRS-無線領域的下一代領軍技術，參見：https://read01.com/zh-tw/PMRe3M4.html#.Xa_R8WDV40R

[9] 愛立信行動趨勢 報告 2019 年 6 月，參見：https://www.ericsson.com/4a430e/assets/local/about-ericsson/ericsson-taiwan/doc/mobility-report/ericsson-mobility-report-june-2019.pdf

[10]2019 COMPUTEX 觀測 5G 六大趨勢，參見：https://mic.iii.org.tw/news.aspx?id=514

[11]美國行動寬頻業者與國際設備商共同展示業界首次 CBRS 架構下載波聚合測試，參見：https://www.ttc.org.tw/index.php?apps=pgarticle&action=more&id=218

[12]頻譜共享：另一種更好使用電波的方式，參見：https://www.edntaiwan.com/news/article/20180718NT02-Spectrum-sharing-Another-way-to-better-use-the-airwaves

[13]交通新聞稿澄清 5 月 28 日有關臺灣 5G 實驗頻段恐干擾中新二號衛星之報導，參見：https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=14&parentpath=0,2&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=201805290004&toolsflag=Y

二、 西文文獻

[1] Research study on dynamic spectrum sharing m echanisms and stablishment of experiment p latform in Taiwan
[2] WINNF-TS-0247-V1.0.0 CPI Accreditation Standard, available at : https://workspace.winnforum.org/higherlogic/ws/public/download/4797/WINNF-TS-0247-V1.0.0%20CPI%20Accreditation%20Standard.pdf
[3] WINNF-TS-0065 CBRS Communications Security Technical Specification, available at : https://winnf.memberclicks.net/assets/CBRS/WINNF-TS-0065.pdf
[4] WINNF-TS-0061-V1.5.1 conformance and performance test of SAS, available at : https://winnf.memberclicks.net/assets/CBRS/WINNF-TS-0061.pdf
[5] WINNF-TS-0112-V1.9.1Requirements for Commercial Operation in the U.S. 3550-3700 MHz Citizens Broadband Radio Service Band, available at : https://winnf.memberclicks.net/assets/CBRS/WINNF-TS-0112.pdf
[6] CBRS-Network-Service-Technical-Specification-1001
[7] WINNF-TS-0061 conformance and performance test of SAS
[8] WINNF-TS-0112-V1.6.0 CBRS Operational and Functional Requirements
[9] 2018_CBRS_for_Hospitality_White_Paper
[10]spectrum-sharing-lsa-sas-paper
[11]CommScope SAS-ESC Proposal for TTC 050519-leonard mg043019
[12]CommScope_SAS Architecture and Functional Description
[13]SAS-Assisted Coexistence-Aware Dynamic Channel Assignment in CBRS Band, Avaiable at :

https://www.researchgate.net/publication/326727394_SAS-Assisted_Coexistence-Aware_Dynamic_Channel_Assignment_in_CBRS_Band

[14]National Law Review : 3.5GHz CBRS Band Becomes Reality, available at : https://www.natlawreview.com/article/35-ghz-cbrs-band-becomes-reality

[15]CBRS Alliance and Wireless Innovation Forum Announce Support for 5G NR for 3.5GHz CBRS Band, Available at : https://www.globenewswire.com/news-release/2019/07/18/1884627/0/en/CBRS-Alliance-and-Wireless-Innovation-Forum-Announce-Support-for-5G-NR-for-3-5-GHz-CBRS-Band.html?culture=fr-ca

[16]CPI training for CBRS, available at : https://www.CommScope.com/solutions/cbrs-certified-professional-installer/

[17]New Wireless Frontiers for the Enterprise: 5G, Wi-Fi 6, and CBRS, available at : https://cn-blogs-prod-alln.cisco.com/news/new-wireless-frontiers

[18]Citizens Broadband Radio Service (CBRS), Frequency Spectrum, Operation Modes and Its Applications, available at : http://www.techplayon.com/citizens-broadband-radio-service-cbrs-frequency-spectrum-operation-modes-and-its-applications/

[19]Release 1 of the Baseline Standard Specifications, available at : https://cbrs.wirelessinnovation.org/release-1-of-the-baseline-standard-specifications

[20]Approved CBRS Root CA Operators, availavle at : https://cbrs.wirelessinnovation.org/cbrs-root-ca-operators

[21]WINNF-20-IN-0065r1 CBRS Incumbent Protections and Encumbrances Overview, availavle at : https://winnf.memberclicks.net/assets/work_products/WINNF-20-IN-0065r1%20CBRS%20Encumbrances%20Overview.pdf

[22]WINNF-TS-0016-V1.2.5 Signaling Protocols and Procedures for Citizens Broadband Radio Service (CBRS):Spectrum Access System

(SAS) - Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD) Interface Technical Specification, availavle at : https://winnf.memberclicks.net/assets/CBRS/WINNF-TS-0016.pdf

[23]Working Document WINNF-TR-1003-V0.0.0 (IR1) -r5.1 （Requirements For Protection of Incumbents in the 6GHz Band, availavle at : https://www.wirelessinnovation.org/assets/work_products/Reports/winnf-tr-1003-v0.0.0-r5.1%20ir1%20requirements%20for%206%20ghz%20incumbent%20protection.pdf

[24]WINNF-TS-0022- Version V1.4.0 （WInnForum CBRS Certificate Policy Specification）, availavle at : https://winnf.memberclicks.net/assets/CBRS/WINNF-TS-0022.pdf

附錄一：期末報告(修正版)審查意見修正對照表

審查意見	修正情形
一、有關 IEEE 1900 系列，除 1900.4 有架構圖及較詳細描述，建議其他系列若有相關架構圖，請補充之。	遵照辦理。業已補充圖 2-1900.2 干擾分析架構、圖 4-1900.5 系統架構及圖 5-1900.6 參考模型。詳請參閱 P.21、P.23 及 P.24。
二、建議國際趨勢請再檢視與更新。包括：(一)第三章第三節「各國 6GHz 頻段開放與技術規範」之英國規劃部分（P.126)，報告內容為 2020 年 7 月 1 日徵詢進度，經查同年 7 月 24 日 Ofcom 另宣布相關頻段使用規劃；(二)同上開章節之韓國規劃部分（P.127)，為 2020 年 7 月 1 日之徵詢進度，經查韓國主管機關 MSIT 於該年 10 月 15 日宣布 6GHz 頻段（5925-7125MHz）中 1.2GHz 頻寬可應用於免執照之 Wi-Fi 用途，並明確 6GHz 頻段（5925-6455MHz）供網路分享（Tethering）等室內／外裝置間連結應用；均可參酌並補充說明。	遵照辦理。業已更新英國、南韓兩國家 6GHz 頻段開放之政策措施。詳請參閱 P.128 行 6、P.129 行 5。

三、請於第四章及參考文獻加列受託團隊目前執行中或已完成研究計畫之引述。	遵照辦理。業已於該章最前處作相關陳述。詳請參閱 P.139 行 2 至行 8。
四、報告所列 106 到 108 年研究產出被運用的情形。	於 106 年研究報告提出共享頻率管理規則草案 1 件，已獲通傳會部分採用；包括名詞定義、共享頻率分配原則、共享頻率資料庫管理機構等相關草案條文，使用於無線電頻率使用管理辦法第 2 條、第 24 條至第 28 條。 於 107 年研究報告提出固定衛星服務地面站訊號接收抗擾技術建議 1 件已獲鈞會參採，並據以推動 3.5 GHz 頻段整備改善措施。
五、有關共享頻率如何抉擇，請再進一步研析、補充內容。	無線電頻率之使用有其特性，且不同頻段有不同保護之需求，故我國在法規上明訂得提供共享之使用頻率，應由通傳會另行公告之。除特定政策目標之考量外，建議應先進行既有使用者調查與可用性量測，待具備充足之共享條件之後，再依據頻段需求制定對應之保護規範。詳請參閱 P.142 行 1 至行 18。
六、依電信管理法第 57 條、無線電頻率使用管理辦法第四章條文，分別為共享頻率使用管理之	由於我國尚無具體頻段之規劃，建議未來可需視特定頻段及共享使用者範圍之規劃進程，再依據

法源依據及未來頻率共享機制施行之規範。得提供共享之使用頻率經辦理公告後，仍應另定管理辦法或要點。	頻段需求進行規範增定（106 年提出之共享頻率管理規則草案可供參採）。詳請參閱 P.150 行 8 至行 15。
七、美國 CBRS 頻段除法規制定外，尚有技術標準、產業生態系統，以及相關認證機制等發展及推動事項。我國如欲推動此一模式，政府可以做什麼？由什麼部會來處理？建議提出後續計畫建言。	我國資通訊產業向以技術及生產製造能力為基礎優勢，政府近年整合產官學研資源，104 年成立「台灣資通產業標準協會」(TAICS)，作為我國資通訊產業標準制定之平台，對外亦是接軌國際標準組織的單一窗口。未來我國在共享頻段之產業及技術標準方面，建議委請該單位協助為優先考量。 綜合來看，美國 CBRS 頻段相關認證機制均屬必要，除在第五章第二節進行逐項說明外，第九章第二節之「五、認證機制」及表 44-頻譜共享服務認證機制費用，亦有相關建言。詳請參閱 P.157-162、P.265-267 及 P.278。
八、第九章改為「結論與建議」，並請參考以下建議：	本章名稱已修正。
(一) 依據各章節研析結果做成本章結論，並據以提出建議。	遵照辦理。業已於第九章新增第一節綜整各章研究成果、第三節綜整主要建議事項。詳請參閱 P.251-254、P.279-280。

(二) 有關平臺建置經費之預估，對軟、硬體之功能及數量，服務之內容，請補充說明。	遵照辦理。業已於經費評估說明補充相關功能說明。詳請參閱 P.274、P.275。
(三) 在每個項目的結論作成重點再強化。	遵照辦理。詳請參閱第九章第二節之各小節內容。
(四) 潛在使用者部分，可將 PAL、GAA 分項表達，讓內容的呈現更為具體。	遵照辦理。業已更新表 37-頻譜共享服務使用頻段匯整之內容。詳請參閱 P.258。
(五) 佈署方式及資訊安全，期望能有較具體、較可行的專業建議。	遵照辦理。詳請參閱 P.264 行 1 至行 7。
(六) 針對雲端主機託管及實體 IDC 機房方式的比較，可加上兩者差異的百分比，並具體建議應採何種方式辦理。	考量臺灣監理規管達成資訊安全落地原則及臺灣地理圖資的國土安全資訊，建議採用實體 IDC 機房方式在地化建置，雖然建置及營運成本高於雲端主機託管方式，但除能提高資訊安全外，亦能完全掌控相關資訊流向及服務監理。
九、提要中「四、主要建議事項」請按照第九章更新後的內容來做更新。	遵照辦理。詳請參閱 P.XIV-XVI。
十、建議宜就成本效益之觀點，特別是效益方面能更深入分析，以利用本次成本分析部分所建立的基礎，作為通傳會擬定政策的具體依據。	感謝委員建議。本團隊謹先依據本中心號碼可攜集中式資料庫管理中心（NPAC）營運經驗，參照相關監理與資訊安全規範，提出頻譜共享服務平臺相關建置及

	維運經費之成本估算。然在效益分析方面，尚需從經濟、社會等更廣泛層面進行考量，再以假設情境來評估及驗證所提方案之可行性，本研究團隊亦認同此為後續研究可更深入探討的部分。
十一、以下請併予補充修正：	
(一) P.27，第一段內文引用圖5，惟出現交互參照錯誤訊息。	已修正
(二) P.134，小結提及美國及英國之共享發展情形，對於前面所提韓國、澳洲及法國也請補充。	已補充。詳請參閱 P.138 行 3 至行 21。
(三) P.177，第五章請補充小結。	已補充
(四) P.241、P.255，最後一段請重新潤稿，以利閱讀。	已重新潤稿
(五) P.250，請於適當處補充圖46的引用說明。	已補充
(六) P.251，參照電信管理法，此處所稱「回饋」宜改為「補償」。	已修正
(七) P.257，所提「未來如果採用 AFC 平臺…會建議該公司產品應該使用何種圖資」部分，請再確認是否應為 SAS 平臺，另請釐清如要開放頻率共享服務，	已刪減易生誤解的文句。 未來我國如要開放頻率共享服務，無論是否限定單一管理者之情境，建議均應由主管機關律定使用國產圖資，並於傳播模型之

是否應律定規範業者所需一致性的圖資格式。	選定使用及參數設定作出一致性規範。
(八) P.265 及附錄 227 頁之格式須再檢視調整。	已修正
(九) 請補充可具體衡量之績效指標。	本計畫於本年度所定績效指標與實際達成情形業已說明及表列於第一章第四節。詳請參閱 P.14-15。
(十) 章節格式、標題，請依本會委託研究計畫作業要點規定之格式修正。	業已部分修正。將於交付完整研究報告前再行檢視確認。

附錄二：期末報告審查意見修正對照表

審查意見	修正情形
一、從電信管理法允許電信事業彈性使用頻譜之精神來說，顯示頻譜共享機制之前瞻性及可行性研究重要性；建議受託單位於本研究報告增加中英文執行摘要，除了反映計畫執行重點及凸顯對監理機制之心得與價值外，亦應闡述過程中學到的東西、待突破的瓶頸等，並運用累積的經驗與知識，提出對我國建構這些機制的具體建議。	遵照委員建議。 已參照通傳會委託研究期末報告印製格式要求，於「期末報告（修正版）」（下同）本文前先加列提要，擇要說明研究緣起、研究方法及過程、重要發現及主要建議意見。
二、美國 CBRS 頻段包含 IA、PAL、GAA 這些使用者角色，SAS 也已經運行，對於彈性化頻譜監理機制來說，算是一個很好的範例。假如將這種層級式的共享機制引進我國，對於可能使用在哪個頻段、頻段是否存在類似於 IA、PAL、GAA 相對應的使用單位，以及不同既有使用者的干擾保護功能如何修正或因應，都是值得探討的問題，請受託單位以 4.9GHz 頻段之管理為例來作說明。另有關今年 7 月進行 PAL 拍賣，除了報告中所整理的	遵照委員意見。 有關以我國 4.9GHz 頻段管理為例之說明，請詳參第九章之「一、使用頻段及潛在使用者分析」。 另有關 PAL 拍賣機制之設計，已補充於第三章、第一節之「五、PAL 拍賣活動」

拍賣過程及結果外，拍賣機制之設計亦是監理機關所關切，請受託單位再予補充。	
三、利用資料庫負責分配與管理共享頻率，對於未來的頻譜管理是相當重要的機制，如何避免使用者相互干擾亦同樣重要。自動進行頻率核配是理想的情況，其次則是由監理機關找頻率使用者進行頻率協調，未來如有開放頻段共享的機會，建議可將干擾評估列為必要的事前措施，由具備技術專業的團隊來執行並協助完善規範的訂定。	感謝委員建議與意見。 已補充相關說明內容於第九章之「七、頻譜共享服務平臺」。
四、報告第二章提到 IEEE 1900.4 跟 IEEE 1900.7，實際上整個標準系列是從 IEEE 1900.1 到 1900.7，建議可再完整論述；另第二節及第三節均應增加小結說明。	感謝委員建議與意見。 已在第二章第一節補充 IEEE 1900 全系列標準之介紹，並在同章第二節及第三節均增加小結說明。
五、報告第三章對於國際間採用資料庫作為管理基礎的頻譜共享機制，請製作表格比較，包含但不限其目的、頻段、使用者等。	遵照委員意見。 已補充於第二章第七節。
六、有關澳洲 ACMA 就擬於毫米波頻段導入區域執照之公眾諮詢，請確認是否已經完成。	遵照委員意見。 已更新第三章第四節之「一、澳洲」說明內容。

七、有關 P.125 所稱「英國雖有子法規定，但卻並未開放行動通訊頻率可以出租」，與 P.104 提到「Ofcom 也將向與該頻段有關之 MNO 詢求是否同意共享頻率」，請釐清兩處之說明有無不一致。	遵照委員意見。 令英國法規仍不允許頻率出租，「區域接取執照」雖需徵求 MNO 同意，其執照之核發仍由主管機關為之，故非屬頻率出租態樣。
八、報告第四章，請受託單位補充電信管理法第 52、57、58、59 條規定之多元化頻率釋出機制及頻率彈性使用授權、無線電頻率使用管理辦法第四章共享頻率使用管理相關條文之完整敘述，以及前期(106 年至 108 年)計畫對於我國動態頻譜共享政策法規與監理機制的研究成果，並藉由綜整與研析前述政策制度內容，研提建議供參。	遵照委員意見。 已補充於第四章各節內容。
九、報告第九章，除受託單位就其技術實證與系統整合之經驗及基礎，提出對於頻譜共享服務部署之相關建議外(P.232~P.240)，為能讓將來推動各項工作之政策論述更具說服力，建議再提供相關議題之補充說明，例如：頻譜共享服務如何收費、收入來源能否多樣化（提供相關認證機制，	遵照委員意見。 已補充於第九章各項建議內容。

提供干擾協調、評估服務等）、其他政策推動或應用上之可能方向（與專用電信、偏遠地區合作，專網釋照，或物聯網的免執照運用等）、兩種國內雲端架構佈署方式成本概估，共享機制對各利害關係人之成本及利益等。	
十、結論建議部分，請受託單位就 4.9GHz 專頻專網技術監理、國際發展經驗對於我國電信管理法下〝三共〞的監理機制有何啟發或可槓桿（leverage）運用之處，提出對於未來或後續研究之建議。	感謝委員建議。
十一、其餘如加註頁碼、錯字、誤植、使用簡稱卻未加說明或解釋、文句不通順，以及翻譯名詞一致性等，請併予修正。包括：	已進行相關處之修正。
(1)於目次補充各個附錄的頁碼索引。	已補充
(2) 名詞翻譯要一致，比方說 TVWS、WSDB。	已調整為一致用詞
(3)P.15，Bluetooth 應該沒有使用到 5GHz 免執照頻段。	已修正
(4)P.20，PHY、MAC 建議翻譯為實體（層）、媒介存取控制。	已修正

(5)P.39，「頻譜集體共用」，請舉個明確定義之條件跟例子。	已補充
(6)P.48，除「有害干擾」外，有無其他程度的干擾定義（例如：無害干擾）？	已採我國法規所定義之「妨害性干擾」用詞。
(7)P.88，歐洲航天局為大陸用語，請改為歐洲太空總署。	已修正
(8)P103，「非用於行動網路」所列的 1800MHz 頻段，與 P.105，「共享接取執照將適用於 1800MHz 頻段」及同頁下段「針對行動業者已取得全國性執照的頻段」所列的 1800MHz 頻段，在文義上容易讓閱讀者產生混淆。	已調整第三章第二節之「一、政策法規」說明內容，明顯區隔兩類執照之適用頻段。
(9)P.113，允許達到 30dB 的最大 EIRP，是否為 dBm 之誤植？	已修正
(10)P.129、P.135，NTA 請修正為 NTIA。	已修正
(11)P.178，「功率分配」的用詞正確性？	已修正
(12)P.180，「介電常數=25（良好接地）」的正確性？	已補充資訊來源，其原文為 Dielectric constant = 25 (good ground)
(13)P.196，頁面空白太多。	已修正
(14)P.202，Kms 請修正為 Km 或公里。	已修正

附錄三：期中報告審查意見修正對照表

審查意見	修正情形
一、本案前期 (106-108 年) 計畫已分別完成 LSA 及 CBRS 協定實作，並且在技術可行性分析過程中進行概念性驗證及服務驗證；惟本報告僅對各年度執行成果略作整理，以致於閱讀者不易清楚明白整個研究的連貫性；例如，國際間持續關注動態頻譜共享議題及建立相關法規制度國家的發展動態，美國 CBRS 頻段採層級式頻譜共享完整概念及市場現況，選擇 SAS-CBSD 通訊協定作為實證研究主軸的理由…等，建議再予補充說明。	遵照委員意見。 已補充於期末報告初稿第二章及第三章之國際發展動態。
二、我國政策開放 4.9 GHz 頻段供專頻專網使用，朝向以技術中立的原則進行頻率分配；對於頻段內既設電台之保護，以及未來在不同系統間可能產生之干擾問題及共存條件均須審慎評估。建議受託單位可對此提出一些建設性的觀點，例如感測器（sensing capability）、頻譜地理位置資料庫的功能，以及可發揮作用的地方等。	遵照委員意見。 已於期末報告初稿第九章提出包括目前開放該頻段用作行動寬頻使用之國家、設備生態系發展、共享技術之支援性等。同時提供英國 3.8-4.2GHz 頻段共享接取執照之技術條件規範（第三章），以及該頻段之鄰頻干擾風險評估作法（附錄九）供參。

三、由於各國法規因應其國情以及實際狀況各不相同，建議受託單位可綜合本案研究所得之經驗與作法，區別其他國家與我國情況的差異，就能夠適用於我國環境的部份提出說明。	遵照委員意見。 已補充於期末報告初稿第九章之各項建議分析內容。
四、測試驗證過程中若涉及訊號發射，可增加頻譜測量數據以為佐證。	遵照委員意見。 已補充於期末報告初稿附錄二。
五、從 P.230 圖 42（系統架構）來看，DP 與 CBSD 是在整個網路組態中的不同設備，且兩者間另以 NETCONF 協議進行溝通；惟在 P.242-P.249 各時序圖均以 DP/CBSD 代表與 SAS 交互過程的另一方，易造成誤解。此外，時序圖中的訊息傳遞內容與 CBSD 狀態轉移原因的觸發、條件和動作應有關聯，宜先擇要說明以助於瞭解機制之整體運作情形，接續再對實驗結果數據進行實質的探討與分析；整合測試計畫書與實作結果之整理(期中報告第四章及第五章)，均可改列附錄。	遵照委員意見。 已補充於期末報告初稿第七章。

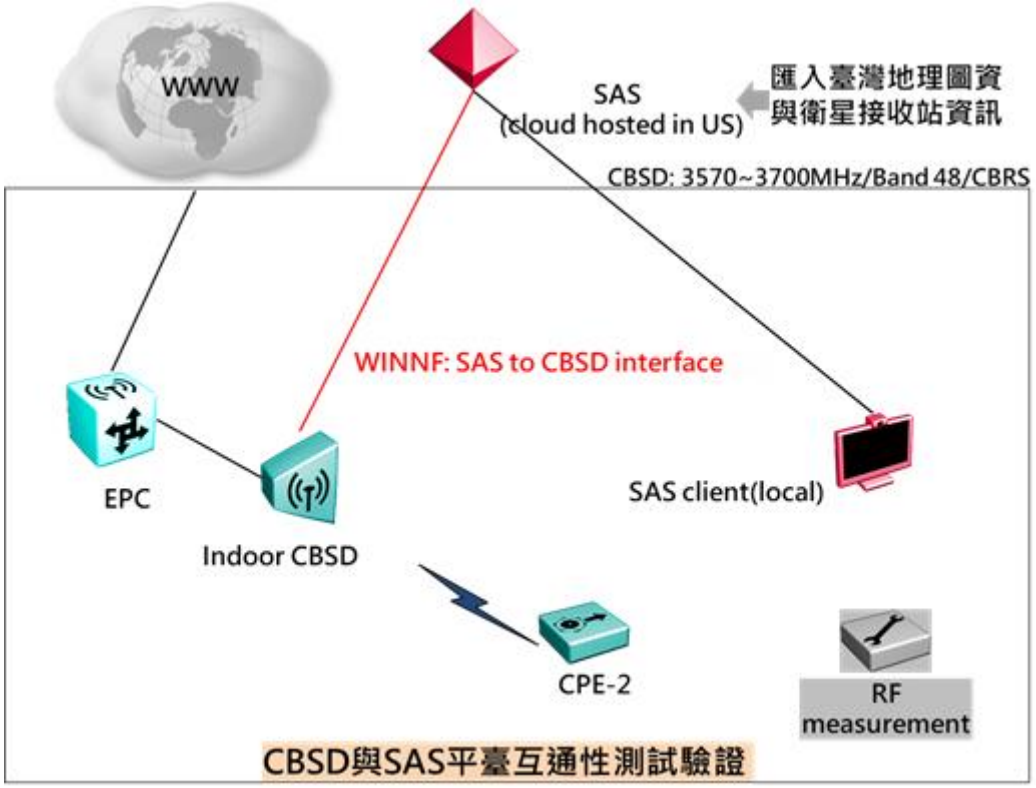
六、P.259 述及美國 PAL 執照拍賣作業預定 7 月 23 日展開，P.267述及英國對開放6GHz頻段規範之諮詢至 3 月 20 日截止，均請更新其後續狀況。	遵照委員意見。 已分別補充於期末報告初稿第三章、第一節之「五、PAL拍賣活動」，以及更新同章第三節之「二、英國」，並整理該政策詳細說明於附錄八。
七、附錄一為美國 CBRS 管理規則相關章節之逐條翻譯對照，建議於報告本文作重點介紹與說明，俾利瞭解其全貌。	遵照委員意見。 已補充於期末報告初稿第二章第四節之「三、監理架構及相關技術規範」。
八、本案於實證過程中係直接利用 CommScope SAS 所提供的資料庫服務，另根據P.30說明該公司係將系統布建在 AWS 雲端平台。若我國未來評估建立頻譜地理資料庫作為開放特定頻段之輔助管理機制，建議應參考資安相關法令，並審慎考量雲端平台是否能為敏感資訊提供足夠的存取保護。	遵照委員意見。 已新增以下兩種方式並進行比較：一、使用國內雲端服務，二、建置實體本地化服務設備。詳請參閱期末報告初稿第九章之「三、資訊安全」。
九、其餘如錯字、誤植、使用簡稱卻未加說明或解釋、文句不通順，以及翻譯名詞一致性等，請併予修正。	遵照委員意見。 已於期末報告初稿進行相關處之修正。

附錄四：共享驗證平臺實驗場域規劃與設置

■ 109 年期中：CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證設備

一、 系統架構

109 年期中測試於新竹正文實驗室進行，試驗證設備採用正文科技之 CBSD 及 EPC。場域設置主要目的為 CommScope SAS 匯入臺灣圖資後，實際驗證 SAS 及 CBSD 間連接測試，正文 CBSD 自動回報 GPS 真實座標位置將能夠正確顯示於 SAS 平臺中。109 年期中整體測試環境設置，如下圖所示。



附圖 1: CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證系統架構

資料來源：本研究整理

二、 CBSD

正文科技 CBSD WLTGFC-105 為通過 FCC SAS 認證（FCC ID: MXF-WLTGFC105）之小型基站。WLTGFC-105 主要功能及規格如下表：

表 1-WLTGFC-105 功能及規格

FDD B3，B7。 TDD B38 B40 B41 B42 B43 B48(CBRS)
3GPP R9
up to 32 UEs connected
GPS and IEEE1588V2 for timing and frequency sync
2Tx2R MIMO
Remote Management SNMPv2， TR-069(optional)
Flexible Local Management
CSFB to 3G
Dual Image
S1 and X2 HO
Support Web GUI Management IF
Rx Sensitivity: Compliant to TS-36。104，36。141
POE+ 56V 0。55A
Gemtek EMS system for Remote Management
Gemtek Zero Touch SON
發射功率 23 dBm per connector port(excluding antenna)
SAS feautre

資料來源：本研究整理

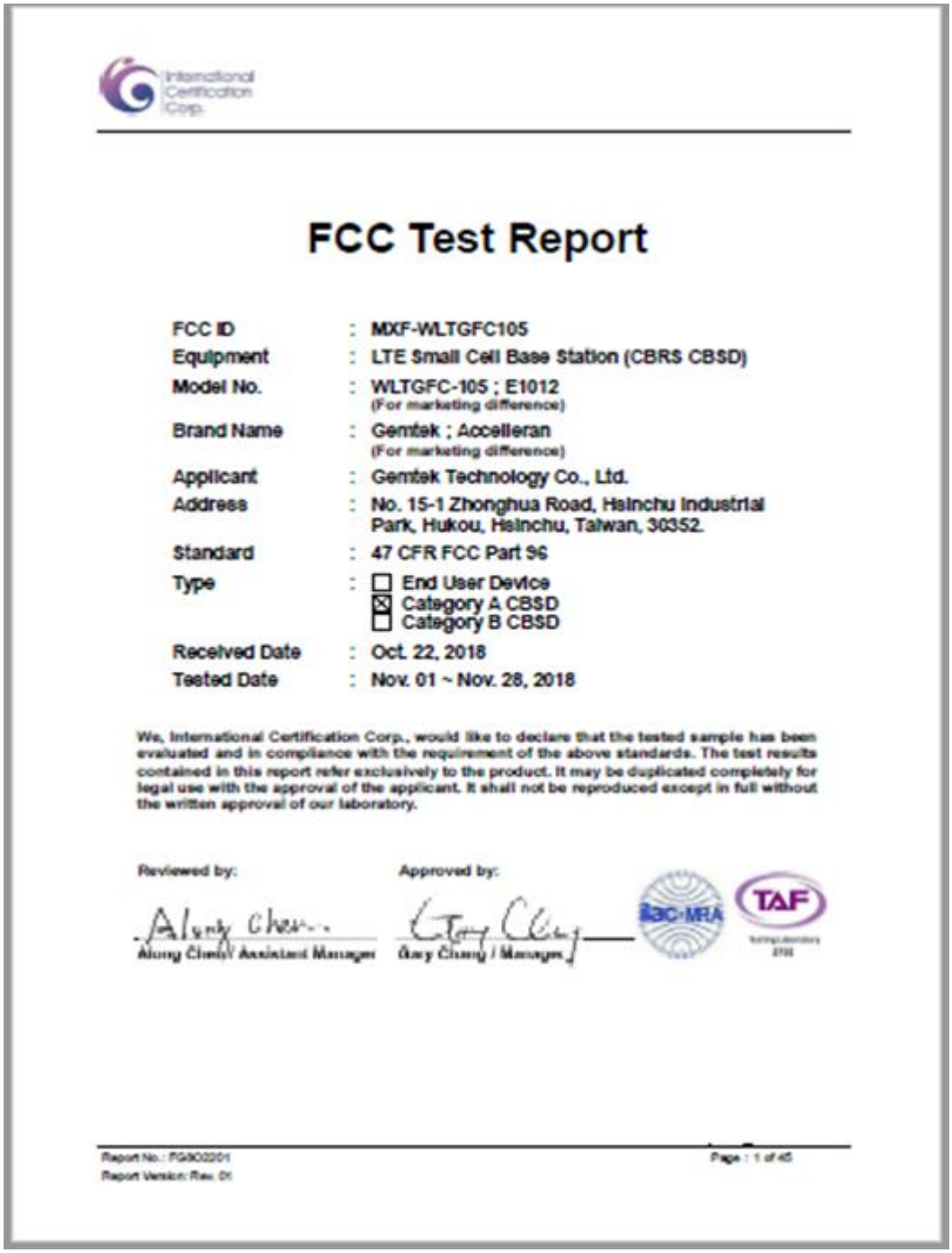


附圖 2: WLTGFC-105 實機圖

資料來源：本研究整理

正文科技的 WLTGFC-105 CBSD CBSD 屬於 A 類 CBSD 特定要求的低功率 CBSD，依 FCC 認證申請規範認證符合 Part 96 中 96.41 和 96.43 中的規定，依據 WInnForumWINNF-TS-0122 ”公民無線寬頻服務（CBRS）的測試和認證； 符合性和性能測試技術規範； CBSD／DP 作為被測單元文件，進行測試。測試時，CBSD 至少與一個 FCC 授權的認可的 SAS 管理員操作測試，證明其符合 WInnForum interface 規範，並確認該設備將認證符合 Part 96 規範，並符合 SAS 使用的通信安全方法。

正文科技 WLTGFC-105 CBSD 通過 FCC Part 96 認證資料如下：



International Certification Corp.

FCC Test Report

FCC ID	:	MXF-WLTGFC105
Equipment	:	LTE Small Cell Base Station (CBRS CBSD)
Model No.	:	WLTGFC-105 ; E1012 (For marketing difference)
Brand Name	:	Gemtek ; Accelleran (For marketing difference)
Applicant	:	Gemtek Technology Co., Ltd.
Address	:	No. 15-1 Zhonghua Road, Hsinchu Industrial Park, Hukou, Hsinchu, Taiwan, 30352.
Standard	:	47 CFR FCC Part 96
Type	:	☐ End User Device ☒ Category A CBSD ☐ Category B CBSD
Received Date	:	Oct. 22, 2018
Tested Date	:	Nov. 01 ~ Nov. 28, 2018

We, International Certification Corp., would like to declare that the tested sample has been evaluated and in compliance with the requirement of the above standards. The test results contained in this report refer exclusively to the product. It may be duplicated completely for legal use with the approval of the applicant. It shall not be reproduced except in full without the written approval of our laboratory.

Reviewed by: Alvin Chen / Assistant Manager

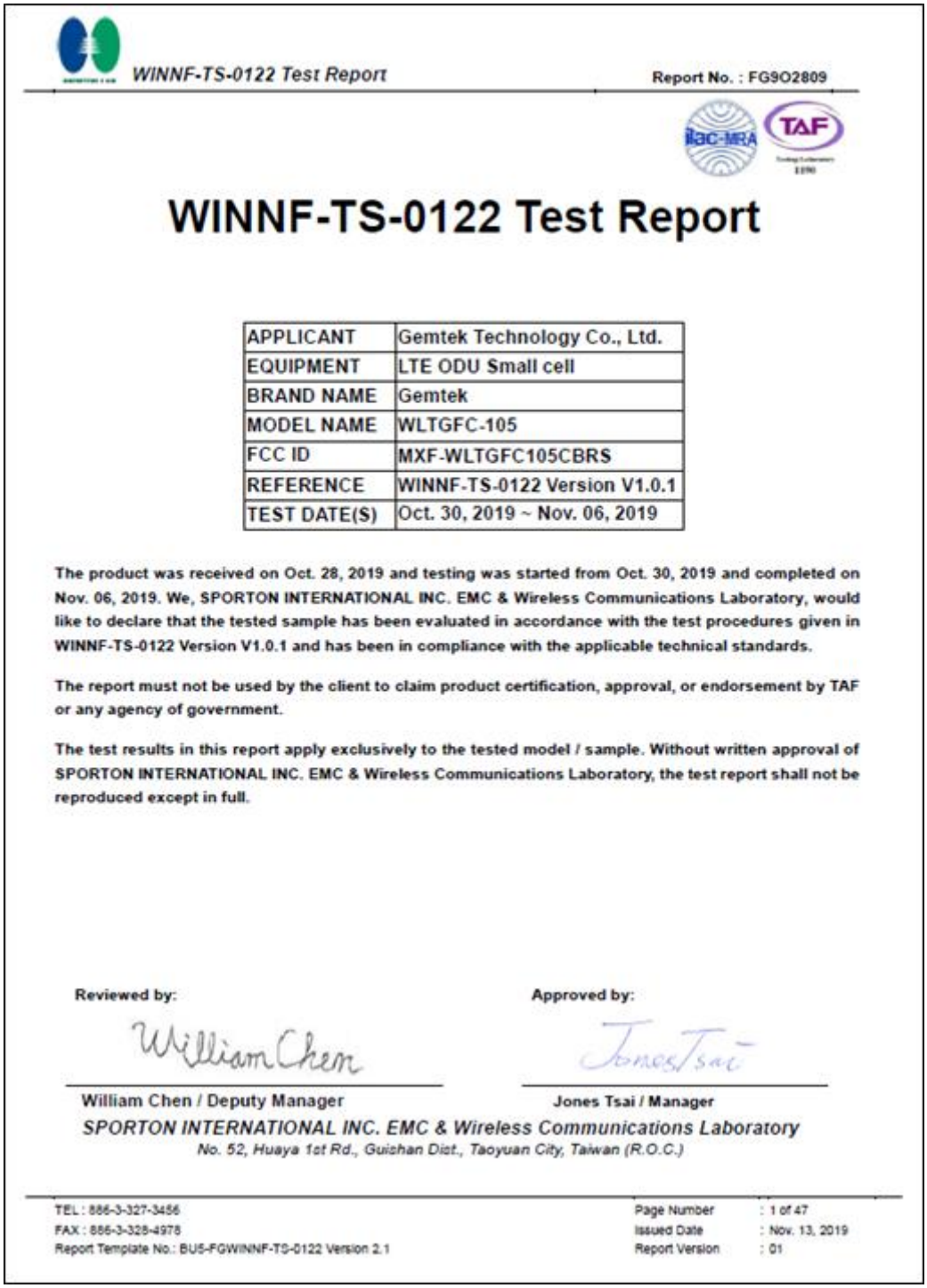
Approved by: Gary Chang / Manager

Report No.: FG902201 Page : 1 of 45

Report Version: Rev. 01

附圖 3: 正文基站通過 FCC Part Certificate

資料來源：正文科技



WINNF-TS-0122 Test Report Report No. : FG9O2809

WINNF-TS-0122 Test Report

APPLICANT	Gemtek Technology Co., Ltd.
EQUIPMENT	LTE ODU Small cell
BRAND NAME	Gemtek
MODEL NAME	WLTGFC-105
FCC ID	MXF-WLTGFC105CBRS
REFERENCE	WINNF-TS-0122 Version V1.0.1
TEST DATE(S)	Oct. 30, 2019 ~ Nov. 06, 2019

The product was received on Oct. 28, 2019 and testing was started from Oct. 30, 2019 and completed on Nov. 06, 2019. We, SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory, would like to declare that the tested sample has been evaluated in accordance with the test procedures given in WINNF-TS-0122 Version V1.0.1 and has been in compliance with the applicable technical standards.

The report must not be used by the client to claim product certification, approval, or endorsement by TAF or any agency of government.

The test results in this report apply exclusively to the tested model / sample. Without written approval of SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory, the test report shall not be reproduced except in full.

Reviewed by: William Chen / Deputy Manager

Approved by: Jones Tsai / Manager

SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory
No. 52, Huaya 1st Rd., Guishan Dist., Taoyuan City, Taiwan (R.O.C.)

TEL : 886-3-327-3456 Page Number : 1 of 47
FAX : 886-3-328-4978 Issued Date : Nov. 13, 2019
Report Template No.: BU5-FGWINNF-TS-0122 Version 2.1 Report Version : 01

附圖 4: 正文基站 WINNF-TS-0122 測試報告

資料來源：正文科技

隨著 CBRS 準備起飛，市場需要可互操作，可按預期運行並符合規格的設備。 這尤其重要，因為大量用戶將部署它並共享頻譜資

源。 CBRS 聯盟是一個行業組織，旨在為 CBRS 頻段推廣基於 LTE 和 5G New Radio 的解決方案。 該聯盟使用 OnGo 名稱作為面向消費者的品牌。在 CBRS 聯盟成員公司，無線通信協會和全球測試實驗室的支持下，CBRS 聯盟制定了 OnGo 認證計劃，以確保 OnGo 無線解決方案的無縫集成和部署，並支持 OnGo 技術的廣泛市場採用。 CBRS Alliance OnGo 認證確保用戶可以安裝 CBRS 設備，而不必擔心互操作性，共存性和性能。

OnGo 認證的產品通過獨立授權測試實驗室之一進行了嚴格的測試。 產品成功通過測試後，將授予製造商或銷售商使用 OnGo 認證徽標的權利。 認證意味著對產品進行了多種配置的測試，並對其產品進行了多種採樣，以驗證其與其他在 3.5GHz 頻段上運行的 OnGo 認證設備的互操作性。成功完成 FCC 授權認證流程並獲得 FCC ID 的產品也有資格獲得 OnGo 認證。

正文科技 CBSD WLTGFC-105 為通過 FCC SAS 認證後，利用相同的測試報告，以正文客戶公司 Accelleran (Model Name E1012)向美國 CBRS ALLIANCE 申請銷售商 OnGo Certification，本項 CBSD 日後將由 Accelleran 銷售。相關訊息，請參考 CBRS ALLIANCE 網站。 https://www.cbrsalliance.org/certification/

三、 EPC

正文 Compact EPC 符合 3GPP LTE Rel. 9 (S1，S11，S6a，SGi)及 Diameter RFC-3588、RFC-5516 規範。

主要功能包含 MME、SGW、PGW and HSS（認證）等主要邏輯功能。以 Cavium Octen-II Multi-Core 硬體平臺為基底，傳輸率具備可達輸入 1Gbps 及輸出 1Gpbs。

表 2-正文 Compact EPC 功能及規格

主要邏輯功能	MME、SGW、PGW and HSS (Authentication)
符合規範	3GPP LTE Rel. 9 (S1，S11，S6a，SGi)、3GPP TS-23.401 及 Diameter： RFC-3588，RFC-5516
硬體平臺	Cavium Octen-II Multi-Core
傳輸率	輸入: 1Gbps/ 輸出: 1Gpbs
支援功能	- CS/PS 組合或僅包含 PS 的程序 - USIM 認證及關鍵協議程序(Authentication and Key Agreement Procedure) - 安全模式指令程序 (Mode Command Procedure) - 默認的 APN 及承載創建程序 (Default APN and Bearer Creation Procedure) - 專屬承載創建程序 (Dedicated Bearer Creation Procedure) - 多元 APNs 創建程序 (APNs Creation Procedure) - S1/X2 切換程序 (S1/X2 Handover Procedure) - 分頁/閒置模式程序 (Paging/Idle Mode Procedure) - 分離程序 (Detach Procedure) - 藉由默認的承載創建定位 UE IPv4 (UE IPv4 Address Allocation via Default Bearer creation or DHCP procedure) - 藉由 IMSI 修復 UE IPv4 - 支援最多 500 個小型基站 S1AP / SCTP 建立連線 - 支援最多 5000 個 UE NAS 信令建立連線 - 支援最多 5000 GTP-U 數據建立連線 - 支援資料輸入/輸出 1 Gpbs - 使 CLI 及 XML 文件格式吻合 EPC - SMS 測試

	- ETWS 傳播測試 - 透過 Gemtek EMS 伺服器進行 SNMP 遠端管理 - UE 統計 - 支援內部及外部 HSS 伺服器進行認證

資料來源：本研究整理



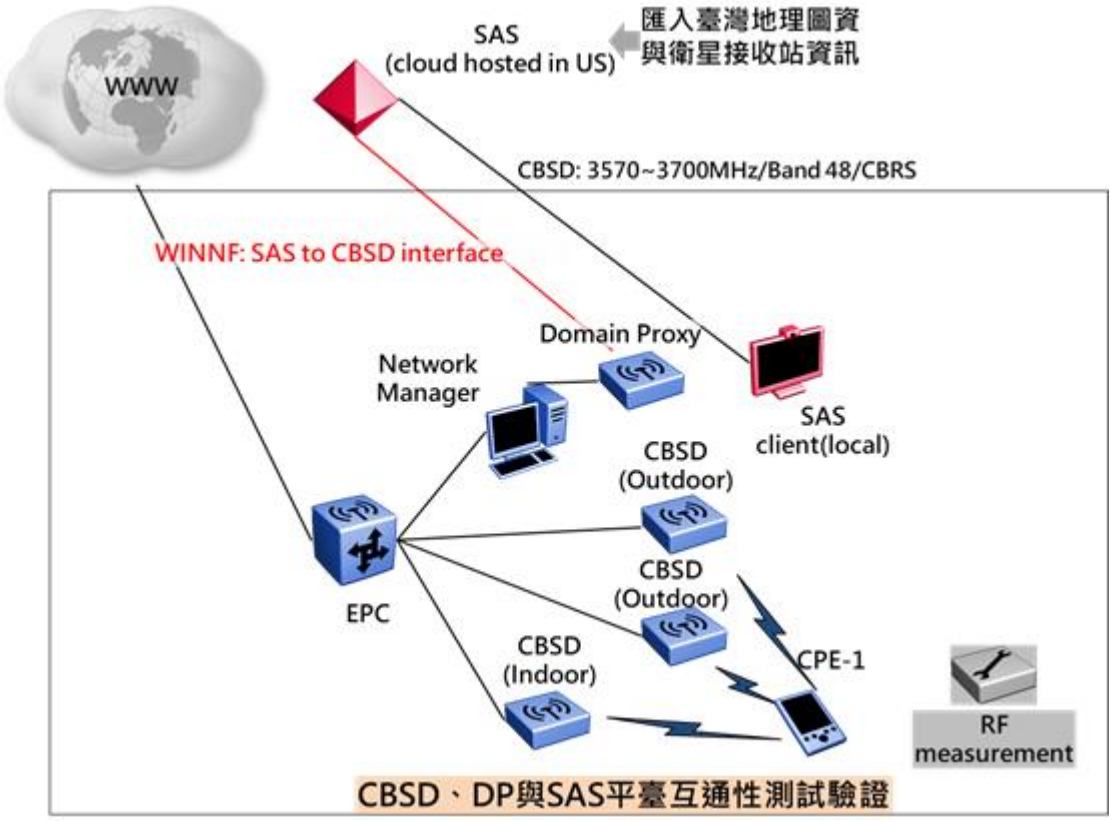
附圖 5: 正文 Compact EPC 實機圖

資料來源：正文科技

■ 109 年期中：CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證設備

一、 系統架構

109 年期末測試計畫主要的架構單元，包含 Domain Proxy 及其配屬 LTE 基站，由行動通信業者提供具有 CBRS 認證的 LTE 相關設備，與 SAS 作客製化整合運用，當基站自動接收 GPS 信號回報臺灣座標位置給 CBSD，SAS 實際運作下協調 Domain Proxy 與各 CBSD 運用，多元運用場景規劃延伸至室內與室外上實作以達成綜觀評估。期末整體測試環境設置，如下圖所示。



附圖 6: CBSD、DP 與 SAS 平臺互通性測試驗證系統架構

資料來源：本研究整理

二、 Ericsson CBSD 設備

Ericsson CBSD Radio2208 為通過 FCC SAS 認證之小型基站 Radio2208 主要功能及規格如下表。

表 3-Radio2208 功能及規格

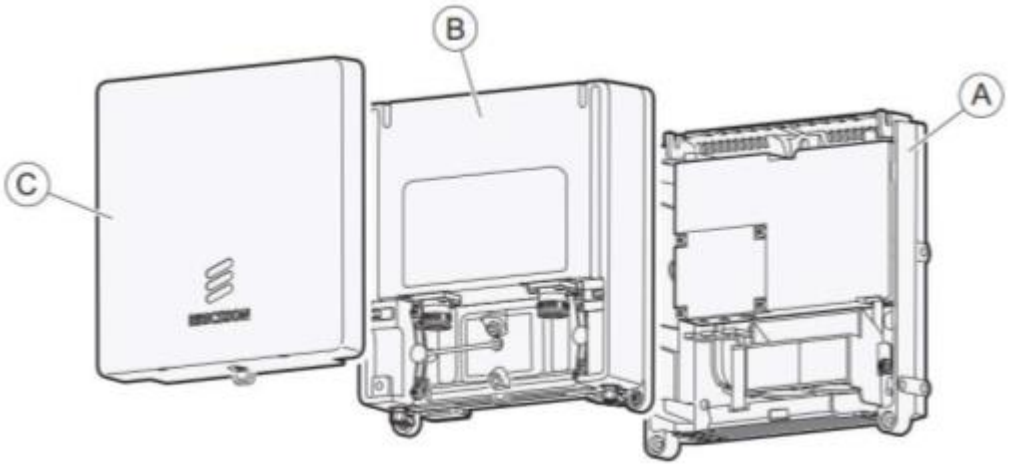
3550–3700 MHz for uplink and downlink B48 for LTE
3GPP R14
Citizens Broadband Radio Service (CBRS) band received power scan with at least 5 MHz units
Duplex transmitter/receiver (2TX/2RX) branches with 10 W per branch
Up to 9.8 Gbps CPRI (optical)
Nominal voltage −48 V DC

Normal voltage range for radio core at radio input connector +35 to +37 V DC
Non-destructive range 0 to −60 V DC
Maximum nominal output power 2 × 10 W

資料來源：本研究整理

下圖為 Ericsson CBSD Radio2208 外型圖，由三個部分組合：

- Support 模組 (A): 有關電源供應器，電源轉換器，風扇
- Radio Core 模組 (B): 處理 Radio 的 communication
- Antenna 模組 (C): 有關天線射頻



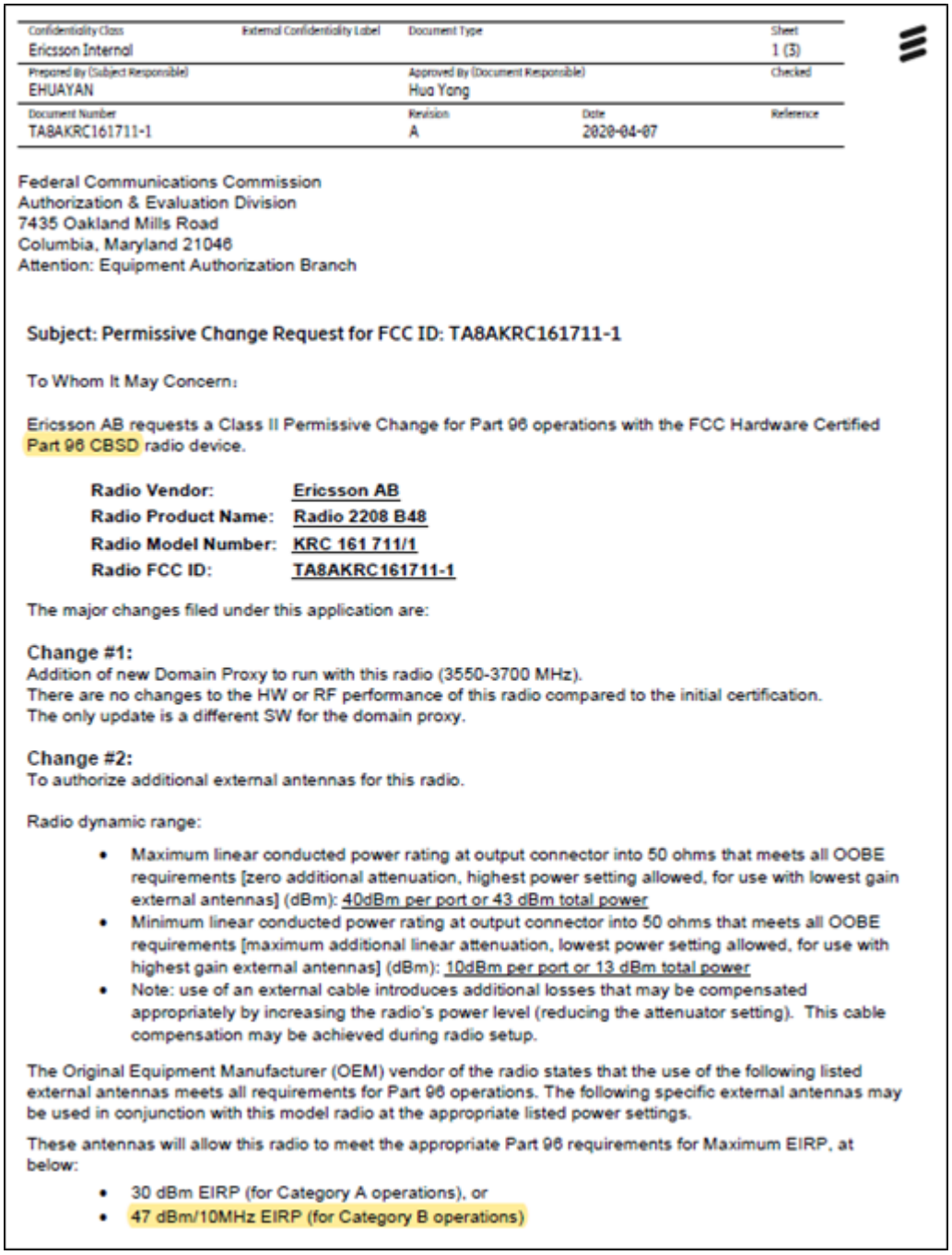
附圖 7: Ericsson CBSD Radio2208 的外型圖

資料來源：Ericsson（Taiwan）

Ericsson Radio 2208 CBSD 屬 B 類 CBSD 的高功率 CBSD，依 FCC 認證申請規範認證符合 Part 96 中 96.41 和 96.45 中的規定，依據 WInnForumWINNF-TS-0122 ” 公民無線寬頻服務（CBRS）的測試和認證； 符合性和性能測試技術規範； CBSD / DP 作為被測單元” 文件，進行測試。測試時，CBSD 至少與一個 FCC 授權的認可的

SAS 管理員操作測試，證明其符合 WInnForum interface 規範，並確認該設備將認證符合 Part 96 規範，並符合 SAS 使用的通信安全方法。

Ericsson Radio 2208 CBSD 通過 FCC Part 96 認證資料如下：



Confidentiality Class	External Confidentiality Label	Document Type		Sheet
Ericsson Internal				1 (3)
Prepared By (Subject Responsible)		Approved By (Document Responsible)		Checked
EHUAYAN		Hua Yong		
Document Number		Revision	Date	Reference
TA8AKRC161711-1		A	2020-04-07	

Federal Communications Commission
Authorization & Evaluation Division
7435 Oakland Mills Road
Columbia, Maryland 21046
Attention: Equipment Authorization Branch

Subject: Permissive Change Request for FCC ID: TA8AKRC161711-1

To Whom It May Concern:

Ericsson AB requests a Class II Permissive Change for Part 96 operations with the FCC Hardware Certified Part 96 CBSD radio device.

Radio Vendor:	**Ericsson AB**
Radio Product Name:	**Radio 2208 B48**
Radio Model Number:	**KRC 161 711/1**
Radio FCC ID:	**TA8AKRC161711-1**

The major changes filed under this application are:

Change #1:
Addition of new Domain Proxy to run with this radio (3550-3700 MHz).
There are no changes to the HW or RF performance of this radio compared to the initial certification.
The only update is a different SW for the domain proxy.

Change #2:
To authorize additional external antennas for this radio.

Radio dynamic range:

- Maximum linear conducted power rating at output connector into 50 ohms that meets all OOBE requirements [zero additional attenuation, highest power setting allowed, for use with lowest gain external antennas] (dBm): 40dBm per port or 43 dBm total power
- Minimum linear conducted power rating at output connector into 50 ohms that meets all OOBE requirements [maximum additional linear attenuation, lowest power setting allowed, for use with highest gain external antennas] (dBm): 10dBm per port or 13 dBm total power
- Note: use of an external cable introduces additional losses that may be compensated appropriately by increasing the radio's power level (reducing the attenuator setting). This cable compensation may be achieved during radio setup.

The Original Equipment Manufacturer (OEM) vendor of the radio states that the use of the following listed external antennas meets all requirements for Part 96 operations. The following specific external antennas may be used in conjunction with this model radio at the appropriate listed power settings.

These antennas will allow this radio to meet the appropriate Part 96 requirements for Maximum EIRP, at below:

- 30 dBm EIRP (for Category A operations), or
- 47 dBm/10MHz EIRP (for Category B operations)

附圖 8: Ericsson Radio 2208 CBSD FCC Part 96 Certificate

資料來源：Ericsson（Taiwan）

Test Report

As per

FCC Part 96 SAS requirements (CBRS Test Plan)

Add value.
Inspire trust.

on the

Ericsson Remote Radio Unit LTE KRC 161 711/1
Radio 2208 B48 (3550-3700MHz)

Issued by:
TÜV SÜD Canada Inc.
1280 Teron Rd
Ottawa, ON K2K 2C1
Canada

Scott Drysdale.
Test Personnel

Glen WestWell
Report Reviewer

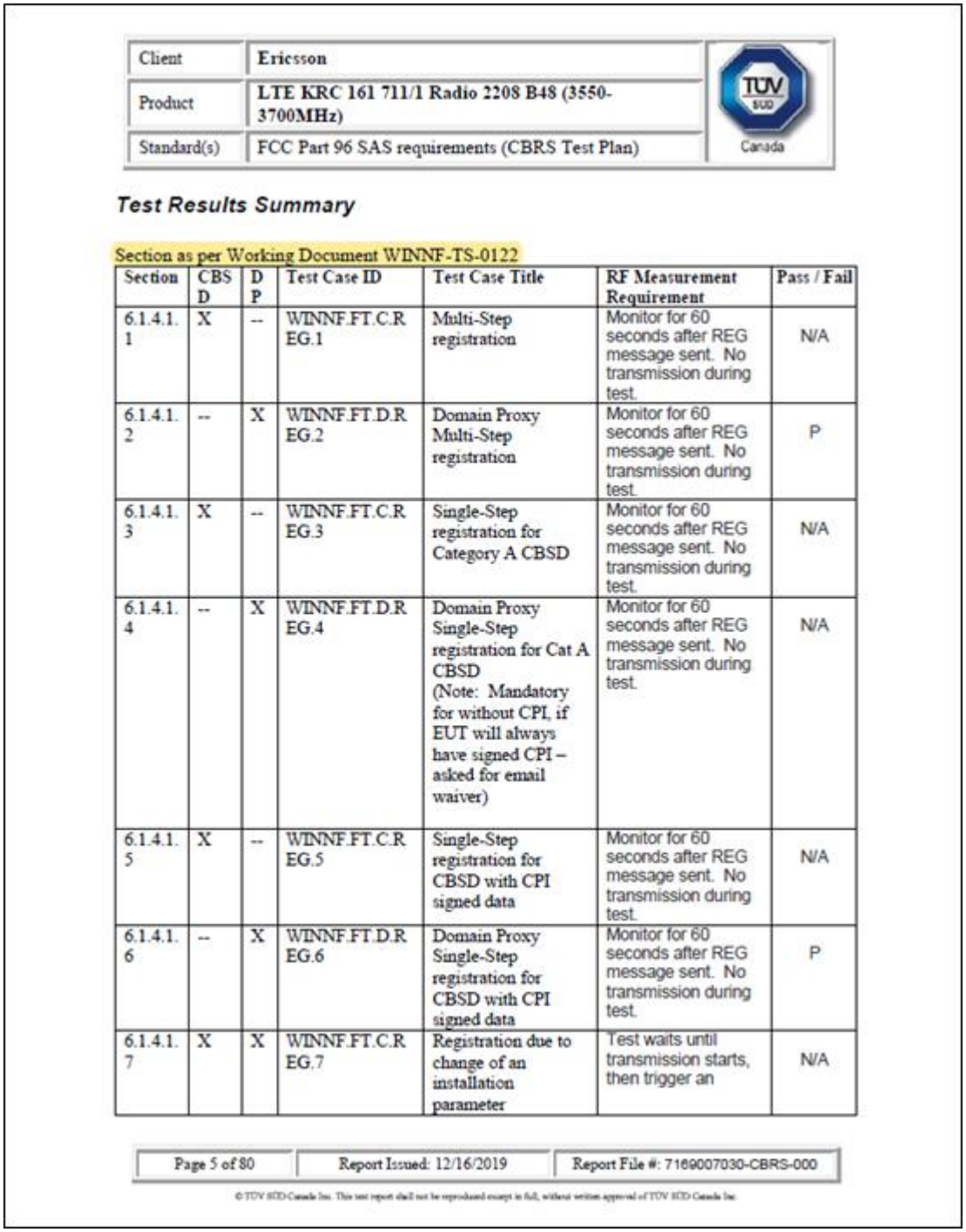
Testing produced for

Ericcson Canada

See Appendix A for full client & EUT details.

ACCREDITED
Testing Laboratory
Certificate #2955.19

© TÜV SÜD Canada Inc. This test report shall not be reproduced except in full, without written approval of TÜV SÜD Canada Inc.



Client	Ericsson
Product	LTE KRC 161 711/1 Radio 2208 B48 (3550-3700MHz)
Standard(s)	FCC Part 96 SAS requirements (CBRS Test Plan)

TÜV SÜD Canada

Test Results Summary

Section as per Working Document WINNF-TS-0122

Section	CBSD	DP	Test Case ID	Test Case Title	RF Measurement Requirement	Pass / Fail
6.1.4.1.1	X	--	WINNF.FT.C.REG.1	Multi-Step registration	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	N/A
6.1.4.1.2	--	X	WINNF.FT.D.REG.2	Domain Proxy Multi-Step registration	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	P
6.1.4.1.3	X	--	WINNF.FT.C.REG.3	Single-Step registration for Category A CBSD	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	N/A
6.1.4.1.4	--	X	WINNF.FT.D.REG.4	Domain Proxy Single-Step registration for Cat A CBSD (Note: Mandatory for without CPI, if EUT will always have signed CPI – asked for email waiver)	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	N/A
6.1.4.1.5	X	--	WINNF.FT.C.REG.5	Single-Step registration for CBSD with CPI signed data	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	N/A
6.1.4.1.6	--	X	WINNF.FT.D.REG.6	Domain Proxy Single-Step registration for CBSD with CPI signed data	Monitor for 60 seconds after REG message sent. No transmission during test.	P
6.1.4.1.7	X	X	WINNF.FT.C.REG.7	Registration due to change of an installation parameter	Test waits until transmission starts, then trigger an	N/A

© TÜV SÜD Canada Inc. This test report shall not be reproduced except in full, without written approval of TÜV SÜD Canada Inc.

附圖 9: Ericsson Radio 2208 CBSD Test Report for per FCC Part 96

資料來源：Ericsson（Taiwan）

OnGo 認證有助於確保設備供應商之間的互操作性，並允許製造商在將新產品投放市場之前進行質量測試，從而降低了總體支持成本。 對於營運商而言，認證為大規模部署（在多供應商部署中）帶

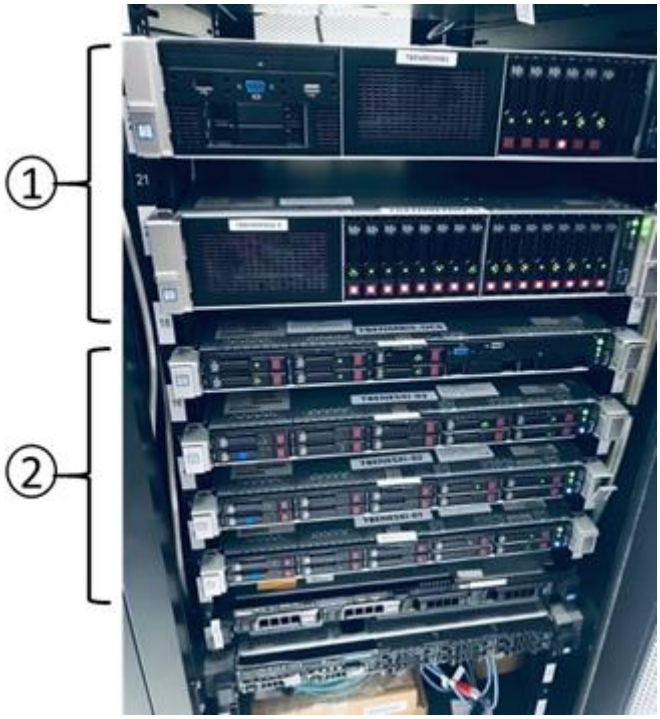
來了互操作性，有助於控製成本。 對於部署專用 LTE 或工業 IoT 的企業，OnGo 認證品牌表示他們正在購買的產品將在安裝時按廣告的方式工作。

Ericsson Radio 2208 B48 於 2018 年 10 月 12 日 取得美國 CBRS OnGo Certification。相關訊息，請參考 CBRS ALLIANCE 網站。https://www.cbrsalliance.org/certification/

三、 Ericsson Domain Proxy 設備

本計畫使用 Ericsson 的 Domian Proxy 設備， 軟體版本為 19.4 版，在本階段中將用其設備與 SAS 平臺間 IOT 接連測試並觀察其對於 CBSDs 的管理，Domian Proxy 一端為與 SAS 介面的終止端口，另一端則對 CBSDs 介接，相關功能說明如下：

1. LTE 配屬的基站當在 CBRS 小區可用的地方時，Domain Proxy 會將 EUtranCellTDD.cbrsCell 設置為 TRUE，之後 TDD 單元才是 CBRS 單元。
2. CBSD 在 SAS 平臺中註冊並且已獲得授予使用頻譜的授權，CBSD 便可以使用 CBRS 頻段進行傳輸（由屬性 EUtranCellTDD.cbrsTxExpireTime 指示）。
3. 本專案之 Ericsson Network Management 由 6 台 server 所組成如下圖，兩台 server 標示 1 為 HP ProLiant DL380 Gen9，剩餘四台 server 標示 2 為 HP ProLiant DL360 Gen9，Domain Proxy 軟體灌在 DL360 的 server 上。



附圖 10: Ericsson Network Management (ENM) 系統架構

資料來源：本研究整理

表 4-HP ProLiant DL380 Gen9 功能及規格

HP ProLiant DL380 Gen9
處理器系列: Intel® Xeon® E5 v4,
處理器頻率: 2.4GHz, 處理器類型: E5-2640V4.
內部記憶體: 32GB, 內部記憶體類型: DDR4-SDRAM
硬碟尺寸: 2.5", 硬碟接口: SAS
乙太網路 LAN 連接, 佈線技術: 10/100/1000Base-T(X)
電源供應: 500 W, 支援冗餘電源（RPS）
機箱外型規格: 機架式（2U）

資料來源：本研究整理



附圖 11: HP ProLiant DL380 Gen9 實機圖

圖 12-

資料來源：本研究整理

表 5- HP ProLiant DL360 Gen9 功能及規格

HP ProLiant DL360 Gen9
處理器系列: Intel Xeon E5 v3
處理器頻率: 1.6GHz, 處理器類型: E5-2603V3
內部記憶體: 8 GB, 內部記憶體類型: DDR4-SDRAM
硬碟尺寸: 2.5",硬碟接口: SATA
乙太網路 LAN 連接, 佈線技術: 10/100/1000Base-T(X).
電源供應: 500 W
機箱外型規格: 機架 (1U)

資料來源：本研究整理



附圖 12: HP ProLiant DL360 Gen9 實機圖

資料來源：本研究整理

附錄五：實驗場域系統設備整合測試計畫

■ 針對實驗場域之 CBSD 發射 RF 訊號進行實地量測

本計畫對於 CBSD 發射 RF 訊號時有進行實地量測，根據量測的訊號強度觀察 CBSD 發射的訊號是否會影響附近衛星的運作。

實地量測的方式為利用頻譜分析儀外接手持天線，在視距（Line of Sight , LOS）的前提下手持天線對準亞太電信頂樓 CBSD 發射方向，觀察頻譜分析儀顯示的相關訊號強度，依據本次實驗場域測項中 CBSD 使用最大發射功率為 5 w，依據此發射功率實地量測，其最大可能影響區域示意標示如下圖。



圖 1-亞太電信頂樓 CBSD 發射方向示意圖

資料來源：本研究整理

下圖分別為量測人員在亞太電信旁邊的洲子一號公園內量測 CBSD serial number E390000KQT 的訊號強度圖。



圖 2-量測人員在亞太電信旁的洲子一號公園量測 CBSD 訊號圖

資料來源：本研究整理

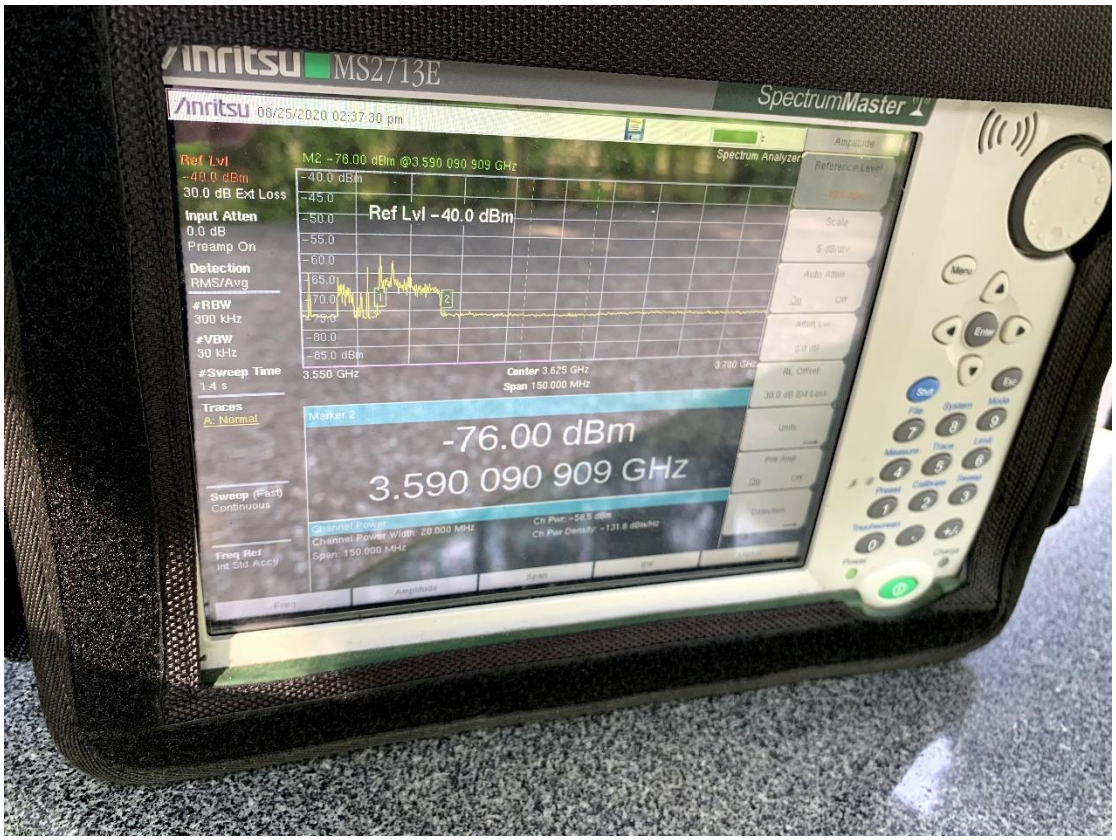


圖 3-在亞太電信旁的洲子一號公園量測 CBSD serial number E390000KQT 的訊號強度圖

資料來源：本研究整理

下圖為量測人員在亞太電信旁的洲子一號公園出口與堤頂大道二段交界處量測 CBSD serial number E390000KQT 的訊號強度圖，從圖中可以發現 CBSD 的訊號強度幾乎已經量測不到。



圖 4-亞太電信旁的洲子一號公園出口與堤頂大道二段交界處的 CBSD serial number E390000KQT 訊號強度圖

資料來源：本團隊製作

下圖為量測人員在亞太電信旁的堤頂大道二段 407 巷以及基湖路 10 巷的交界處量測 CBSD serial number E390000KSF 的訊號強度圖



圖 5-亞太電信旁的堤頂大道二段 407 巷以及基湖路 10 巷的交界處量測 CBSD serial number E390000KSF 的訊號強度圖

資料來源：本研究整理

下圖為量測人員在內湖路一段上的肯德基 KFC—臺北內湖店以肉眼看的到 CBSD 的直線距離下，量測 CBSD serial number E390000KSF 的訊號強度圖。

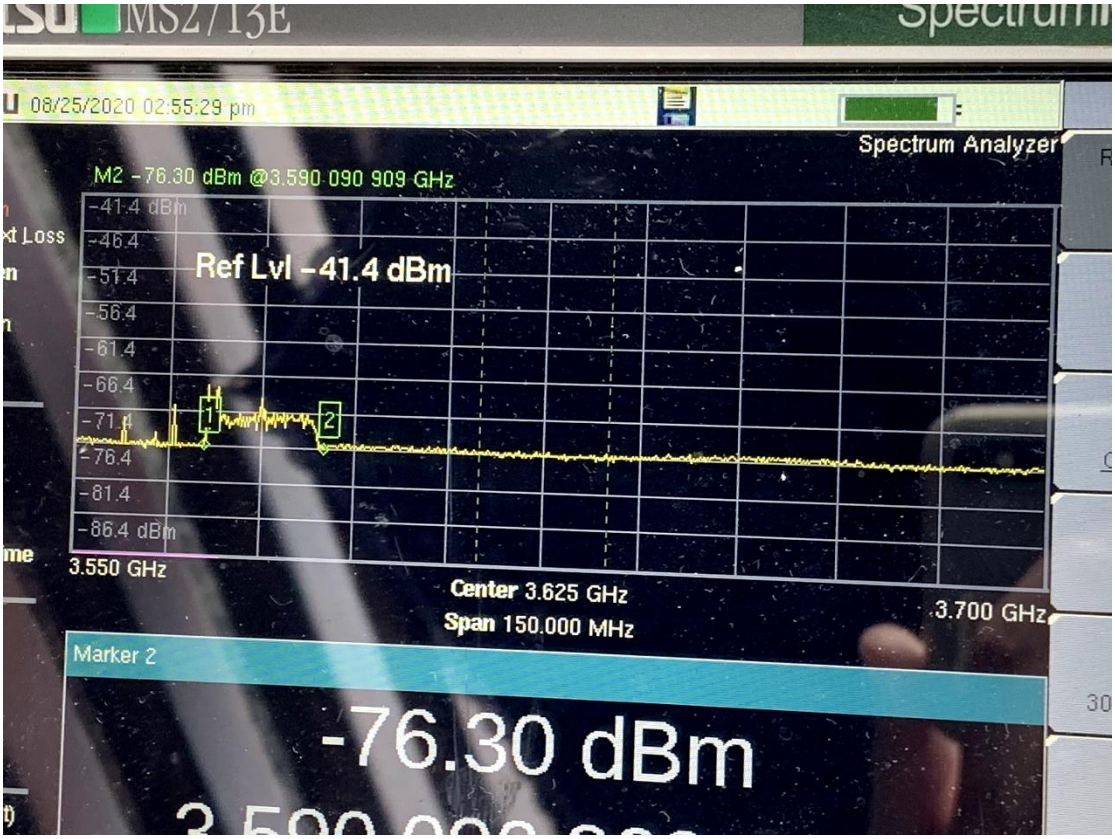


圖 6-內湖路一段上的肯德基 KFC-臺北內湖店量測 CBSD serial number E390000KSF 的訊號強度圖

資料來源：本研究整理

■ 基本功能整合測試

基本功能整合測試項目彙整說明如下：

表 1-基本功能整合測試彙整表

測試項目	說明
TC_DP_01	使用 Domain Proxy 註冊和啟用 CBSD
TC_DP_02	DP 成功放棄授權
TC_DP_03	使用 Domain Proxy 註銷和關閉 CBSD

TC_DP_04	模疑 DP 與 SAS 之間傳輸間網路不穩定，使 DP 與 SAS 之間傳輸的遺失心跳響應導致定時器過期
TC_DP_05	授權被 SAS 終止
TC_DP_06	恢復暫停授權的傳輸
TC_DP_07	CBSD 移機及重新註冊
TC_DP_08	查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署
TC_DP_09	加入 CBRS 單元群組至 Domain Proxy
TC_DP_10	檢視 Domain Proxy 中 CBRS 單元群組列表
TC_DP_11	移除 Domain Proxy 中的 CBRS 單元群組

資料來源：本研究整理

- TC_DP_01 SAS-DP-CBSD 使用 DP 註冊和啟用 CBSD（Registered -> Authorized -> Transmit）

  - 說明：使用 Domain Proxy 在 SAS 授權下向 SAS 註冊 CBSD，請求授權以及打開 CBSD 中的無線電傳輸。

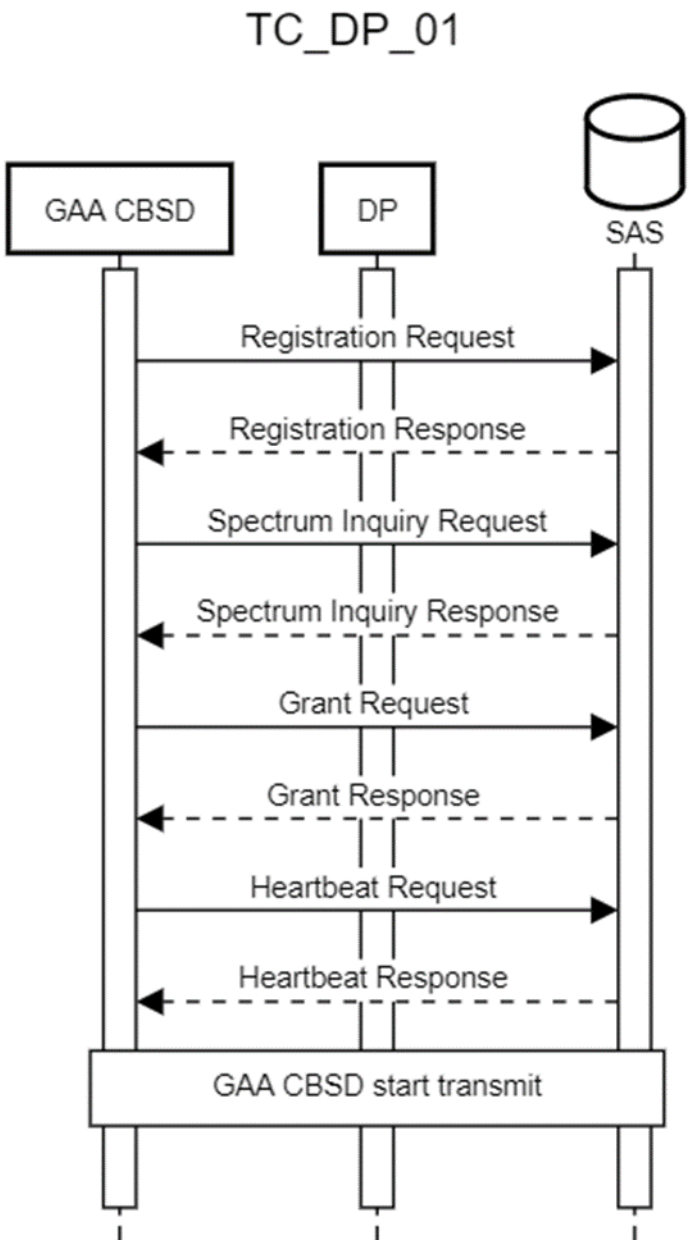


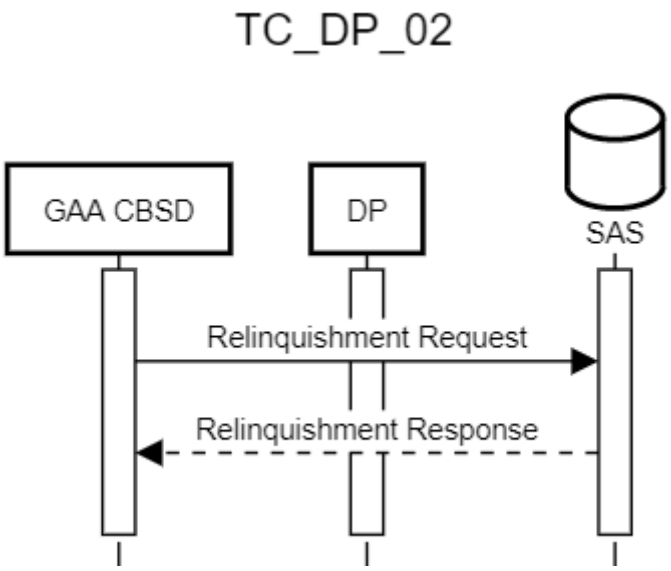
圖 7-SAS-DP-CBSD 正常運行，註冊→授權→發送流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_02 SAS-DP-CBSD DP 成功放棄授權（Successful Grant Relinquishment）

- 說明：通過觸發註冊及啟用過程檢視授權放棄，確認 Domain Proxy 將放棄請求發送到 SAS，然後 SAS 將放棄響應返回給 Domain Proxy。

圖 8-SAS-DP-CBSD 授權放棄流程



資料來源：本研究整理

■ TC_DP_03 SAS-DP-CBSD 使用 DP 註銷和關閉 CBSD（Transmitting-> Relinquish-> Deregister）

- 說明：使用 Domain Proxy 從 SAS 註銷 CBSD 並關閉 CBSD 中的無線電傳輸。

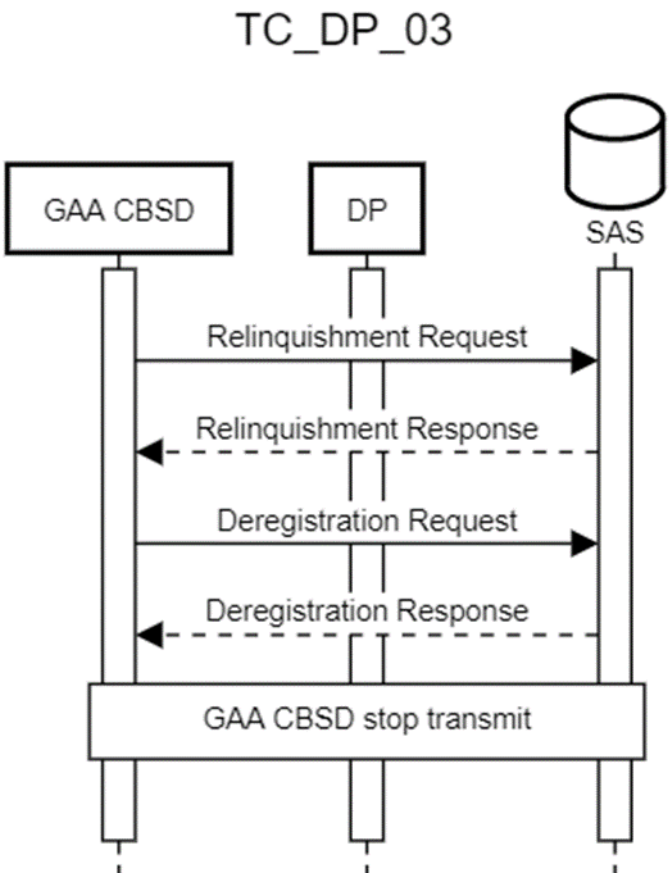


圖 9-SAS-DP-CBSD 正常運行，放棄授權→註銷流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_04 模擬 DP 與 SAS 之間傳輸間網路不穩定，使 DP 與 SAS 之間傳輸的遺失心跳響應導致定時器過期（Transmit Timer Expiry – Miss heartbeat）

  - 說明：模擬 Domain Proxy 與 SAS 之間傳輸終止無法再接收 cbrsTxExpireTime，驗證在時間超過 cbrsTxExpireTime 後 CBRS 小區中的傳輸將停止。

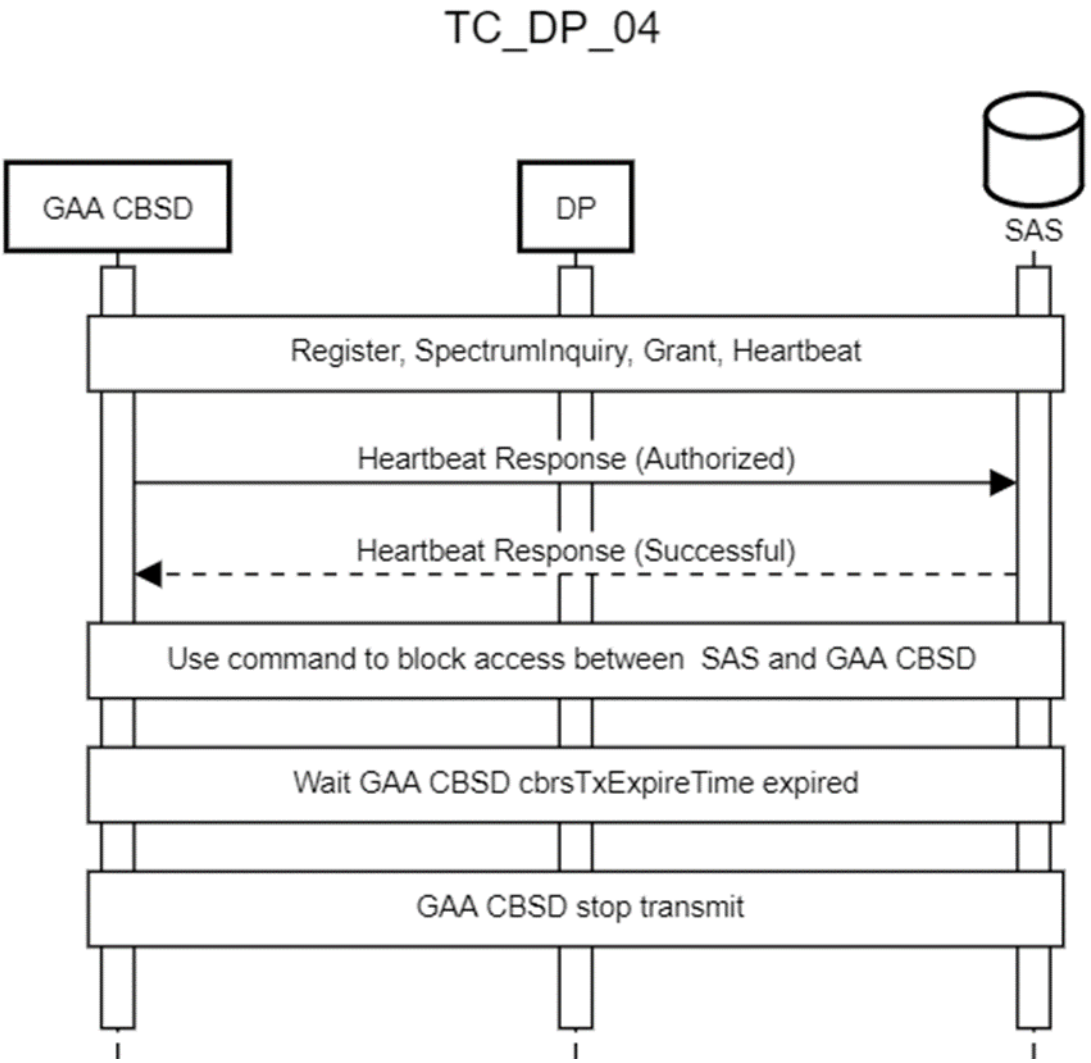


圖 10-SAS-DP-CBSD 遺失心跳響應，傳輸停止流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_05 授權被 SAS 終止（Grant Terminated by SAS）
  - 說明：Domain Proxy 在接收到 SAS 給予授權終止訊息的情況下，CBRS 小區中的傳輸將停止。

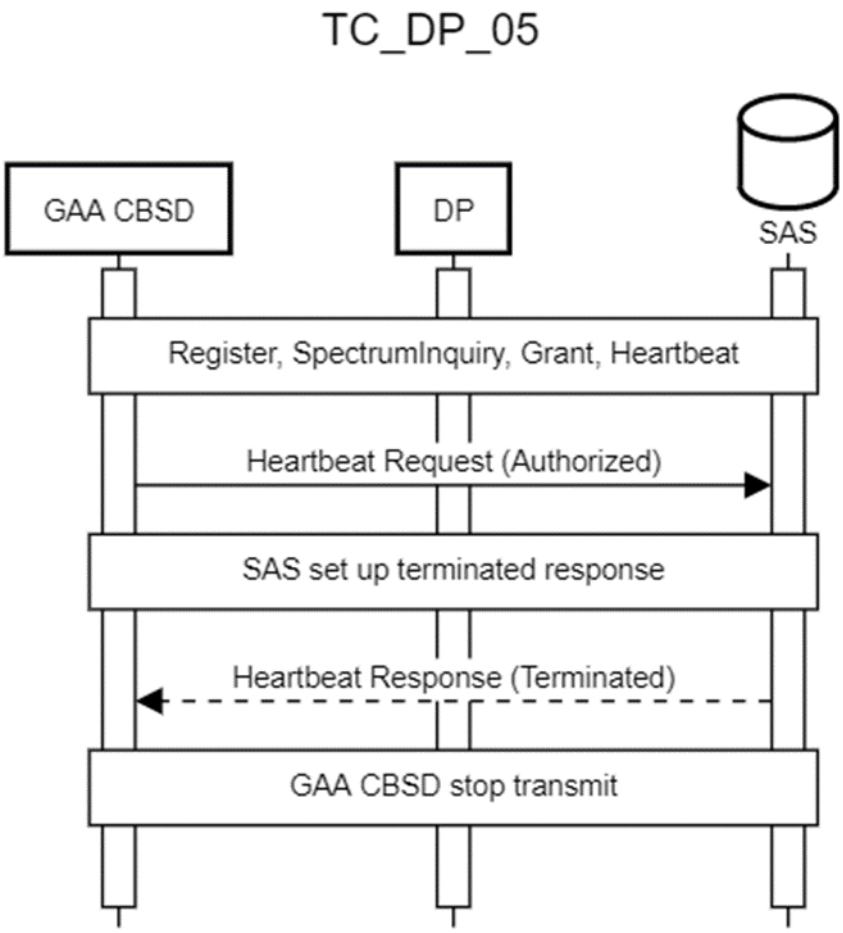


圖 11-SAS-DP-CBSD SAS 授權被 SAS 終止，傳輸停止流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_06 恢復暫停授權的傳輸（Resume Transmission on suspended Grant）
  - 說明：在暫停授權的情況下恢復授權，CBSD 將恢復傳輸。

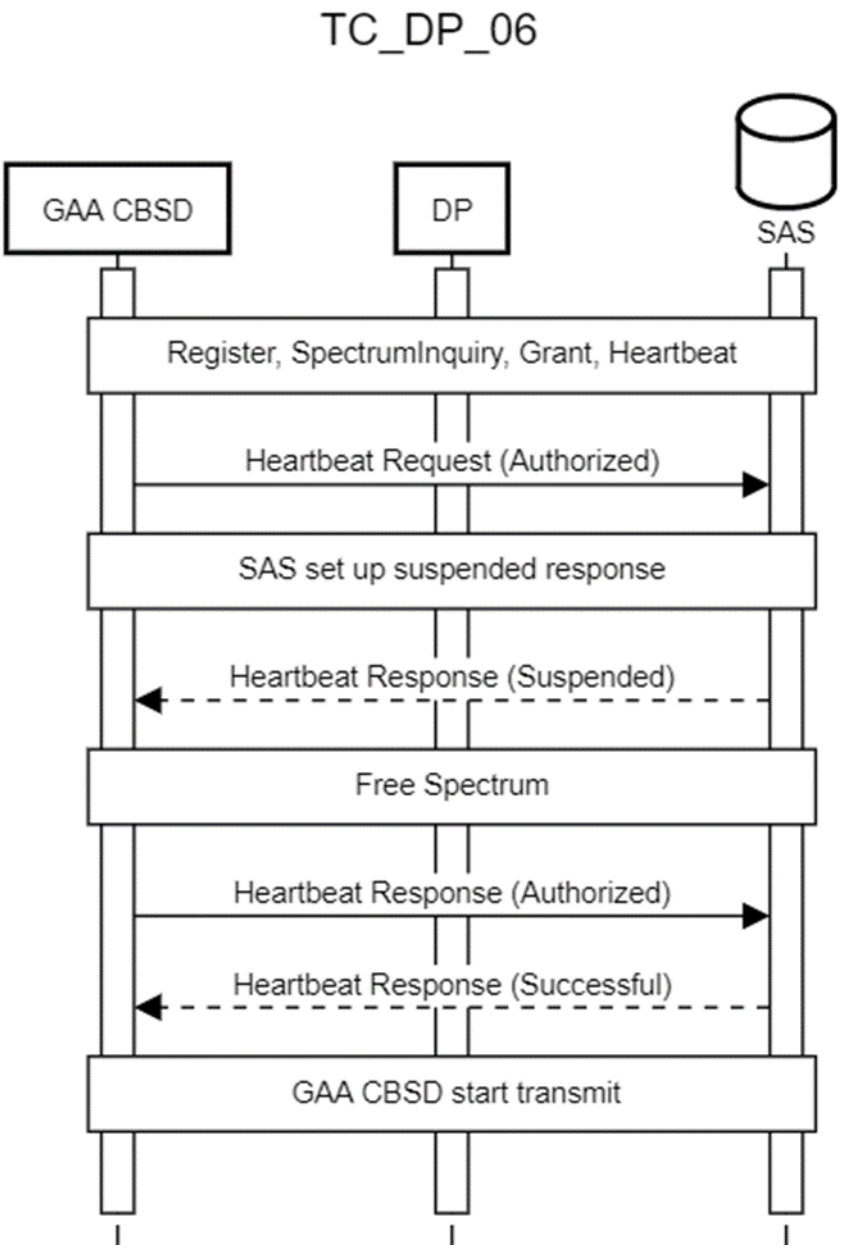


圖 12-SAS-DP-CBSD SAS 恢復暫停授權傳輸流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_07 CBSD 移機及重新註冊（CBSD Re-registers when radio equipment is moved）

  - 說明：在無線電設備需要更改位置時需重新註冊。

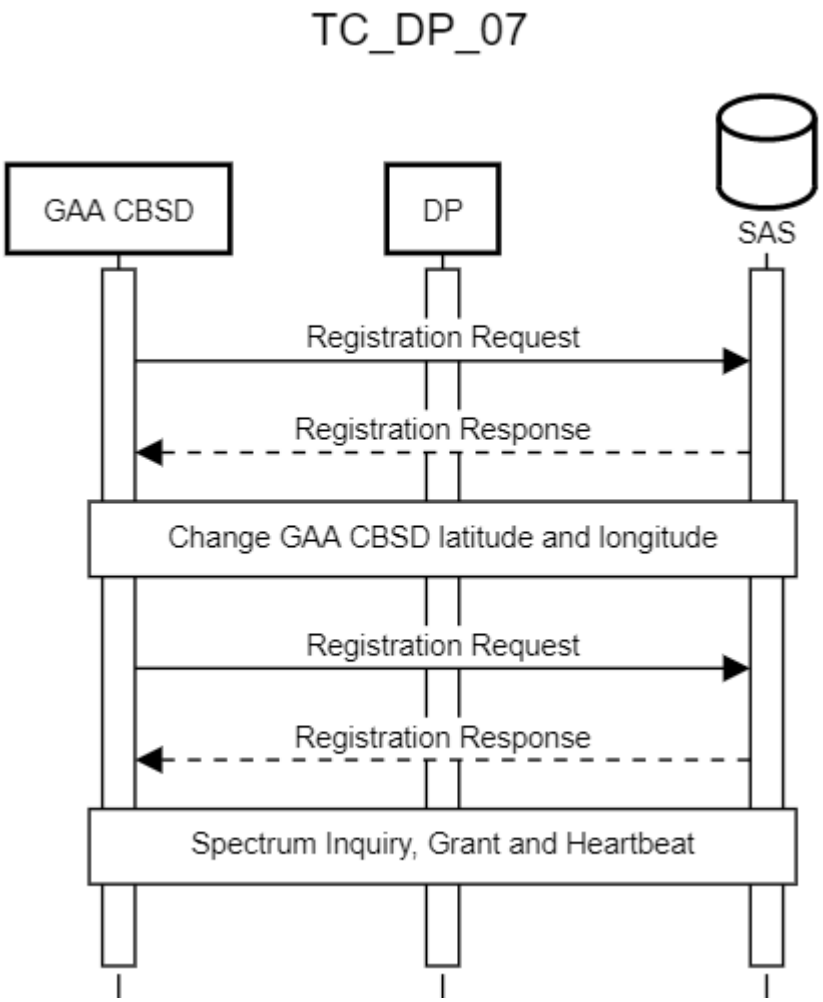


圖 13-SAS-DP-CBSD SAS 註銷後重新註冊流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_08 查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署（Successful CBSD Category B Registration with CPI Signature Data ）

  - 說明：查詢在 Domain Proxy 上安裝 CBRS Public Key Infrastructure (PKI) certificates，確認以啟用與 SAS 的相互身份驗證。

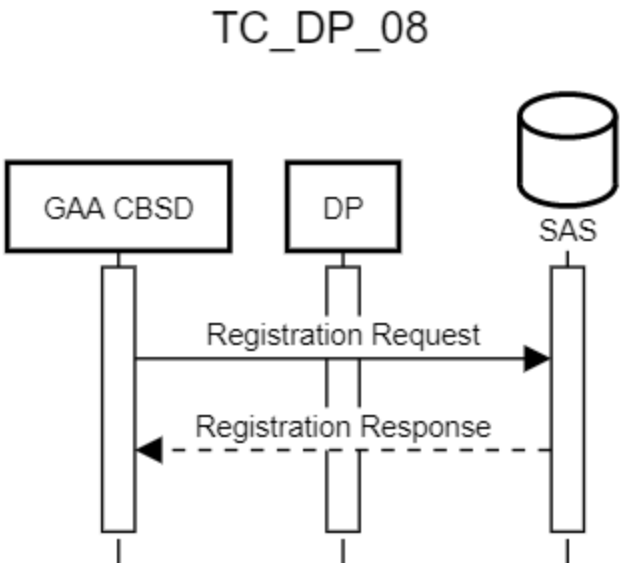


圖 14-SAS-DP 相互驗證成功流程

資料來源：本研究整理

- TC_DP_09 加入 CBRS 單元群組至 DP（Domain Proxy Cell Group Add）

  - 說明：將 ENM 管理的單元群組加入至 Domain Proxy 的活動列表中。

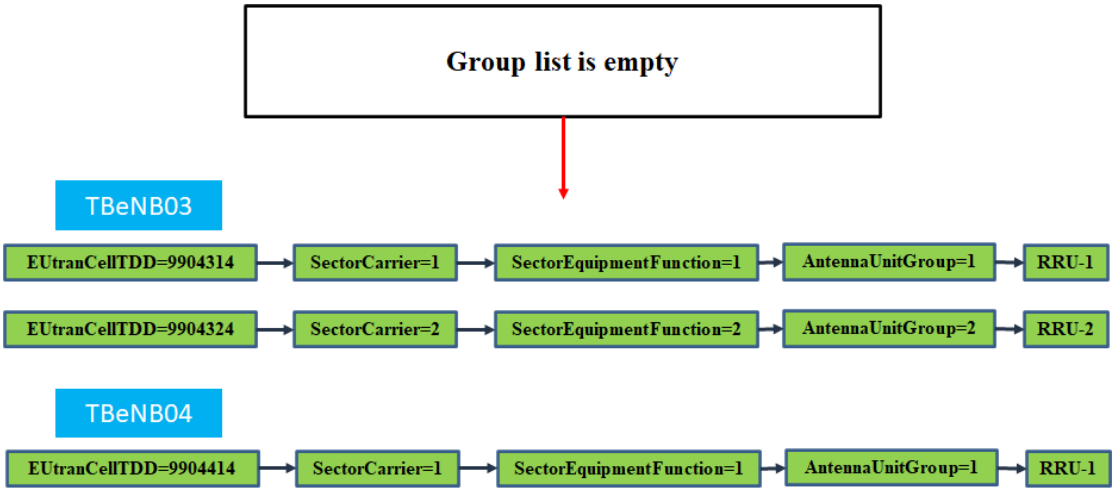


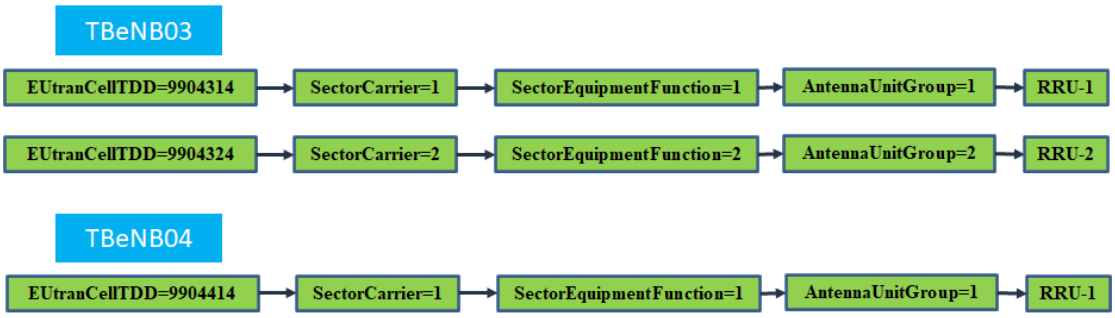
圖 15-CBSB 新增至 CBRS Group 示意圖

資料來源：本研究整理

■ TC_DP_10 檢視 DP 中 CBRS 單元群組列表（Domain Proxy Cell Group List/Check）

- 說明：將由 ENM 管理的單元群組列出到 Domain Proxy 的活動列表中。

圖 16-檢視 CBRS Group 示意圖



資料來源：本研究整理

■ TC_DP_11 移除 DP 中的 CBRS 單元群組（Domain Proxy Cell Group Delete）

- 說明：將由 ENM 管理的單元群組從 Domain Proxy 的活動列表中移除

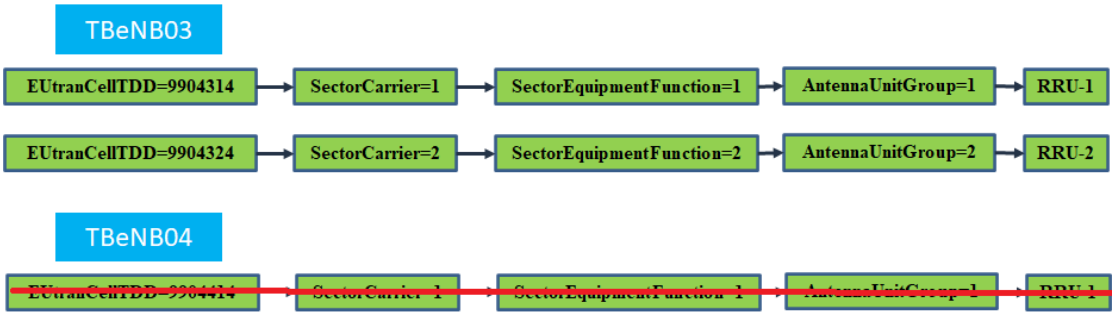


圖 17-CBSD 從 CBRS Group 移除示意圖

資料來源：本研究整理

■ 管理系統整合測試

管理系統整合測試項目彙整說明如下：

表 2-管理系統整合測試彙整表

測試項目	說明
TC_FT_01	SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理
TC_FT_02	SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理
TC_FT_03	SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響
TC_FT_04	SAS 對現有干擾的管理

資料來源：本研究整理

- TC_FT_01 SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理（SAS–DP Function Test）

- 說明：驗證 PAL CBSD 比 GAA CBSD 具有優先權。

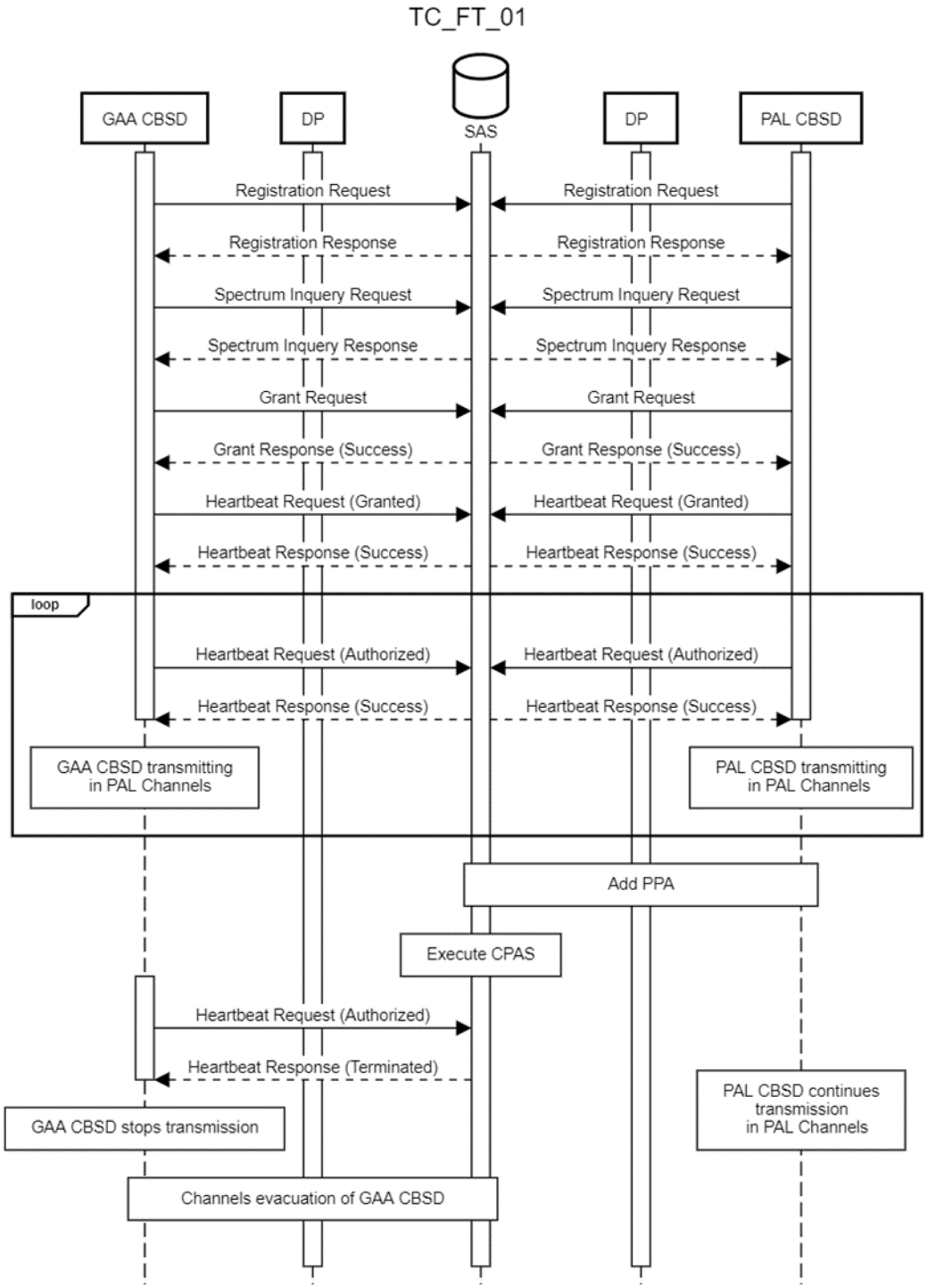


圖 18-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理

資料來源：本研究整理

- TC_FT_02 SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理（SAS Management of PAL and GAA Grant Requests entend procedure）
  - 說明：驗證 SAS 將授權 GAA CBSD 非 PAL 的其他通道。

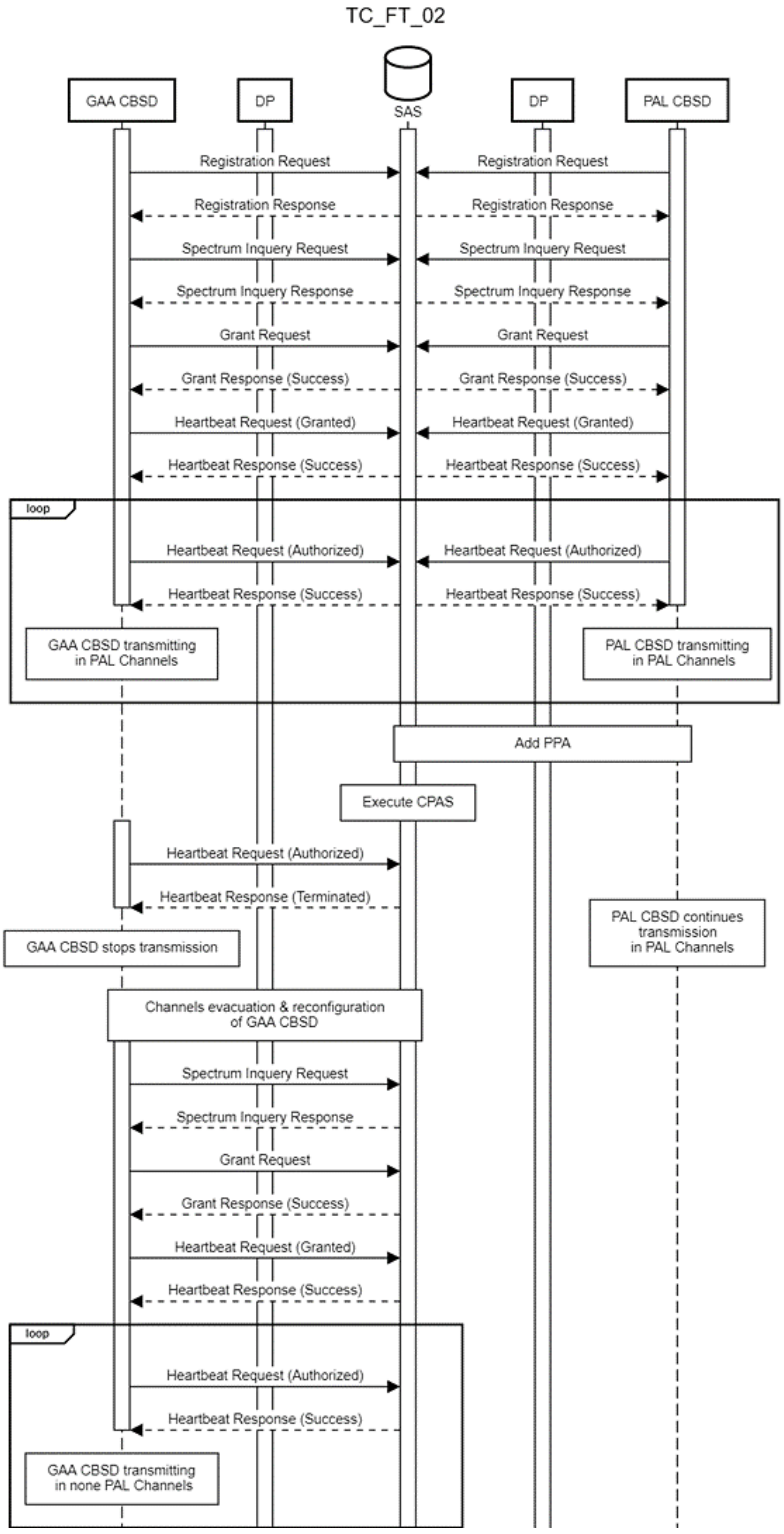


圖 19-SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求進階管理

資料來源：本研究整理

- TC_FT_03 SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響（SAS use of Provided ST2 Satellite FSS Stations and Impact to CBRS system）

  - 說明：驗證當 CBSD 與固定式衛星（Fixed Satellite Service, FSS）站點之間的距離大於 40Kms 且小於 150Kms 時，FSS 對 CBSD 的影響。

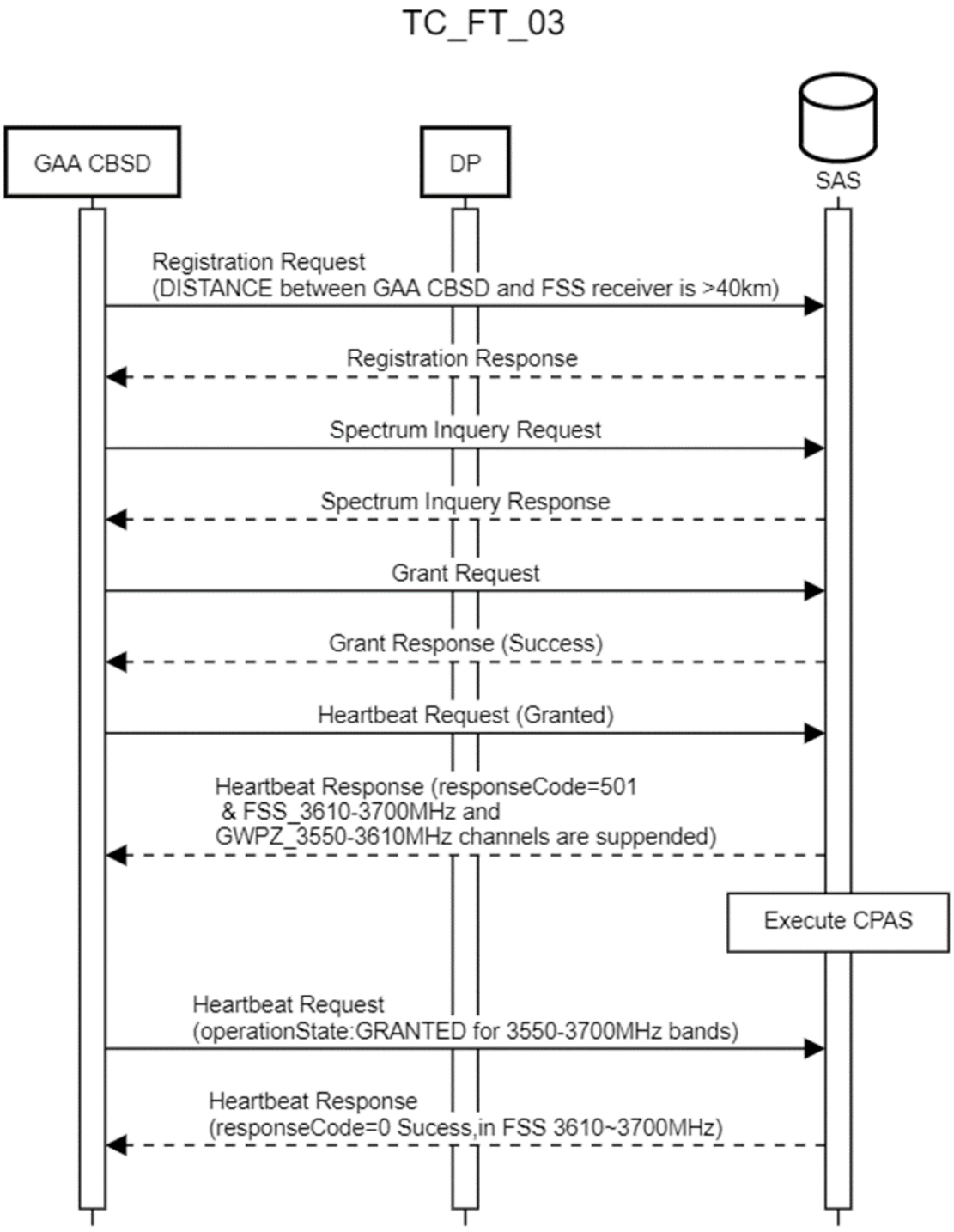


圖 20-SAS 對於 ST2 衛星的使用及其對 CBRS 系統的影響

資料來源：本研究整理

- TC_FT_04 SAS 對現有干擾的管理（SAS Management of Interference into Incumbents）

- 說明：驗證當 CBSD 與 FSS 站之間的距離小於 40 km 時，SAS 將 CBSD 干擾計算到現有的 FSS 中，並要求 CBSD 降低發射功率以消除干擾。

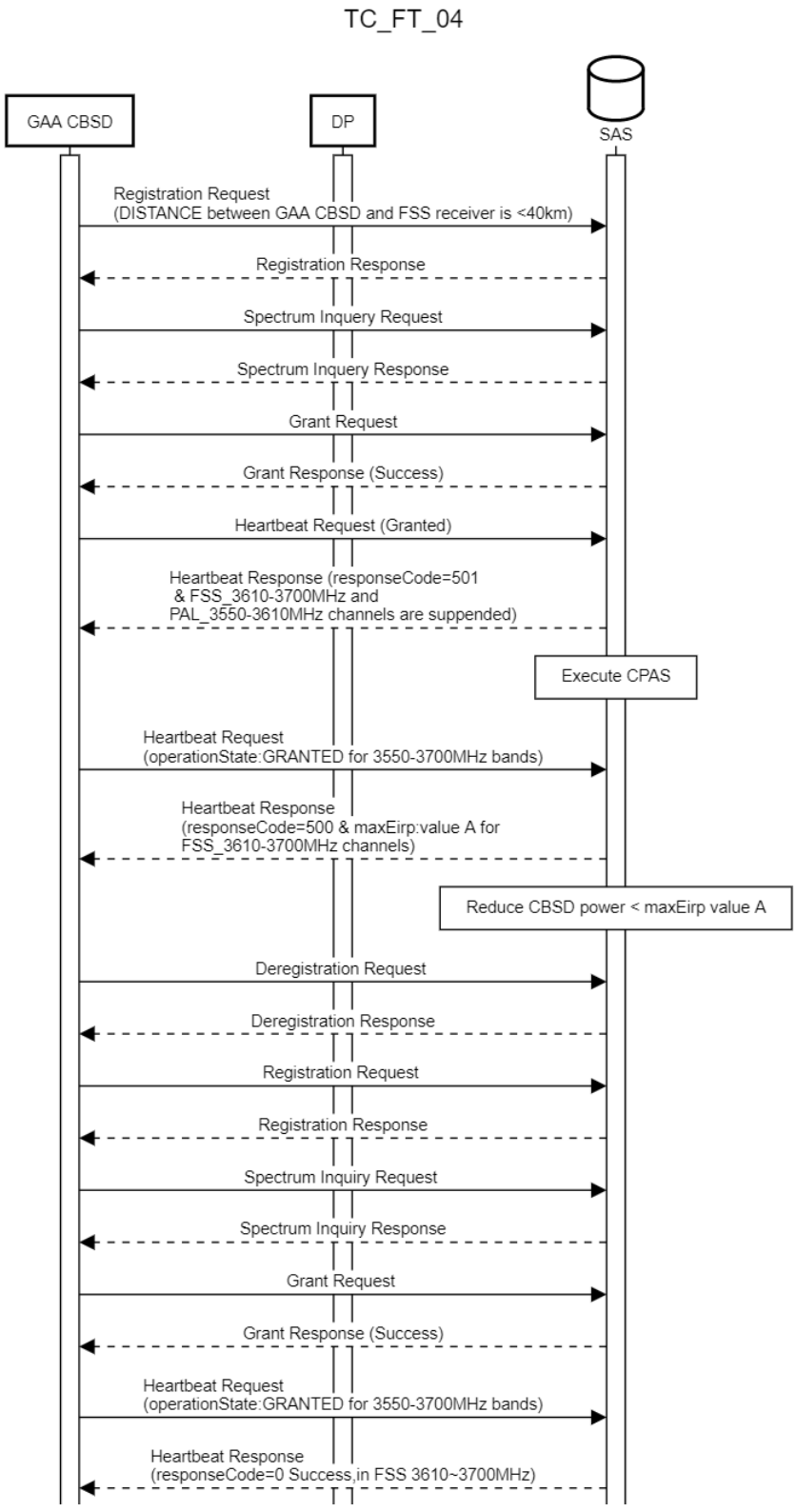


圖 21_SAS 對現有干擾的管理

資料來源：本研究整理

附錄六：實驗場域系統設備整合驗證報告

■ CBSD、DP 與 SAS 平臺互通測試驗證結果總表

本階段測試為於實際場域進行情境驗證，主要目的在於驗證 CommScope SAS 匯入臺灣圖資後遠端 CommScope SAS 平臺與 Domain Proxy 以及 CBSD 設備間連結及基本功能整合驗證及管理系統整合驗證。

表 1-基本功能整合測試彙整表

測試項目	說明	測試結果
TC_DP_01	使用 DP 註冊和啟用 CBSD	Pass
TC_DP_02	DP 成功放棄授權	Pass
TC_DP_03	使用 DP 註銷和關閉 CBSD	Pass
TC_DP_04	定時器過期：遺失心跳響應	Pass
TC_DP_05	授權被 SAS 終止	Pass
TC_DP_06	恢復暫停授權的傳輸	Pass
TC_DP_07	CBSD 移機及重新註冊	Pass
TC_DP_08	查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署	Pass
TC_DP_09	加入 CBRS 單元群組至 DP	Pass
TC_DP_10	檢視 DP 中 CBRS 單元群組列表	Pass
TC_DP_11	移除 DP 中的 CBRS 單元群組	Pass

資料來源：本研究整理

表 2-管理系統整合測試彙整表

測試項目	說明	測試結果
TC_FT_01	SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理	Pass
TC_FT_02	SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理	Pass
TC_FT_03	SAS 對於提供 ST2 衛星 FSS 的使用及其對 CBRS 系統的影響	Pass
TC_FT_04	SAS 對現有干擾的管理	Pass

資料來源：本研究整理

■ 測試項目與驗證結果

一、 使用 DP 註冊和啟用 CBSD

- 測試項目說明

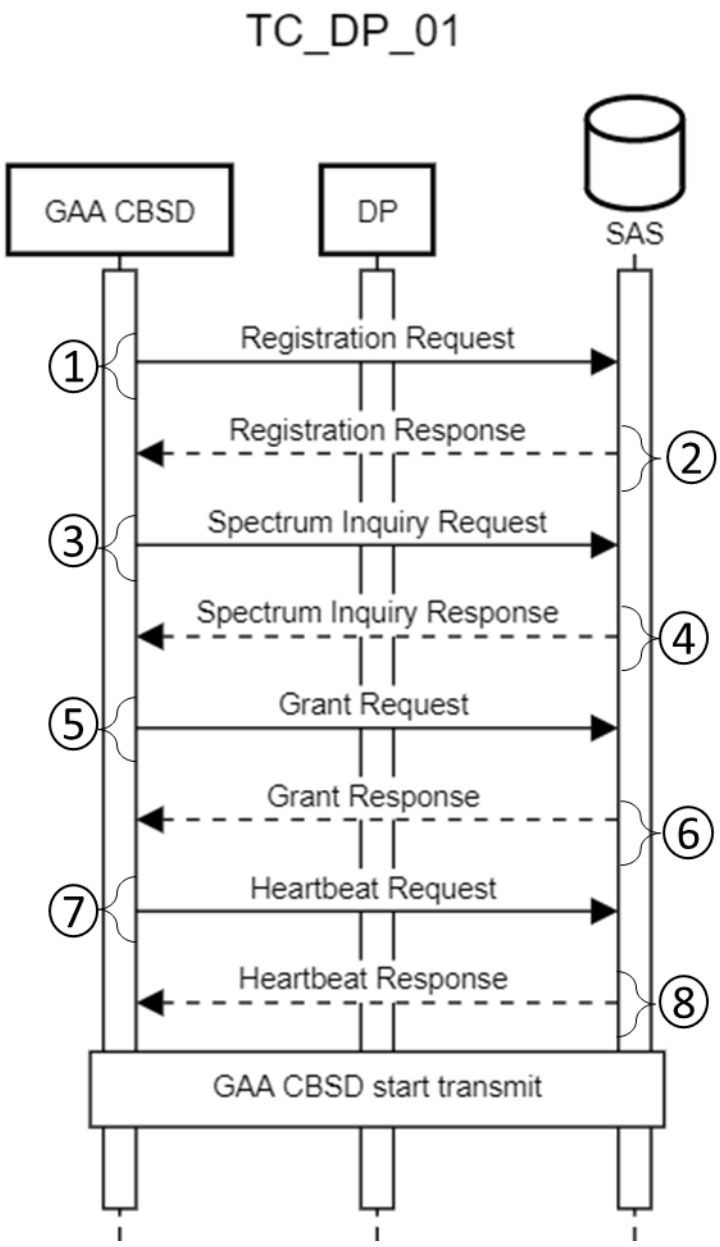
測試項目	TC_DP_01
描述	使用 DP 註冊和啟用 CBSD
目的	使用 DP 在 SAS 授權下向 SAS 註冊 CBSD，請求授權以及打開 CBSD 中的無線電傳輸
分析工具	1. Domain Proxy log 2. ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 4. GAA CBSD 經緯度 : 25.06794, 121.59415
測試步驟	1. DP 發送註冊請求 2. SAS 註冊回應 3. DP 發起頻譜查詢

	4. SAS 頻譜查詢回應 5. DP 發起 Grant 請求 6. SAS Grant 回應 7. DP 發起 HeartBeat 請求 8. SAS HeartBeat 回應
預期測試結果	若 CBSD 成功被啟用會在 HeartBeat Response 程序收到在該頻道 HeartResponse Code=0
測試時間	20200430

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	DP 發送註冊請求，重要註冊參數有 CBSD Serial Number，CBSD 的種類以及 CPI 簽署
2	SAS 註冊回應，回應編號 = 0，代表註冊成功
3	DP 發起頻譜查詢，分別在 3550-3700MHz 間以每 10MHz 進行頻譜查詢
4	SAS 頻譜查詢回應，回應 DP 可用的 channel 以及 channel type
5	DP 發起 Grant 請求，參數內容包含 maxEirp 以及操作的頻段範圍
6	SAS Grant 回應，回應編號=0，代表 Grant 程序成功。內含重要參數包含 Grant ID，Grant 的 ExpireTime 以及心跳間隔。
7	DP 發起 HeartBeat 請求，在該操作頻帶為 Grant 的狀態
8	SAS HeartBeat 回應，回應編號=0，代表 HeartBeat 程序成功。回應編號=501，意思為該頻段 Heartbeat 程序失敗。HeartBeat Response 內含重要參數包含 transmitExpireTime。



1. DP 發送註冊請求（RegistrationRequests），回應成功

```
2020-03-20 11:31:18,504 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 6) Sending request {
```

```
 "RegistrationRequests" : {
  "registrationRequest" : [ {
   "fccId" : "TA8AKRC161711-1",
   "cbsdCategory" : "B",
   "callSign" : "not available",
   "userId" : "SAS-APTG-NAT",
   "airInterface" : {
    "radioTechnology" : "E_UTRA",
    "supportedSpec" : "FFS"
   },
   "cbsdSerialNumber" : "CF86993592",
   "measCapability" : [ "" ],
   "groupingParam" : [ {
    "groupType" : "INTERFERENCE_COORDINATION",
    "groupId" : "TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414"
   } ],
   "cbsdInfo" : {
    "vendor" : "Ericsson",
    "model" : "KRC 161 711/1"
   },
   "cpiSignatureData" : {
    "protectedHeader" :
"eyJhbGciOiJSUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9",
    "encodedCpiSignedData" :
"eyJmY2NJZCI6IlRBOEFLUkMxNjE3MTEtMSIsImNic2RTZXJpYWxOdW1iZXIi
OiJDRjg2OTkzNTkyIiwiaW5zdGFsbGF0aW9uUGFyYW0iOnsiaW5kb29yRGVwb
G95bWVudCI6ZmFsc2UsImxhdGl0dWRlIjoyNS4wODA2MzgzLCJhbnRlbm5hTW
```

```
9kZWwiOiIiLCJhbnRlbm5hR2FpbiI6MTEsImhvcml6b250YWxBY2N1cmFjeSI
6MC4wLCJoZWlnaHRUeXBlIjoiQUdMIiwidmVydGljYWxBY2N1cmFjeSI6MC4w
LCJhbnRlbm5hQmVhbXdpZHRoIjozLCJhbnRlbm5hRG93bnRpbHQiOjAsImFud
GVubmFBemltdXRoIjowLCJlaXJwQ2FwYWJpbGl0eSI6NDcsImxvbmdpdHVkZS
I6MTIxLjU2MjMwODgsImhlaWdodCI6NDUuMH0sInByb2Zlc3Npb25hbEluc3R
hbGxlckRhdGEiOnsiY3BpSWQiOiIxMDk4NzY1NDMyMUFEIiwiY3BpTmFtZSI6
ImNwaXVzZXIxMjMiLCJpbnN0YWxsQ2VydGlmaWNhdGlvblRpbWUiOiIyMDIwL
TAzLTE4VDA0OjAxOjM4WiJ9fQ",
    "digitalSignature" :
"fgZkCPMWVO6Lrsd93yYxgpduTE6qGu94AscIaDFoo_MS8zAkXPVLo15Hy2jS
OVeV2lLkj7hkgXKqwrLyL_rUn4QCtxsMGuW-
6QM88P_QeLaEySKoBRo0vksC8QzNR8oLj8jaetxYfq3hoZdoXppun3LyWDmId
U2FuSpMto4lzQR1O_SxtdVDTwyyX118ggHqCphjvLdAL4V-pavwoY-
F_8xTmgoMPStDTUcV0RtkuqJYgE_bHY_8hIqn0pStQTIYXPOIS5w7VFDDbIv0
WwJy9uMAi2yRKrugYlSUV6Nj_TKH7P4myuzEv5OmVH1w6K60dq8CnSKEitu15
oXi58Kokw"
   }
  } ]
 }
} to uri https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/registration
```


2. SAS 註冊回應註冊成功，回應代碼為零（responseCode : 0）


```
2020-03-20 11:31:19,565 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 6) Received json response: {
 "registrationResponse" : [ {
```

```
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```

3. DP 向 SAS 發起 CBSD（CF86993592）頻譜查詢（3550~3700MHz）。

```
2020-03-20 11:31:21,448 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 1) Sending request {
 "SpectrumInquiryRequests" : {
  "spectrumInquiryRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "inquiredSpectrum" : [ {
    "lowFrequency" : 3550000000,
    "highFrequency" : 3560000000
   }, {
    "lowFrequency" : 3560000000,
    "highFrequency" : 3570000000
   }, {
    "lowFrequency" : 3570000000,
    "highFrequency" : 3580000000
   }, {
    "lowFrequency" : 3580000000,
```

```
    "highFrequency" : 3590000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3590000000,
    "highFrequency" : 3600000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3600000000,
    "highFrequency" : 3610000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3610000000,
    "highFrequency" : 3620000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3620000000,
    "highFrequency" : 3630000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3630000000,
    "highFrequency" : 3640000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3640000000,
    "highFrequency" : 3650000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3650000000,
    "highFrequency" : 3660000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3660000000,
    "highFrequency" : 3670000000
  }, {
    "lowFrequency" : 3670000000,
```

```
    "highFrequency" : 3680000000
   }, {
    "lowFrequency" : 3680000000,
    "highFrequency" : 3690000000
   }, {
    "lowFrequency" : 3690000000,
    "highFrequency" : 3700000000
   } ]
  } ]
 }
} to uri
https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/spectrumInquiry
```

4. SAS 回應 CBSD（CF86993592）頻譜查詢結果，可用頻段為 3550~3700MHz。

```
2020-03-20 11:31:24,357 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 1) Received json response: {
 "spectrumInquiryResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "availableChannel" : [ {
   "frequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3550000000,
    "highFrequency" : 3560000000
   },
   "channelType" : "GAA",
   "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
```

```
}, {
 "frequencyRange" : {
  "lowFrequency" : 3560000000,
  "highFrequency" : 3570000000
 },
 "channelType" : "GAA",
 "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
}, {
 "frequencyRange" : {
  "lowFrequency" : 3570000000,
  "highFrequency" : 3580000000
 },
 "channelType" : "GAA",
 "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
}, {
 "frequencyRange" : {
  "lowFrequency" : 3580000000,
  "highFrequency" : 3590000000
 },
 "channelType" : "GAA",
 "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
}, {
 "frequencyRange" : {
  "lowFrequency" : 3590000000,
  "highFrequency" : 3600000000
 },
 "channelType" : "GAA",
```

```
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3600000000,
   "highFrequency" : 3610000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3610000000,
   "highFrequency" : 3620000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3620000000,
   "highFrequency" : 3630000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3630000000,
   "highFrequency" : 3640000000
  },
```

```
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3640000000,
   "highFrequency" : 3650000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3650000000,
   "highFrequency" : 3660000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3660000000,
   "highFrequency" : 3670000000
  },
  "channelType" : "GAA",
  "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
 }, {
  "frequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3670000000,
   "highFrequency" : 3680000000
```

```
   },
   "channelType" : "GAA",
   "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
  }, {
   "frequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3680000000,
    "highFrequency" : 3690000000
   },
   "channelType" : "GAA",
   "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
  }, {
   "frequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3690000000,
    "highFrequency" : 3700000000
   },
   "channelType" : "GAA",
   "ruleApplied" : "FCC_PART_96"
  } ],
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```


5. DP 向 SAS 發起 CBSD（CF86993592）的 Grant 請求（GrantRequests），該頻段為 3550~3700MHz。

```
2020-03-20 11:31:26,449 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 1) Sending request {
 "GrantRequests" : {
  "grantRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "operationParam" : {
    "maxEirp" : 37.0,
    "operationFrequencyRange" : {
     "lowFrequency" : 3640000000,
     "highFrequency" : 3650000000
    }
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "operationParam" : {
    "maxEirp" : 37.0,
    "operationFrequencyRange" : {
     "lowFrequency" : 3630000000,
     "highFrequency" : 3640000000
    }
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "operationParam" : {
    "maxEirp" : 37.0,
    "operationFrequencyRange" : {
```

```
    "lowFrequency" : 3570000000,
    "highFrequency" : 3580000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3580000000,
    "highFrequency" : 3590000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3560000000,
    "highFrequency" : 3570000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
```

```
    "lowFrequency" : 3550000000,
    "highFrequency" : 3560000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3600000000,
    "highFrequency" : 3610000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3590000000,
    "highFrequency" : 3600000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
```

```
    "lowFrequency" : 3680000000,
    "highFrequency" : 3690000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3670000000,
    "highFrequency" : 3680000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3610000000,
    "highFrequency" : 3620000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
```

```
    "lowFrequency" : 3620000000,
    "highFrequency" : 3630000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3690000000,
    "highFrequency" : 3700000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3660000000,
    "highFrequency" : 3670000000
   }
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 37.0,
   "operationFrequencyRange" : {
```

```
    "lowFrequency" : 3650000000,
    "highFrequency" : 3660000000
   }
  }
 } ]
}
```

6. SAS 回應 DP 的 CBSD（CF86993592） Grant 請求，允許 CBSD Grant 的頻段為 3550~3700MHz。

```
2020-03-20 11:31:28,539 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 1) Received json response: {
 "grantResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3630-3640-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
```

```
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3570-3580-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3580-3590-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
  "grantId" : "3560-3570-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3550-3560-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "channelType" : "GAA"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3600-3610-45",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
```

```
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3590-3600-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3680-3690-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3670-3680-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
```

```
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3620-3630-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3690-3700-45",
```

```
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3660-3670-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3650-3660-45",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 },
 "channelType" : "GAA"
```

```
 } ]
}
```

7. DP 依據 Grant 頻段（3550~3700MHz）向 SAS 發起 CBSD（CF86993592）HeartBeat 請求（HeartbeatRequests）。

```
2020-03-20 11:31:31,449 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 10) Sending request {
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3660-3670-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3620-3630-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3690-3700-45",
   "operationState" : "GRANTED"
```

```
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3670-3680-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3630-3640-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3550-3560-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3680-3690-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3640-3650-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3600-3610-45",
```

```
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3560-3570-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3610-3620-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3650-3660-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3590-3600-45",
   "operationState" : "GRANTED"
  } ]
 }
} to uri https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/heartbeat
```


8. SAS 回應 HeartBeat 請求（heartbeatResponse），HeartBeat 回應頻段代碼為 0（responseCode : 0），代表 HeartBeat 程序成功，取得 SAS 允許頻段。若回應頻段代碼為 501（responseCode : 501），表示 HeartBeat 程序請求失敗，SAS 不允許 CBSD 取得該頻段，下述 log 表示，CBSD 取得頻段為 3570-3580MHz 及 3560-3570MHz。

```
2020-03-20 11:31:32,878 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 10) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3570-3580-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:35:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3660-3670-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3620-3630-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
```

```
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3690-3700-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3580-3590-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
```

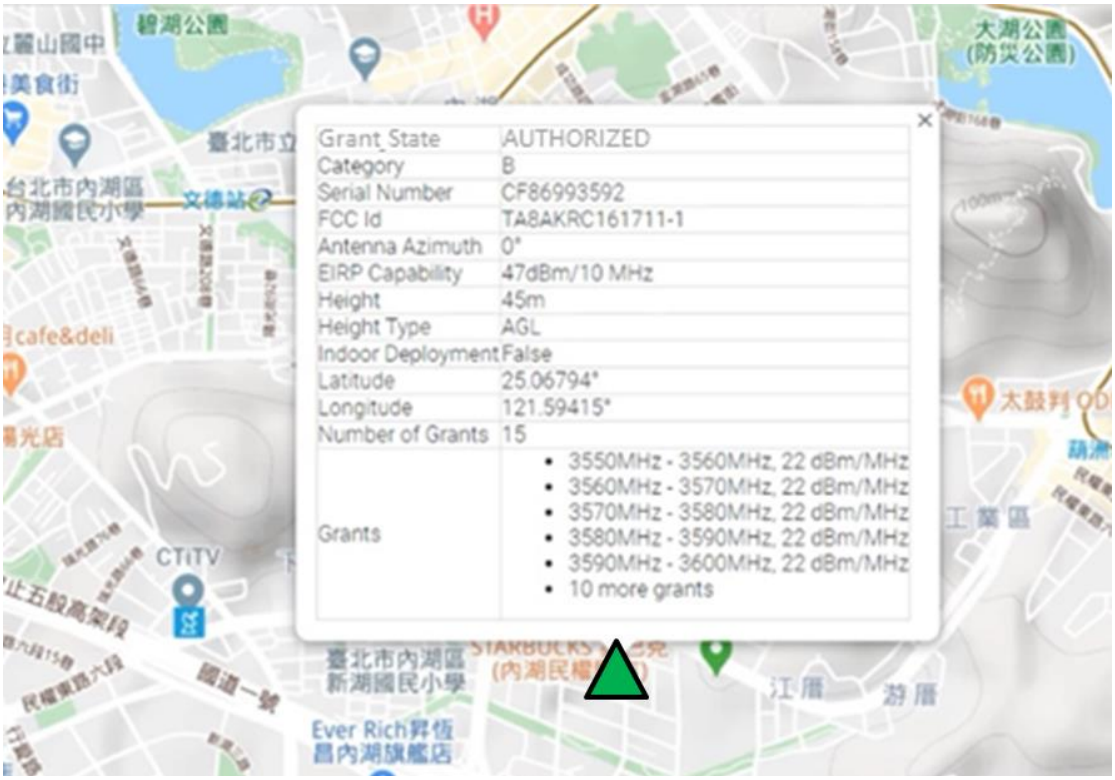
```
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3670-3680-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3630-3640-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3550-3560-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
```

```
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3680-3690-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3600-3610-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
```

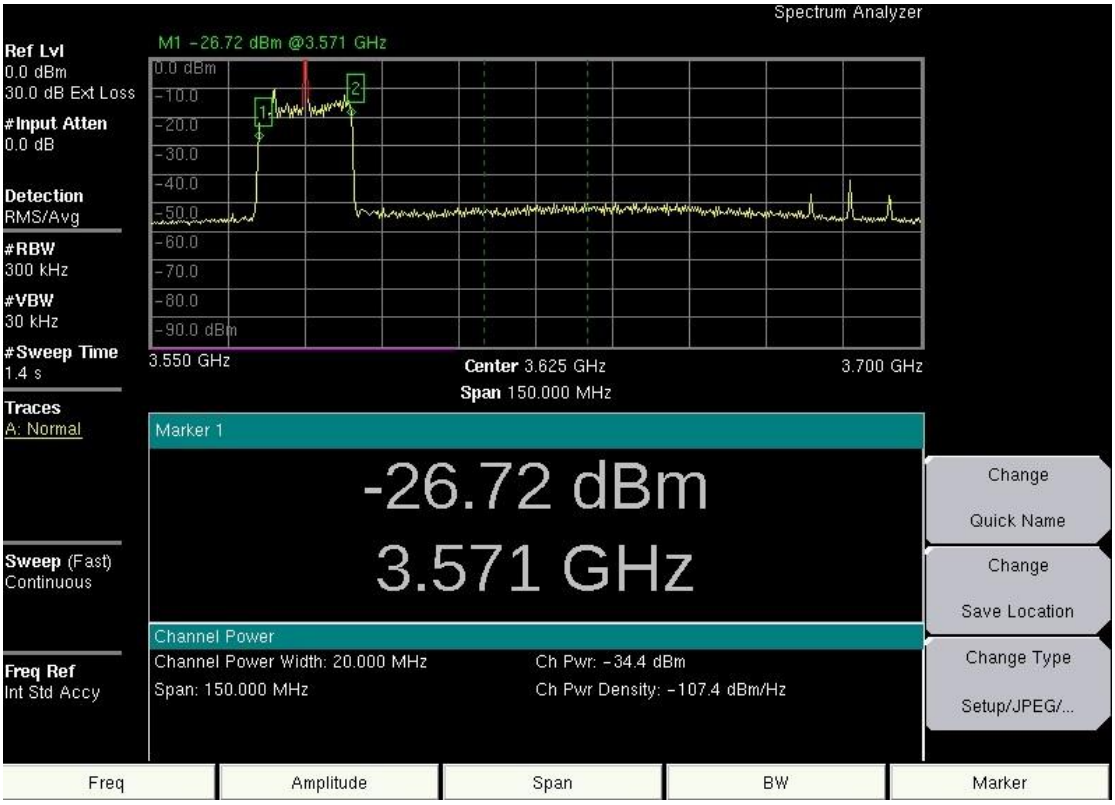
```
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3560-3570-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:35:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-45",
 "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
 "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
  "grantId" : "3650-3660-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:28Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3590-3600-45",
  "transmitExpireTime" : "2020-03-20T03:31:32Z",
  "grantExpireTime" : "2020-09-16T03:31:27Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```


下圖為 SAS 圖資顯示 GAA CBSD 發射 RF 訊號



下圖為 GAA CBSD 在頻率範圍 3570-3590MHz 的 RF 訊號



二、 DP 成功放棄授權

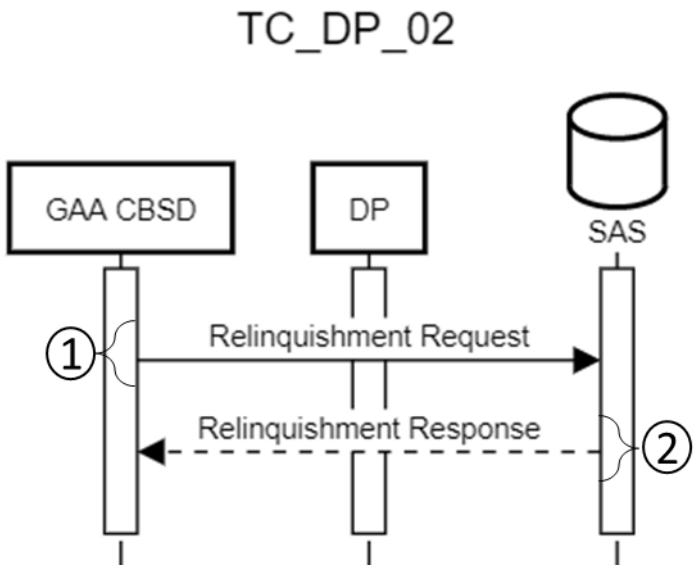
- 測試項目說明

測試項目	TC_DP_02
描述	DP 成功放棄授權
目的	通過觸發註冊及啟用過程檢視授權放棄，確認 DP 將放棄請求發送到 SAS，然後 SAS 將放棄響應返回給 DP
分析工具	Domain Proxy log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. CBSD 已註冊成功 4. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 5. GAA CBSD Grant 頻段 : 3550-3700MHz 6. 經緯度 : 121.578688, 25.061587
測試步驟	1. DP 發送授權放棄請求 2. SAS 授權放棄回應
預期測試結果	DP 在 Relinquishment Response 收到 Response Code=0 代表授權放棄成功
測試時間	20200430

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	DP 發送授權放棄請求，針對 3550~3700MHz 內 CBSD 已被 Grant 的 channel 進行授權放棄請求
2	SAS 授權放棄回應, Response code= 0，代表 CBSD 被授權的 channel 放棄成功



1. DP 向 SAS 發起 CBSD（CF86993592）已被授權頻段（3550~3700MHz）放棄請求。

```
2020-04-30 10:03:55,751 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 2) Sending request {
 "RelinquishmentRequests" : {
  "relinquishmentRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3630-3640-84"
  }, {
```

```
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3690-3700-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3670-3680-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3620-3630-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3660-3670-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3650-3660-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3610-3620-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3560-3570-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-84"
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3590-3600-84"
 }, {
```

```
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3600-3610-84"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3550-3560-84"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3680-3690-84"
  } ]
 }
} to uri
https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/relinquishment
```

2. SAS 授權放棄頻段（3550~3700MHz）回應，若成功放棄授權，CBSD（CF86993592）收到 Response Code=0。

```
2020-04-30 10:03:56,968 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 2) Received json response: {
 "relinquishmentResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3630-3640-84",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
```

```
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3690-3700-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3670-3680-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3620-3630-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3660-3670-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
```

```
} {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3650-3660-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3560-3570-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3640-3650-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
```

```
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3590-3600-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3600-3610-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3550-3560-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3680-3690-84",
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
```

```
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```

三、 使用 DP 註銷和關閉 CBSD

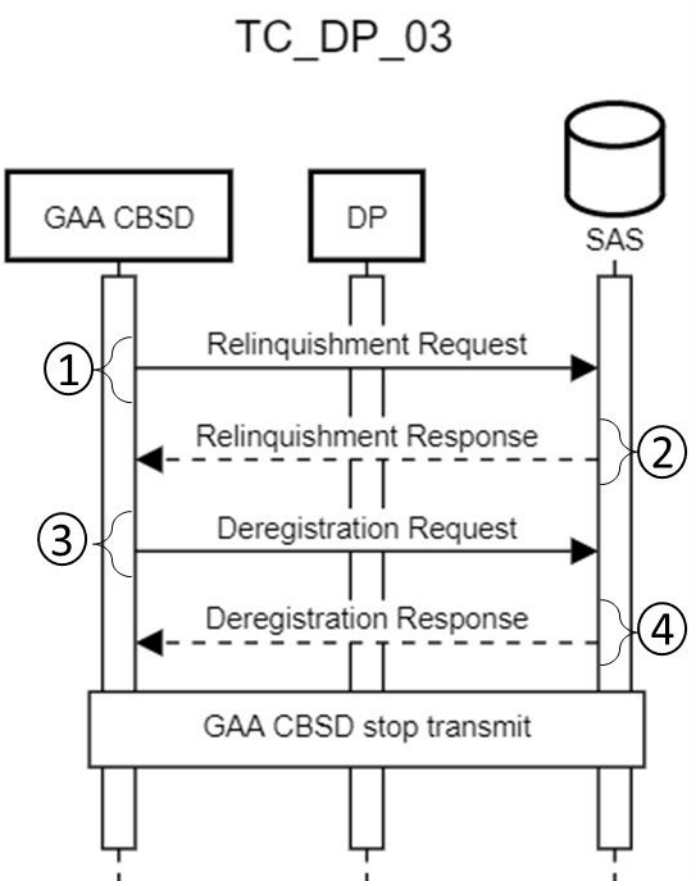
- 測試項目說明

測試項目	TC_DP_03
描述	使用 DP 註銷和關閉 CBSD
目的	使用 DP 從 SAS 註銷 CBSD 並關閉 CBSD 中的無線電傳輸
分析工具	Domain Proxy log
測試條件	1. CBSD 已註冊成功 2. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor)
測試步驟	1. 將 CBSD 從 CBRS 群組移除並向 SAS 發送註冊請求 2. SAS 回應 CBSD 請求
預期測試結果	GAA CBSD 在最後步驟收到 Response code=0，代表已被註銷
測試時間	20200504

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	DP 發送授權放棄請求，重要參數含已被目前 CBSD 有被 grant 的 channel
2	SAS 授權放棄回應, Response code = 0，代表 CBSD 成功放棄已被 grant 的 channel
3	DP 發送註銷請求，重要參數為 CBSD 的 seial number
4	SAS 註銷回應, Response code = 0 ，代表 CBSD 成功被註銷



1. DP 向 SAS 發起 CBSD（CF86993592）已被授權頻段（3580~3590MHz）放棄請求。

```
2020-05-04 15:10:07,754 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 6) Sending request {
 "RelinquishmentRequests" : {
  "relinquishmentRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593",
   "grantId" : "3580-3590-44"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593",
```

```
   "grantId" : "3570-3580-44"
  } ]
 }
} to uri
https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/relinquishment
```

2. SAS 授權放棄頻段（3580~3590MHz）回應，若成功放棄授權，CBSD（CF86993592）收到 Response Code=0。

```
2020-05-04 15:10:08,815 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 6) Received json response: {
 "relinquishmentResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593",
  "grantId" : "3580-3590-44",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593",
  "grantId" : "3570-3580-44",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```

3. DP 發送 CBSD（CF86993592）註銷請求

```
2020-05-04 15:10:10,748 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 7) Sending request {
 "DeregistrationRequests" : {
  "deregistrationRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593"
  } ]
 }
} to uri
https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/deregistration
```

4. SAS 註銷回應，若 CBSD（CF86993592）成功註銷收到 Response Code=0。

```
2020-05-04 15:10:11,728 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 7) Received json response: {
 "deregistrationResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/ CF86993593",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```

下圖為 Spectrum Analyzer 上顯示 3570-3700 頻段沒有 CBSD 發射 RF 訊號



四、 模疑 DP 與 SAS 之間傳輸間網路不穩定，使 DP 與 SAS 之間傳輸的遺失心跳響應，導致定時器過期

- 測試項目說明

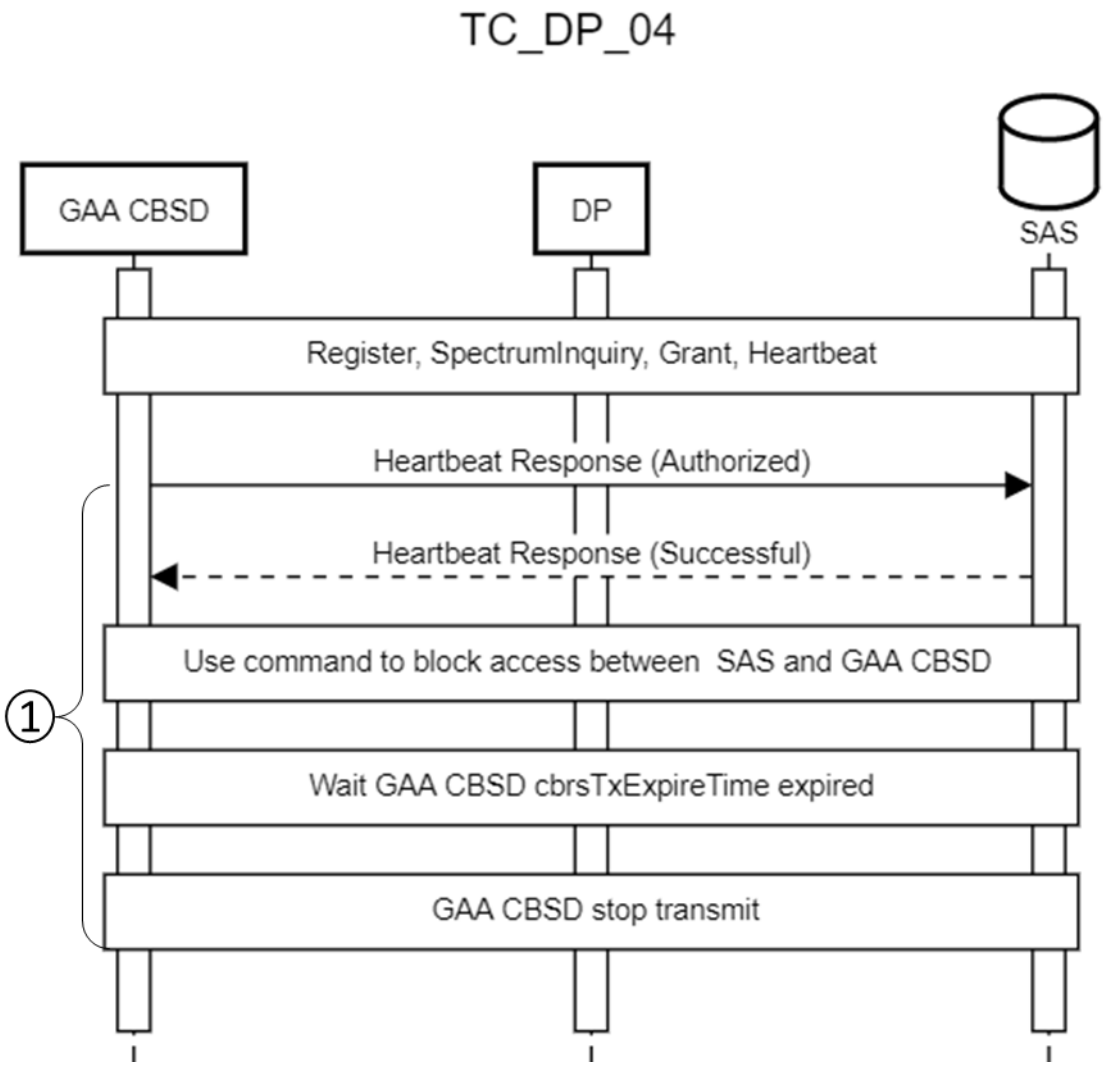
測試項目	TC_DP_04
描述	模疑 DP 與 SAS 之間傳輸間網路不穩定，使 DP 與 SAS 之間傳輸的遺失心跳響應，導致定時器過期
目的	DP 與 SAS 之間傳輸的遺失心跳響應，導致定時器過期，DP 與 SAS 之間傳輸終止無法再接收來自 SAS 的 cbrsTxExpireTime，驗證在時間超過 cbrsTxExpireTime 後 CBSD 的傳輸將停止
分析工具	ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true”

	3. CBSD 已註冊成功 4. 頻寬 : 10MHz/20MHz(視 SAS 控制授權而定) 5. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 6. GAA CBSD 頻段 : 3570-3590MHz 7. GAA CBSD 經緯度: 121.578688, 25.061587 8. 輸入如下指令以中斷 DP 與 SAS 間的路由 TBDCNSW5#config t – TBDCNSW5(config)#no ip route vrf OAM 34.237.155.49 255.255.255.255 192.168.144.170 name "Dst to taiwan SAS for ENM DP access " – TBDCNSW5(config)#end
測試步驟	1. 連入 ENM 平台 2. 中斷 DP 以及 SAS 之間的 access 3. CBSD 無接收到更新的 cbrsTxExpireTime 數值 4. CBSD 在超過 cbrsTxExpireTime 數值後停止發射訊號
預期測試結果	CBSD 傳輸時間超過 cbrsTxExpireTime 後，CBRS 小區中的傳輸停止
測試時間	20200428

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	在時間 15:56:00 在站台查詢 **TBENB04 的** cbrsTxExpireTime 為 2020-04 28T07:59:18z，等超過時間超過 cbrsTxExpireTime 後於時間 15:59:36 查詢 **TBENB04** 小區中的狀態發現小區傳輸停止且為 cbrsTxExpireTime 將停止更新



1. cbrsTxExpireTime 為 2020-04 28T07:59:18z，因為已經中斷與 SAS 之間的訪問故 cbrsTxExpireTime 停止更新，並且將於時間超過 cbrsTxExpireTime 後，在 200428-15:59:36 查詢 CBRS 小區中的傳輸停止，operationalState 為 0 (DISABLE)

```
TBENB04> hget celltdd cbrs|admin|oper
200428-15:56:00 192.168.182.2.20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520.
=====================================================
MO                        adminstrativeState     cbrsCell
cbrsTxExpireTime          operationalState
=====================================================
EUtranCellTDD=99904414    1 (UNLOCKED)      true
2020-04 28T07:59:18z      1 (ENABLED)
=====================================================Total: 1
MOs
Added 1 MOs to group: hget_group
TBENB04> hget celltdd cbrs|admin|oper
200428-15:59:36 192.168.182.2.20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19.
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520

$ssh_pid = 26470
Connected to 192.168.182.2
(SubNetwork=TBAPT_R,MeContext=TBeNB04,ManagedElement=
TBeNB04).
=====================================================
MO                        adminstrativeState    cbrsCell
cbrsTxExpireTime          operationalState
=====================================================
EUtranCellTDD=99904414    1 (UNLOCKED)      true
2020-04 28T07:59:18z      0 (DISABLED)
=====================================================
```

```
Total: 1 MOs
```

下圖為 Spectrum Analyzer 上顯示 3570-3700 頻段沒有 CBSD 發射 RF 訊號



五、 授權被 SAS 終止

- 測試項目說明

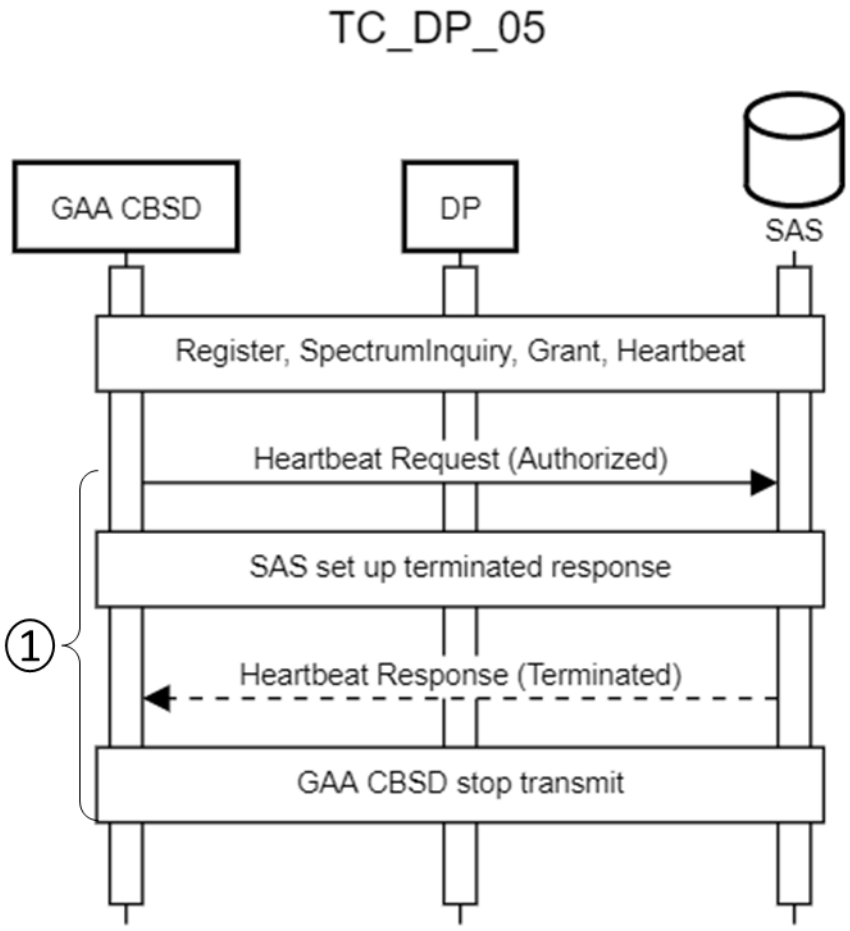
測試項目	TC_DP_05
描述	授權被 SAS 終止
目的	DP 在接收到 SAS 給予授權終止訊息的情況下， CBRS 小區中的傳輸將停止
分析工具	1. Domain Proxy log 2. ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true”

	3. CBSD 已註冊成功 4. 頻寬 : 10MHz/20MHz(視 SAS 控制授權而定) 5. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 6. GAA CBSD 頻段 : 3570-3590MHz 7. GAA CBSD 經緯度: 121.578688, 25.061587
測試步驟	1. CBSD 原本處於 Heartbeat authorized 狀態 2. CBSD 從 SAS 端收到 terminated 訊息，停止發射 RF 訊號
預期測試結果	藉由 ENM 系統查詢 CBSD 因為 SAS 授權終止導致 cbrsTxExpireTime 參數為空以及 EUtranCellTDDs 被禁用代表 CBSD 無法發射 RF 訊號
測試時間	20200430

- 測試結果 : 成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	DP 接收到 Heartbeat Response=500 (代表收到 SAS 的授權為 terminated)，CBSD 停止發射 RF 訊號。 eNodeB 中的 cbrsTxExpireTime 屬性會被清空以及 EUtranCellTDDs 被禁用代表 CBSD 因授權終止無法發射 RF 訊號



1. CBSD (CF86993592)收到心跳響應代碼=500，代表 SAS 授權終止 CBSD (CF86993592)在授權頻段（3570~3590MHz）繼續發射 RF 訊號

```
2020-04-30 10:22:46,472 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 5) Received json response after
heartbeat from SAS is : {
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
  "grantId" : "3580-3590-84",
  "transmitExpireTime" : "2020-04-30T02:22:46Z",
  "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:17:53Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : -99999.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3580000000,
    "highFrequency" : 3590000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3570-3580-84",
  "transmitExpireTime" : "2020-04-30T02:22:46Z",
  "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:20:43Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : -99999.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3570000000,
    "highFrequency" : 3580000000
   }
```

```
},
"response" : {
 "responseCode" : 500,
 "responseMessage" : "success"
}
```

2. 在被SAS終止授權發射RF訊號後，登入eNodeB查看CBSD狀態， CBSD (CF86993592)所屬站台為 TBENB04，TBENB04 內的 EUtranCellTDD=99904414 代表 CBSD (CF86993592)。cbrsTxExpireTime的value屬性為空，代表因SAS 授權終止 CBSD (CF86993592)後而收不到來自 SAS 發送的 cbrsTxExpireTime 數值。 EUtranCellTDDs=99904414被禁用為0 (DISABLED)代表 CBSD (CF86993592)無法發射 RF訊號。

```
TBENB04> st cell
200430-10:45:04 192.168.182.2 16.0v MSRBS_NODE_MODEL_19
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/9227.
================================================
Proxy   Adm State       Op. State         MO
================================================
  39    1(UNLOCKED)    0 (DISABLED)     ENodeBFunction=1,
EUtranCellTDD=99904414
================================================
Total: 1 MOs
```

```
TBENB04> get celltdd cbrs


200430-10:45:04 192.168.182.2 16.0v MSRBS_NODE_MODEL_19
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/9227.
=================================================
MO                          Attribute              value
=================================================
EUtranCellTDD=99904414    cbrscell                 true
EUtranCellTDD=99904414    cbrscellTxExpireTime
=================================================
Total: 1 MOs
```

下圖為 Spectrum Analyzer 上顯示 3570-3700 頻段沒有 CBSD 發射 RF 訊號



資料來源：本研究整理

六、 恢復暫停授權的傳輸

- 測試項目說明

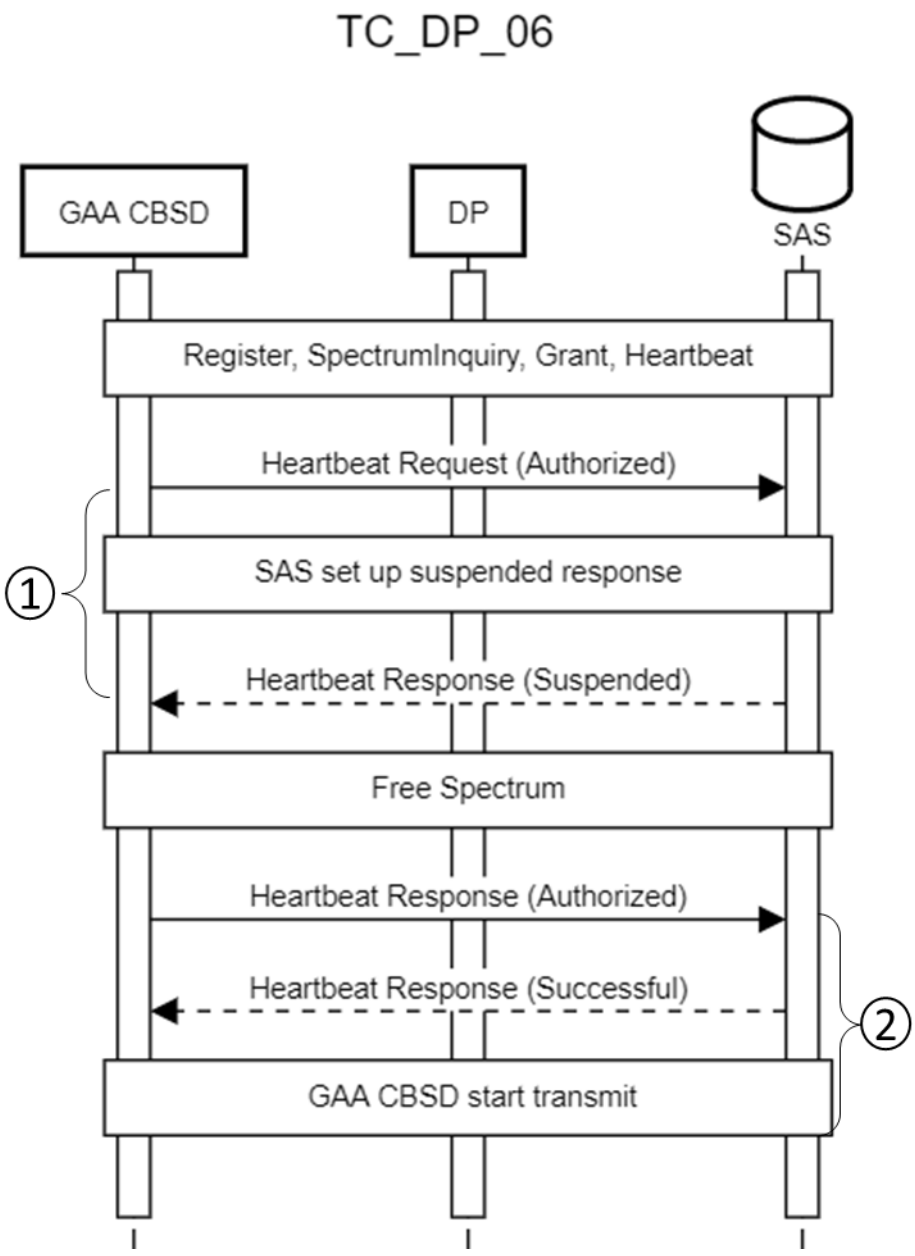
測試項目	TC_DP_06
描述	恢復暫停授權的傳輸
目的	在暫停授權的情況後可恢復授權，CBSD 將恢復傳輸
分析工具	Domain Proxy log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. CBSD 已註冊成功 4. CBSD 從 SAS 端接收到暫停訊息 5. 頻寬 : 10MHz/20MHz(視 SAS 控制授權而定) 6. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 7. GAA CBSD 頻段 : 3570-3590MHz 8. GAA CBSD 經緯度: 121.578688, 25.061587
測試步驟	1. CBSD 原為 authorized 的狀態 2. SAS 端向 CBSD 發送 suspended 訊息 3. CBSD 暫停傳輸 4. CBSD 發起收恢復傳輸的請求 5. CBSD 重新恢復傳輸
預期測試結果	CBSD 收到 SAS 恢復傳輸的響應 Heartbeat 狀態為 Authorized 且在站台的 EUtranCellTDDs 被啟用可以重新發射 RF 訊號
測試時間	20200430

- 測試結果 : 成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	DP 接收到 heartbeat response=501 (代表 CBSD 的傳輸被暫停)

2	CBSD 在傳輸被暫停後，再次發起傳輸的 heartbeat (狀態為 authorized)，CBSD 恢復傳輸。 eNodeB 中的 EUtranCellTDDs 啟用(CBSD 的 RF 訊號可以發射)且得到來自 SAS 給予的 cbrscellTxExpireTime 數值



1. GAA CBSD (CF86993592) 在 3570-350MHz 接收到 responseCode=501 ，代表被 SAS Suspened 傳輸

```
2020-04-30 11:02:35,399 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 19) Sending rest request: {
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-84",
   "operationState" : "GRANTED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-84",
   "operationState" : "GRANTED"
  } ]
 }
}
2020-04-30 11:02:36,376 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 19) Received json response after
heartbeat from SAS is : {
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-84",
   "transmitExpireTime" : "2020-04-30T03:02:36Z",
```

```
   "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:46:13Z",
   "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
    "responseCode" : 501,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-84",
   "transmitExpireTime" : "2020-04-30T03:02:36Z",
   "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:44:44Z",
   "heartbeatInterval" : 60.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 501,
    "responseMessage" : "success"
```

2. GAA CBSD (CF86993592) AUTHORIZED 的狀態下在 3580-3590MHz 進行 HeartbeatRequest 來恢復被暫停授權的傳輸。GAA CBSD 收到 HeartbeatResponses code=0，代表 GAA CBSD 傳輸已恢復，也可以登入 TBENB04 查詢 EUtranCellTDD=99904414 (GAA CBSD)的 cbrsTxExpireTime 是否有拿到更新值

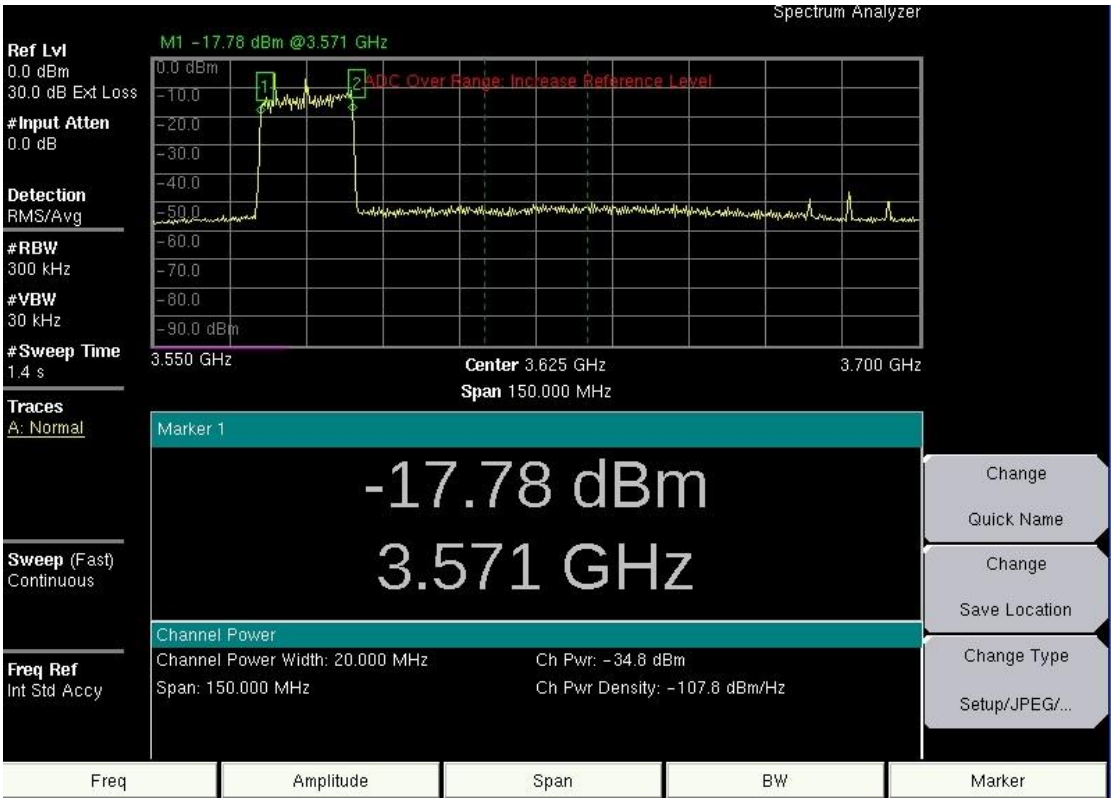
```
2020-04-30 11:03:35,399 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 27) Sending rest request: {
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
```

```
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-84",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-84",
   "operationState" : "GRANTED"
  } ]
 }
}
2020-04-30 11:03:36,353 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 27) Received json response after
heartbeat from SAS is : {
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-84",
   "transmitExpireTime" : "2020-04-30T03:07:36Z",
   "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:46:13Z",
   "heartbeatInterval" : 60.0,

 "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
```

```
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-84",
   "transmitExpireTime" : "2020-04-30T03:07:36Z",
   "grantExpireTime" : "2020-10-27T02:44:44Z",
   "heartbeatInterval" : 60.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
 }
}
```


下圖為 CBSD 在 3570-3590 MHz 發射 RF 訊號



```
TBENB04> get celltdd cbrs
200430-02:55:11 192.168.182.2. 16.0v
MSRBS_NODE_MODEL_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/9686
=====================================================
MO                      Attribute               Value
=====================================================EUtranCel
lTDD=99904414   cbrsCell                true
EUtranCellTDD=99904414   cbrsTxExpireTime
Total: 1 MOs

TBENB04> get celltdd cbrs

200430-03:03:39 192.168.182.2. 16.0v
MSRBS_NODE_MODEL_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/9686
=====================================================
MO                      Attribute             Value
=====================================================
EUtranCellTDD=99904414   cbrsCell             true
EUtranCellTDD=99904414   cbrsTxExpireTime     2020-04-
30T003:07:36Z
=====================================================
Total: 1 MOs
=====================================================Proxy
Adm State        Op. State       MO
=====================================================39
1 (UNLOCKED)   1(ENABLE)    ENodeBFunction=1,
EUtranCellTDD=9904414
```

==

七、 CBSD 移機及重新註冊

- 測試項目說明

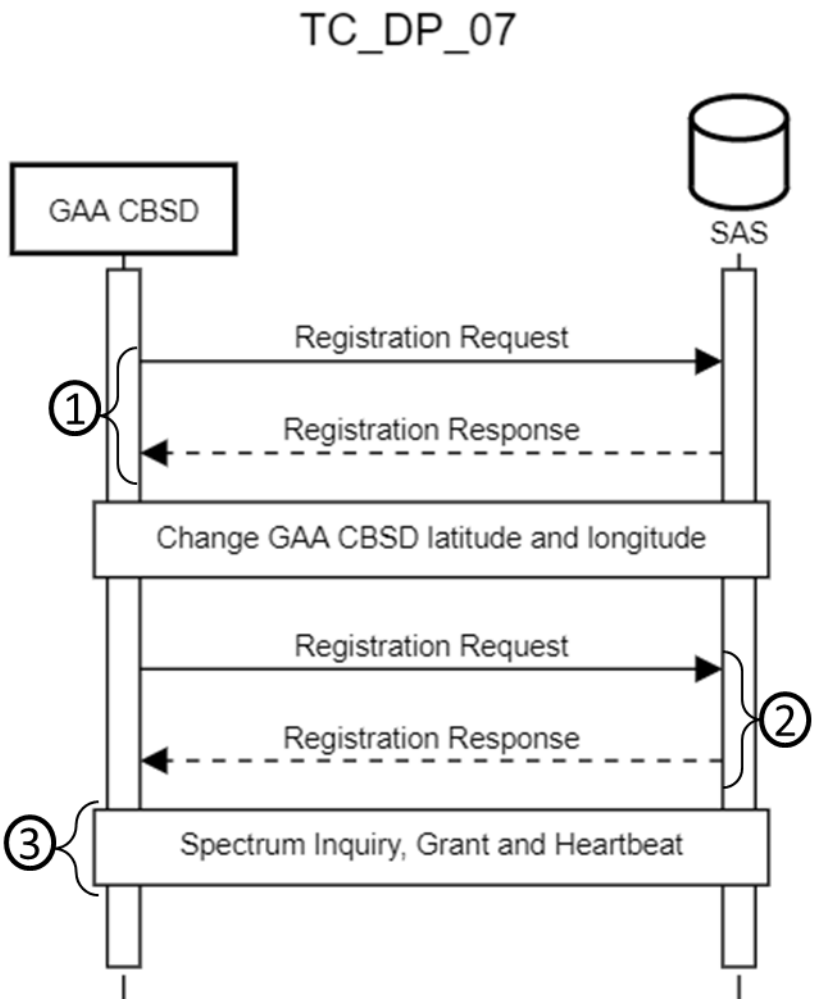
測試項目	TC_DP_07
描述	CBSD 移機及重新註冊
目的	在無線電設備需要更改位置時需重新註冊
分析工具	ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. CBSD 已於地點 A 註冊成功 4. GAA CBSD 序號：CF86993593(indoor) 5. 頻寬 : 10MHz/20MHz(視 SAS 控制授權而定) 6. GAA CBSD 頻段 : 3570-3590MHz 7. 設定地點 A 經緯度: 121.578688, 25.061587 8. 設定地點 B 經緯度: 121.008904, 24.871735
測試步驟	1. 將 CBSD 於地點 A 安裝 2. 將 CBSD 移至地點 B 安裝 3. 修改 CPI 的經緯度為地點 B 及修改 RRU attribute positionCoordinates 4. 重新於地點 B 註冊 CBSD 且在地點 B 的 CBSD 得到 SAS 給予的 cbrsTxExpireTime 數值
預期測試結果	CBSD 移到 B 地點後成功重新註冊成功
測試時間	20200428

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	CBSD 於地點 A 註冊成功

2	CBSD 移至地點 B 並修改 CPI 及 RRU attribute positionCoordinates 後重新註冊成功
3	CBRS 小區傳輸啟用



1. GAA CBSD (CF86993593)於地點 A 經緯度 121.578688, 25.061587 註冊成功

```
TBENB04> get rru positi
200428-16:15:22 192.168.182.2 20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520
=================================================
MO              Attribute     Value
=================================================
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionCoordinates Strucr{4}
 >>> 1.altitude = 45
>>> 2.geoDatum = WGS84
>>> 3. altitude = 25061587
>>> 4. longitude = 121578688
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionInformations s[0] =
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionRef
=================================================
Total: 1 MOs
```

2. GAA CBSD (CF86993593)移至地點 B 經緯度 121.008904, 24.871735 並修改 CPI 及 RRU attribute positionCoordinates 後重新註冊成功

```
TBENB04> get rru positi
200428-16:16:47 192.168.182.2 20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19.
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520
=================================================
MO              Attribute     Value
=================================================
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionCoordinates Strucr{4}
```

```
 >>> 1.altitude = 45
>>> 2.geoDatum = WGS84
>>> 3. altitude = 24871735
>>> 4. longitude = 121008904
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionInformations s[0] =
FieldReplaceableUnit=RRU-1   positionRef
=================================================
Total: 1 MOs
```

3. 當 GAA CBSD (CF86993593)移到地點 B 後，登入 **TBENB04** 查看有無收到 cbrsTxExpireTime 數值，數值若有更新代表 CBRS 小區傳輸啟用

```
TBENB04> st cell

200428-16:19:34 192.168.182.2 20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19.
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520

$ssh_pid = 12824

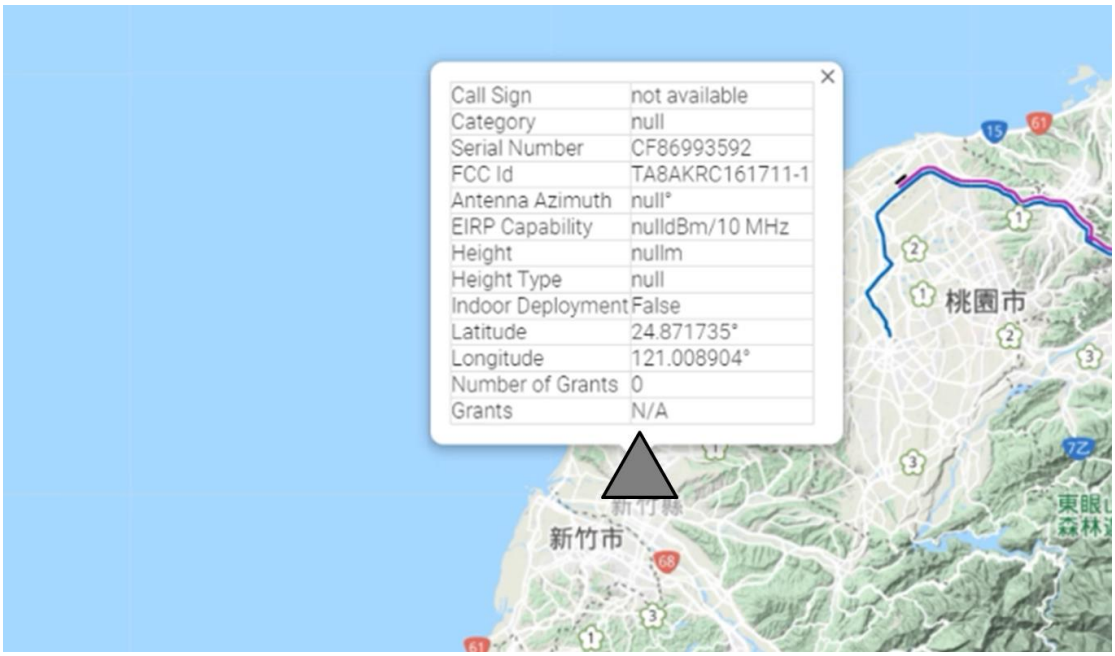
Connected to 192.168.182.2
(SubNetwork=TBAPT_R,MeContect=TBeNB04,ManagedElement=TBeNB04)
=================================================
Proxy  Adm State    Op. State    MO
=================================================
  39  1(UNLOCKED) 0 (DISABLED) ENodeBFunction=1,
EUtranCellTDD=99904414
=================================================
```

```
Total: 1 MOs

TBENB04> hget|celltdd cbrs|admin|oper

200428-16:19:38 192.168.182.2 20.0b MSRBS_NODE_MODEL_19.
Q4_423.28070.65_e4d6 stopfile=/tmp/11520.
=====================================================
MO                          administrativeState     cbrscell
cbrsTxExpireTime        value    operationalState
=====================================================
EUtranCellTDD=99904414    1(UNLOCKED)        true        2020-
04-28T08:23:33Z    1        (ENABLED)
=====================================================
Total: 1 MOs
```

下圖為 SAS 平臺圖資顯示 CBSD 移機後能重新註冊。



八、 查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署

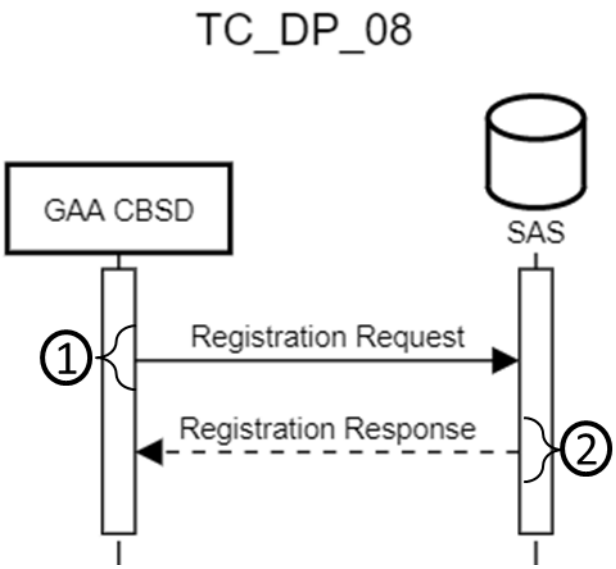
- 測試項目說明

測試項目	TC_DP_08
描述	查詢確認 B 類 CBSD 成功註冊 CPI 簽署
目的	查詢在 DP 上安裝 CBRS Public Key Infrastructure(PKI) certificates，確認已啟用與 SAS 的相互身份驗證
分析工具	ENM log
測試條件	1. TSL 憑證已正確安裝
測試步驟	1. 查詢 ENM 內 B 類 CBSD 簽署的 CPI 是否註冊成功若註冊成功得到 Register Response Code=0 2. 從 SAS Web page 確認 CBSD 註冊結果以及取得頻段。
預期測試結果	在 SAS 的 Web page 中查詢到 CBSD Site 的相關訊息
測試時間	2020320

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 TSL 憑證已正確安裝
2	確認 DP 與 SAS 之間可相互驗證及傳遞信令訊息



3. 查詢 DP 內 Log 確認 GAA CBSD (CF86993592) TSL 憑證已正確安裝，TSL 憑證為 Registration Request 內的 cpiSignatureData ，若註冊成功得到 Register Response Code=0

```
2020-03-20 11:31:18,504 TRACE
[com.ericsson.oss.sas.common.rest.service.RemoteRestServiceBe
an] (EJB timerService - 6) Sending request {
 "RegistrationRequests" : {
  "registrationRequest" : [ {
   "fccId" : "TA8AKRC161711-1",
   "cbsdCategory" : "B",
   "callSign" : "not available",
   "userId" : "SAS-APTG-NAT",
   "airInterface" : {
    "radioTechnology" : "E_UTRA",
    "supportedSpec" : "FFS"
   },
   "cbsdSerialNumber" : "CF86993592",
```

```
   "measCapability" : [ "" ],
   "groupingParam" : [ {
    "groupType" : "INTERFERENCE_COORDINATION",
    "groupId" : "TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414"
   } ],
   "cbsdInfo" : {
    "vendor" : "Ericsson",
    "model" : "KRC 161 711/1"
   },
   "cpiSignatureData" : {
    "protectedHeader" :
"eyJhbGciOiJSUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9",
    "encodedCpiSignedData" :
"eyJmY2NJZCI6IlRBOEFLUkMxNjE3MTEtMSIsImNic2RTZXJpYWxOdW1iZXIi
OiJDRjg2OTkzNTkyIiwiaW5zdGFsbGF0aW9uUGFyYW0iOnsiaW5kb29yRGVwb
G95bWVudCI6ZmFsc2UsImxhdGl0dWRlIjoyNS4wODA2MzgzLCJhbnRlbm5hTW
9kZWwiOiIiLCJhbnRlbm5hR2FpbiI6MTEsImhvcml6b250YWxBY2N1cmFjeSI
6MC4wLCJoZWlnaHRUeXBlIjoiQUdMIiwidmVydGljYWxBY2N1cmFjeSI6MC4w
LCJhbnRlbm5hQmVhbXdpZHRoIjozLCJhbnRlbm5hRG93bnRpbHQiOjAsImFud
GVubmFBemltdXRoIjowLCJlaXJwQ2FwYWJpbGl0eSI6NDcsImxvbmdpdHVkZS
I6MTIxLjU2MjMwODgsImhlaWdodCI6NDUuMH0sInByb2Zlc3Npb25hbEluc3R
hbGxlckRhdGEiOnsiY3BpSWQiOiIxMDk4NzY1NDMyMUFEIiwiY3BpTmFtZSI6
ImNwaXVzZXIxMjMiLCJpbnN0YWxsQ2VydGlmaWNhdGlvblRpbWUiOiIyMDIwL
TAzLTE4VDA0OjAxOjM4WiJ9fQ",
    "digitalSignature" :
"fgZkCPMWVO6Lrsd93yYxgpduTE6qGu94AscIaDFoo_MS8zAkXPVLo15Hy2jS
OVeV2lLkj7hkgXKqwrLyL_rUn4QCtxsMGuW-
```

6QM88P_QeLaEySKoBRo0vksC8QzNR8oLj8jaetxYfq3hoZdoXppun3LyWDmIdU2FuSpMto4lzQR1O_SxtdVDTwyyX118ggHqCphjvLdAL4V-pavwoY-F_8xTmgoMPStDTUcV0RtkuqJYgE_bHY_8hIqn0pStQTIYXPOIS5w7VFDDbIv0WwJy9uMAi2yRKrugYlSUV6Nj_TKH7P4myuzEv5OmVH1w6K60dq8CnSKEitu15oXi58Kokw"
   }
  }]
 }
} to uri https://taiwansas.sascms.net:8443/v1.2/registration

2020-03-20 11:31:19,565 DEBUG [com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB timerService - 6) Received json response: {
 "registrationResponse" : [{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }]

1. 從 SAS Web page 確認 GAA CBSD (CF86993592)註冊結果，下圖為 SAS Web page GAA CBSD（CF86993592）註冊結果

Details of CBSD Site

CBSD ID: TA8AKRC161711-1/E390000KQT	**Source SAS:** N/A
User ID: SAS-APTG-NAT	**FCC ID:** TA8AKRC161711-1
CBSD Serial Number: E390000KQT	**Call Sign:** not available
CBSD Category: B	**Vendor:** Ericsson
Model: KRC 161 711/1	**Software Version:**
HardWare Version:	**Firmware Version:**
Radio Technology: E_UTRA	**Management Group:** N/A
Created Time: 03-17-2020 11:09:41	**Updated Time:** 04-28-2020 19:21:44
Group ID: TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904324	**Group Type:** INTERFERENCE_COORDINATION
Measurement Capability: RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT	**Blacklisted:** false
Status: REGISTERED	**PAL ID:** N/A
CPI ID: 10987654321AD	**CPI Name:** cpiuser123
Install Certification Time: 03-17-2020 10:58:34	**Antenna Azimuth:** N/A
Antenna Beamwidth: 3	**Antenna Downtilt:** N/A
Antenna Gain: 11	**Antenna Model: 0**
EIRP Capability: 47	**Height:** 70
Height Type: AGL	**Indoor Deployment:** false
Latitude: 24.21022 °	**Longitude:** 120.51126 °
Horizontal Accuracy: N/A	**Vertical Accuracy:** N/A
Operation Frequency Range: 3550-3560 (37 dBm/MHz), 3560-3570 (37 dBm/MHz)	

九、 加入 CBRS 單元群組至 DP

- 測試項目說明

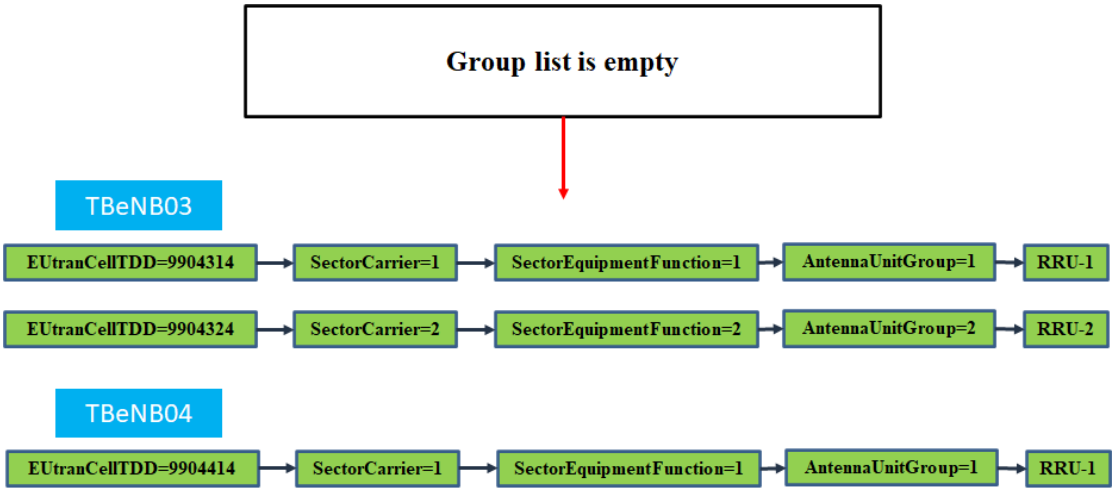
測試項目	TC_DP_09
描述	加入 CBRS 單元群組至 DP
目的	將 ENM 管理的單元群組加入至 CBRS DP 的活動列表中

分析工具	ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true”
測試步驟	1. 連入 ENM 平台 2. 輸入指令： cbrs add “TBAPT_R | TBeNB04:TBeNB04:99904414”
預期測試結果	藉由 cbrs add 指令加入 CBRS 單元後，再藉由 list all 來查閱該 CBRS 單元是否在活動列表中
測試時間	20200430

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 CBSD 有正確加入 CBRS 群組中



1. 利用 cbrs add 指令新增 CBSD 進入 CBRS 群組，CBSD 在 TBeNB04 內代號為 99904414，可用 cbrs list all 指令查詢 CBRS 群組內是否有 99904414

```
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs list all

[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs add
"TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414"
TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs list all
TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414
```

十、 檢視 DP 中 CBRS 單元群組列表

- 測試項目說明

測試項目	TC_DP_10
描述	檢視 DP 中 CBRS 單元群組列表

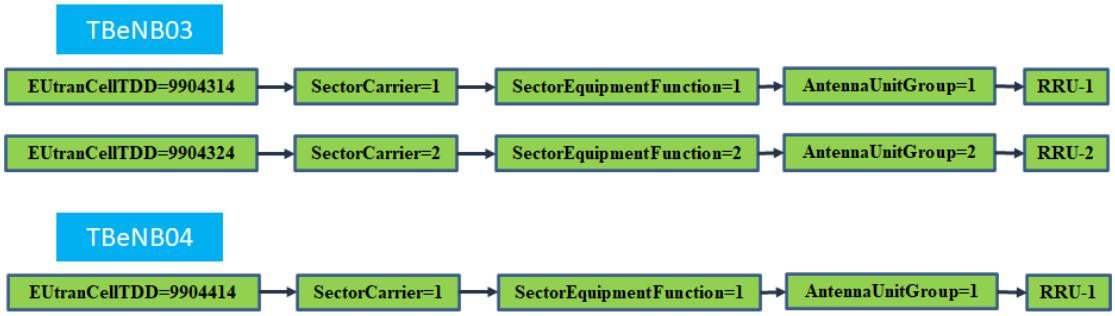
目的	將由 ENM 管理的單元群組列出到 CBRS Domain Proxy 的活動列表中
分析工具	Ericsson Network Manager (ENM) log
測試條件	1. 基站由 Ericsson Network Manager (ENM)所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true”
測試步驟	1. 連入 Ericsson Network Manager (ENM)平台 2. 輸入指令： cbrs list all (檢視目前 ENM 內有 CBRS 單元)
預期測試結果	CBSD Group 內有三個 CBSD 在活動列表內
測試時間	20200430

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	檢視 CBRS 單元列表中的所有單元

1. 檢視 CBRS 單元列表中的所有單元，查詢到有三個小區是被



設置為 CBRS 功能。

```
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs list all
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904314
TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904324
```

十一、 移除 DP 中的 CBRS 單元群組

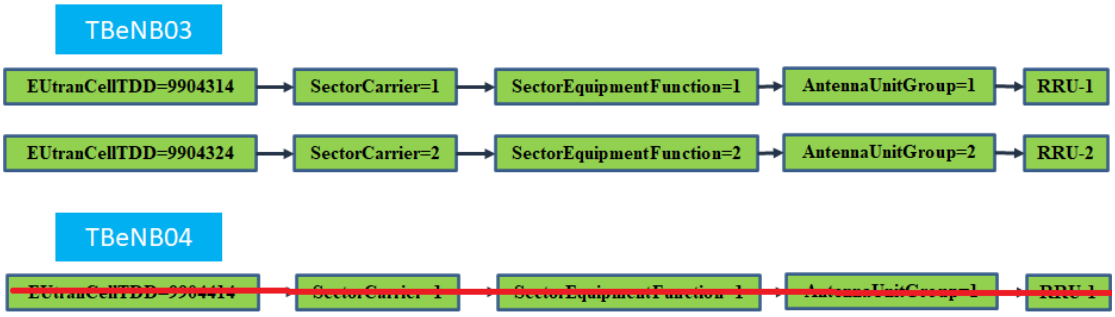
- 測試項目說明

測試項目	TC_DP_11
描述	移除 DP 中 CBRS 單元群組
目的	將由 ENM 管理的單元群組從 CBRS Domain Proxy 的活動列表中移除
分析工具	ENM log
測試條件	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true”
測試步驟	1. 連入 ENM 平台 2. 輸入指令： cbrs remove “TBAPT_R | TBeNB04:TBeNB04:99904414” (於活動列表中刪除 CBSD 的序號)
預期測試結果	藉由指令刪除 CBRS 單元後，可以藉由 cbrs list all 指令確定該 CBRS 單元是否已不再活動列表中
測試時間	20200430

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 CBSD 有正確從 CBRS 群組中移除



1. 以指令查詢確認 CBRS 群組中有三個 CBSD

```
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs list all
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904314
TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904324
```

2. 以指令輸入從查詢 CBSD 群組中移除一個 CBSD 後，以指令查詢確認 CBSD 有正確從 CBRS 群組中，該 CBRS 群組內僅剩 2 個 CBSD。

```
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs remove
"TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414"

TBAPT_R|TBeNB04:TBeNB04:99904414
[efrelee@tbenm-dep001-scp-0(tbenmapachel) ~]$ cbrs list all
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904314
TBAPT_R|TBeNB03:TBeNB03:99904324
```

十二、 SAS 對於 PAL 和 GAA 授予請求的管理

- 測試項目說明

測試項目	TC_FT_01
描述	對於 PAL 和 GAA 授權請求的管理
目的	驗證 PAL CBSD 比 GAA CBSD 具有優先權
分析工具	1. Domain Proxy log 2. SAS Portal

測試前提	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. GAA CBSD 序號：CF86993592(indoor) 4. PAL CBSD 序號：E39000KSF(outdoor)之坐標落於 PPA 區域內
測試前提說明	1. 頻寬：10MHz/20Mhz(視 SAS 控制授權而定) CBSD 初始設定： (a) GAA：3570MHz – 3590MHz (b) 經緯度：25.06794, 121.59415 2. PPA 設定： (a) 經緯度：25.06794, 121.59415 (b) 頻段：3570-3590MHz 3. GWPZ 初始設定： (a) 經緯度：25.06794, 121.59415 (b) 頻段 1：3550-3570MHz (c) 頻段 2：3590-3700MHz 4. CPAS 參數設定： (a) T1：T(開始執行 CPAS) (b) T2：T+1mins (c) T3：T+3mins 5. 心跳間隔設定 Heartbeat interval：120 秒 6. CBSD 初始功率： (a) GAA CBSD：100 mWatts (b) PAL CBSD：5 Watts
測試過程	1. 清除 CBSD CF86993592 & E390000KSF 過往 Grant 紀錄 2. 註冊 GAA CBSD 並確認是否取得 3570 – 3590MHz 3. 使用相同經緯度位置註冊 PAL CBSD 並確認是否取得 3570-3590MHz 4. 由 SAS 端加入 PPA 5. 由 SAS 端執行 CPAS 6. GAA CBSD 無法使用原始頻道(3570 – 3590MHz)
預期測試結果	確認 GAA CBSD 無法繼續使用原始頻道(3570 – 3590MHz)，且由後續註冊的 PAL CBSD 取得 GAA CBSD 原始註冊的頻道(3570 – 3590MHz)

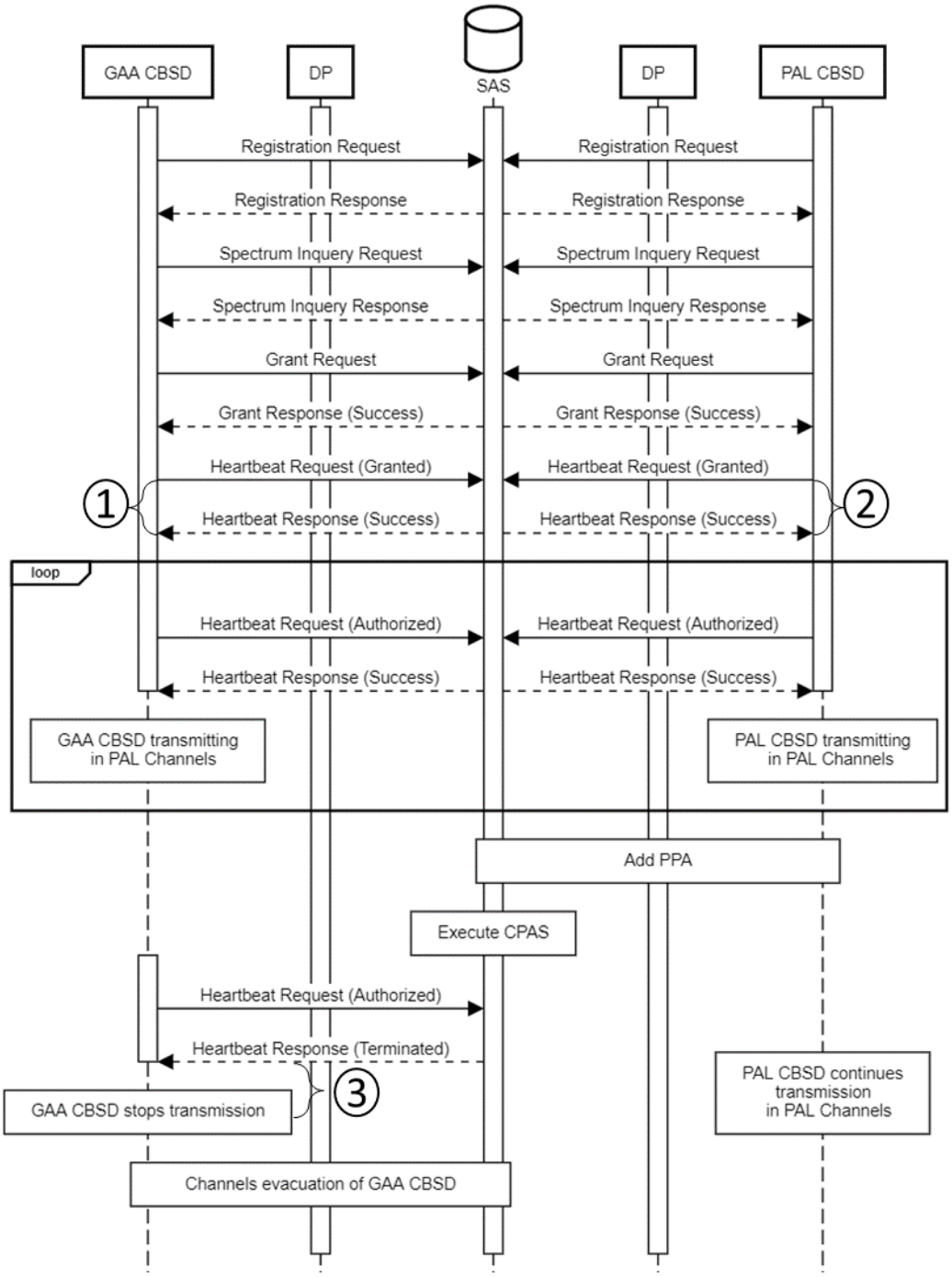
測試時間	20200526

- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD 註冊成功並在 3570 – 3590 MHz 是 AUTHORIZED 的狀態
2	確認 PAL CBSD 註冊成功並在 3570 – 3590 MHz 是 AUTHORIZED 的狀態
3	確認 SAS 端加入 PPA 且執行 CPAS 後 GAA CBSD 在 Heartbeat Response 收到代號 501，無法繼續使用 PAL 的頻道

TC_FT_01

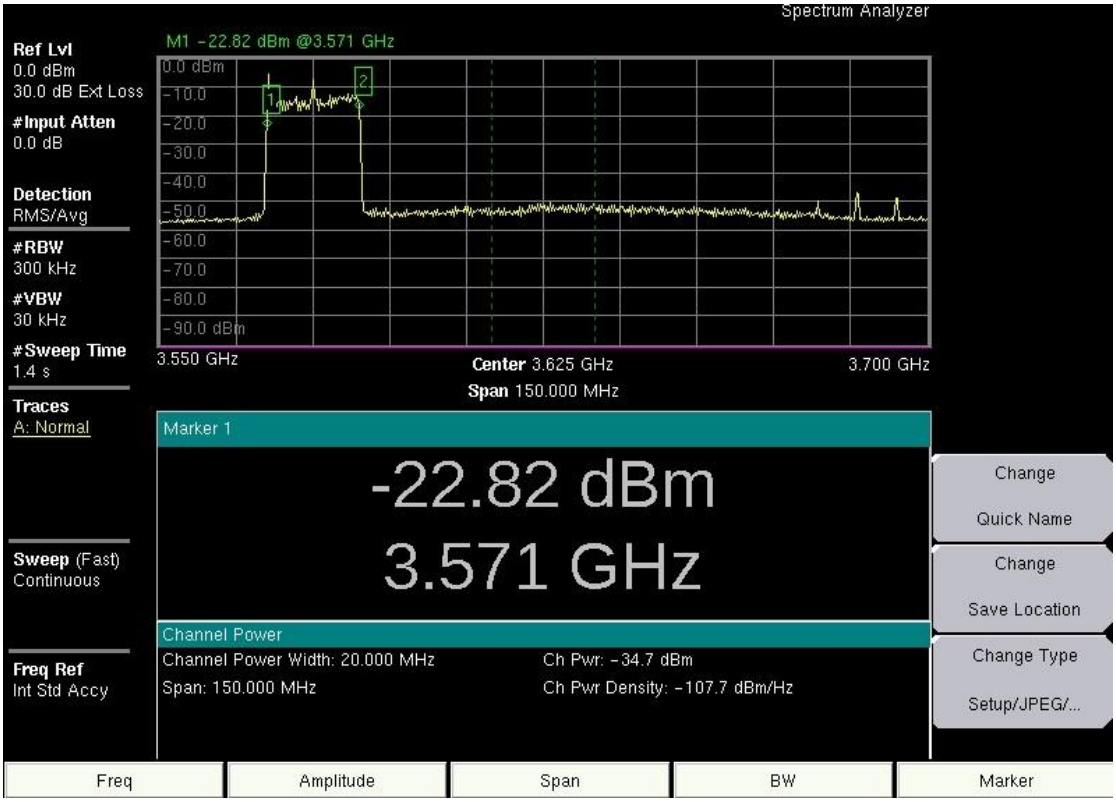

GAA CBSD
DP
SAS
DP
PAL CBSD
Registration Request
Registration Request
Registration Response
Registration Response
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Response
Spectrum Inquery Response
Grant Request
Grant Request
Grant Response (Success)
Grant Response (Success)
Heartbeat Request (Granted)
Heartbeat Request (Granted)
1
2
Heartbeat Response (Success)
Heartbeat Response (Success)
loop
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Response (Success)
Heartbeat Response (Success)
GAA CBSD transmitting in PAL Channels
PAL CBSD transmitting in PAL Channels
Add PPA
Execute CPAS
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Response (Terminated)
3
GAA CBSD stops transmission
PAL CBSD continues transmission in PAL Channels
Channels evacuation of GAA CBSD

1. 確認 GAA CBSD（CF86993592）註冊成功並取得頻率 3570 – 3590MHz

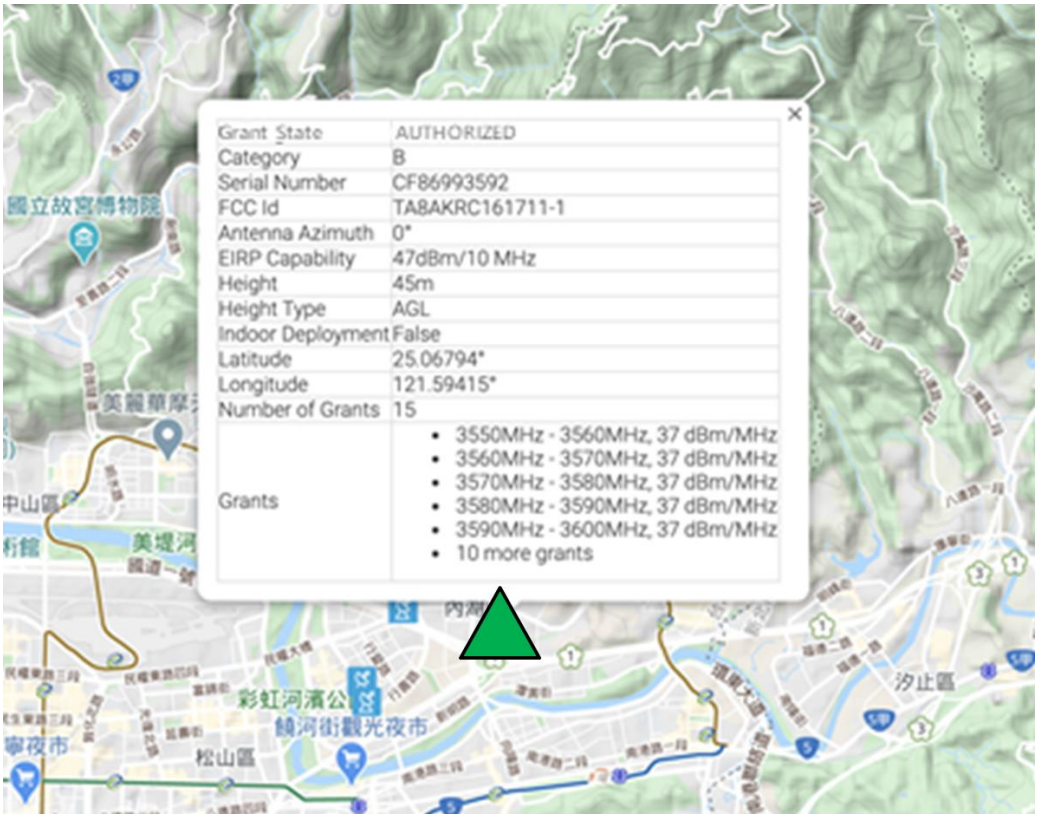
```
 2020-05-26 10:53:26,516 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 30) Sending rest request:
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  } ]
 }
}
2020-05-26 10:54:55,543 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 26) Received json response
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:57:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
```

```
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:57:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
}
}
```


下圖顯示 GAA CBSD 在 3570-3590 MHz 發射 RF 訊號。



下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD（綠色三角形）註冊於臺北市內湖區，並獲 SAS 授權發射功率。



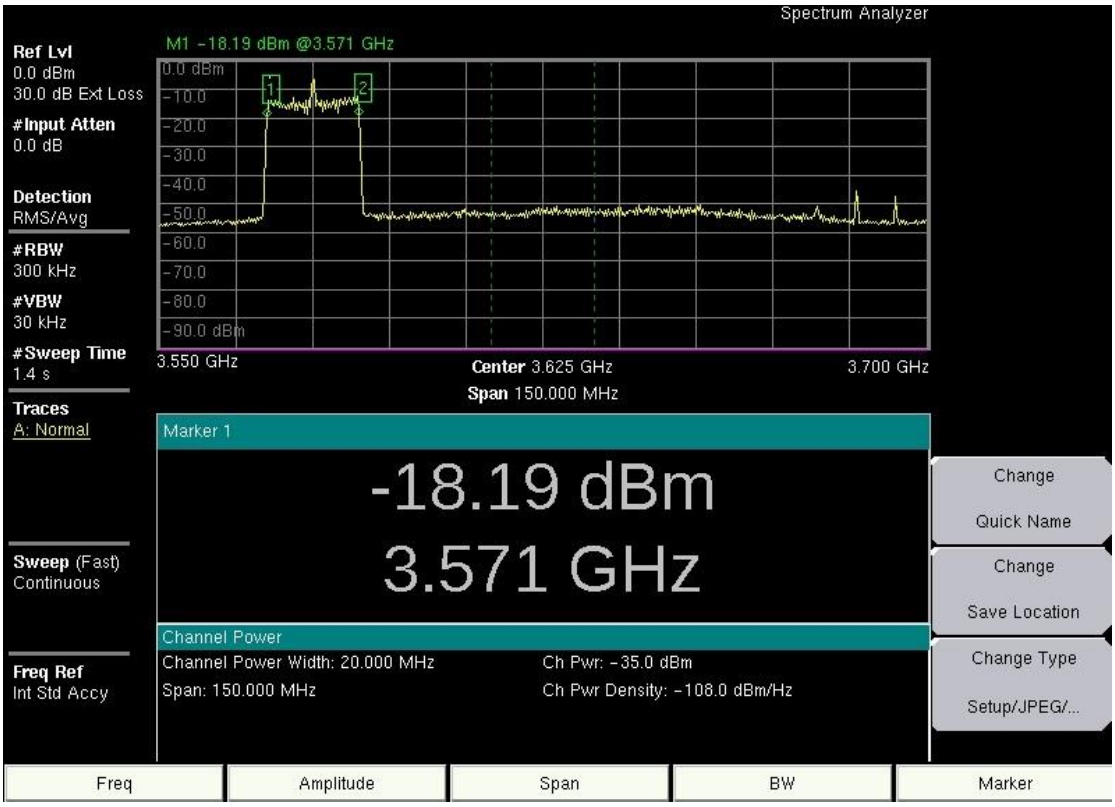
2. 確認 PAL CBSD（E390000KSF）註冊成功並取得頻率 3570 – 3590MHz

```
2020-05-26 10:56:56,354 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 13) Sending rest req
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3580-3590-94",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3570-3580-94",
```

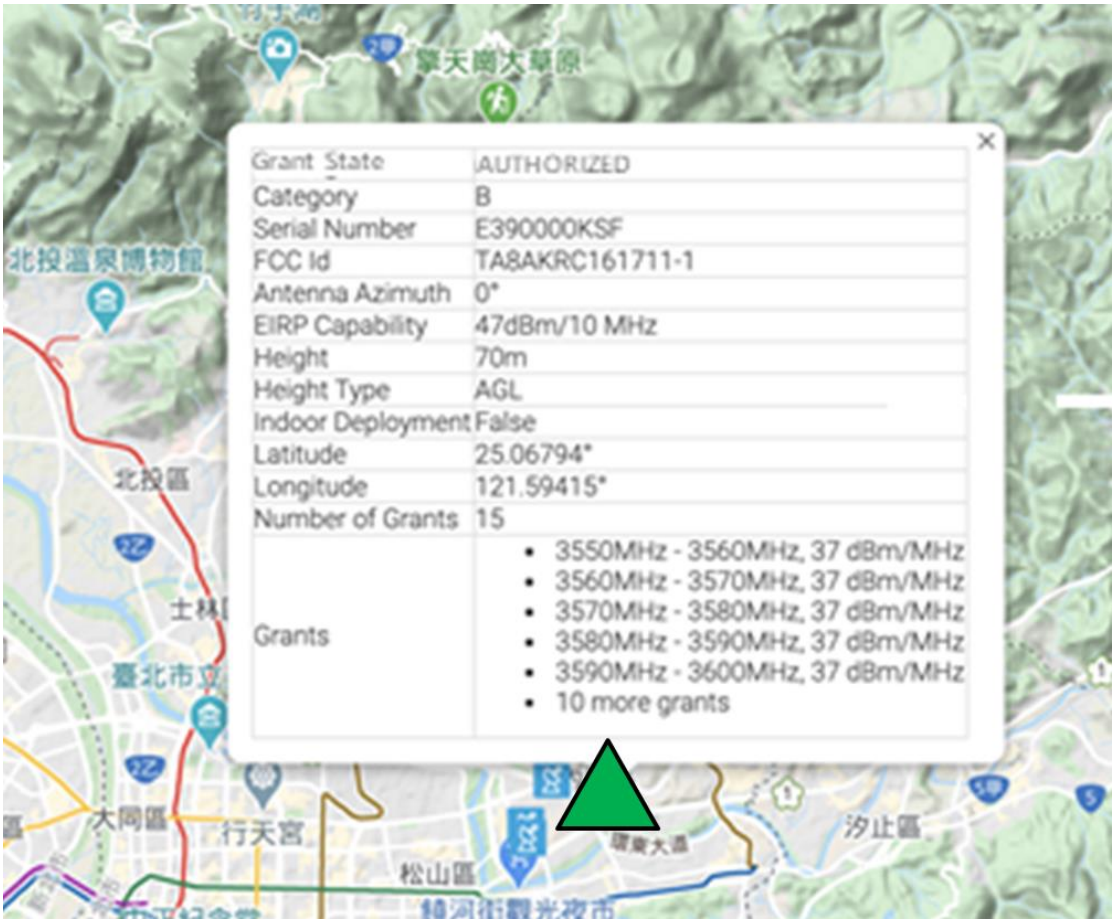
```
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  } ]
 }
}
2020-05-26 10:58:35,400 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 7) Received json resp
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3580-3590-94",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T03:00:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:33:52Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3570-3580-94",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T03:00:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:33:52Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
```

```
    }
  } ]
}
}
```

下圖顯示 PAL CBSD 在 3570-3590 MHz 發射 RF 訊號。



下圖說明 SAS 圖資顯示 PAL CBSD (綠色三角形)註冊於臺北市內湖區，並獲 SAS 授權發射功率



3. 確認 SAS 端加入 PPA 且執行 CPAS 後收到 HeartbeatResponses =500，代表 GAA CBSD（CF86993592）無法繼續使用 PAL（3570-3590 MHz）的頻道

```
2020-05-26 10:54:56,479 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 30) Received json response
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:54:56Z",
```

```
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 500,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:54:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 500,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
 }
}
```

下圖顯示，SAS 圖資顯示加入 PPA 設定後(灰色多邊形)，GAA CBSD 被終止 (橙色三角形)



十三、 SAS 對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理

- 測試項目說明

測試項目	TC_FT_02
描述	對於 PAL 和 GAA 授權請求的進階管理
目的	驗證 SAS 將授權 GAA CBSD 非 PAL 的其他通道
分析工具	1. Domain Proxy log 2. SAS Portal
測試前提	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. GAA CBSD 序號：CF86993592(indoor) 4. PAL CBSD 序號：E39000KSF(outdoor)
測試前提說明	1. 頻寬：10MHz/20Mhz(視 SAS 控制授權而定) CBSD 初始設定： (a) GAA：3570MHz – 3590MHz (b) 經緯度：25.06794, 121.59415 2. PPA 設定：

	(a) 經緯度：25.06794, 121.59415 (b) 頻段：3570-3590MHz 3. GWPZ 初始設定： (a) 經緯度：25.06794, 121.59415 (b) 頻段 1：3550-3570MHz (c) 頻段 2：3590-3700MHz 4. CPAS 參數設定： (a) T1：T(開始執行 CPAS) (b) T2：T+1mins (c) T3：T+3mins 5. 心跳間隔設定 Heartbeat interval：120 秒 6. CBSD 初始功率： (a) GAA CBSD：100 mWatts (b) PAL CBSD：5 Watts
測試過程	1. 清除 CBSD CF86993592 & E390000KSF 過往 Grant 紀錄 2. 註冊 GAA CBSD 並確認是否取得 3570 – 3590MHz 3. 使用相同經緯度位置註冊 PAL CBSD 並確認是否取得 3570-3590MHz 4. 由 SAS 端加入 PPA 5. 由 SAS 端執行 CPAS 6. 確認 GAA CBSD 無法繼續使用 PAL 的頻道 7. 再次註冊 GAA CBSD 並確認，SAS 端會分配其他頻道(非 PAL)給 GAA CBSD 使用
預期測試結果	SAS 端加入 PPA 且執行 CPAS 後，GAA CBSD 無法繼續使用 PAL 的頻道，而且再次註冊 GAA CBSD，SAS 端會分配其他頻道(非 PAL)給 GAA CBSD 使用
測試時間	20200526

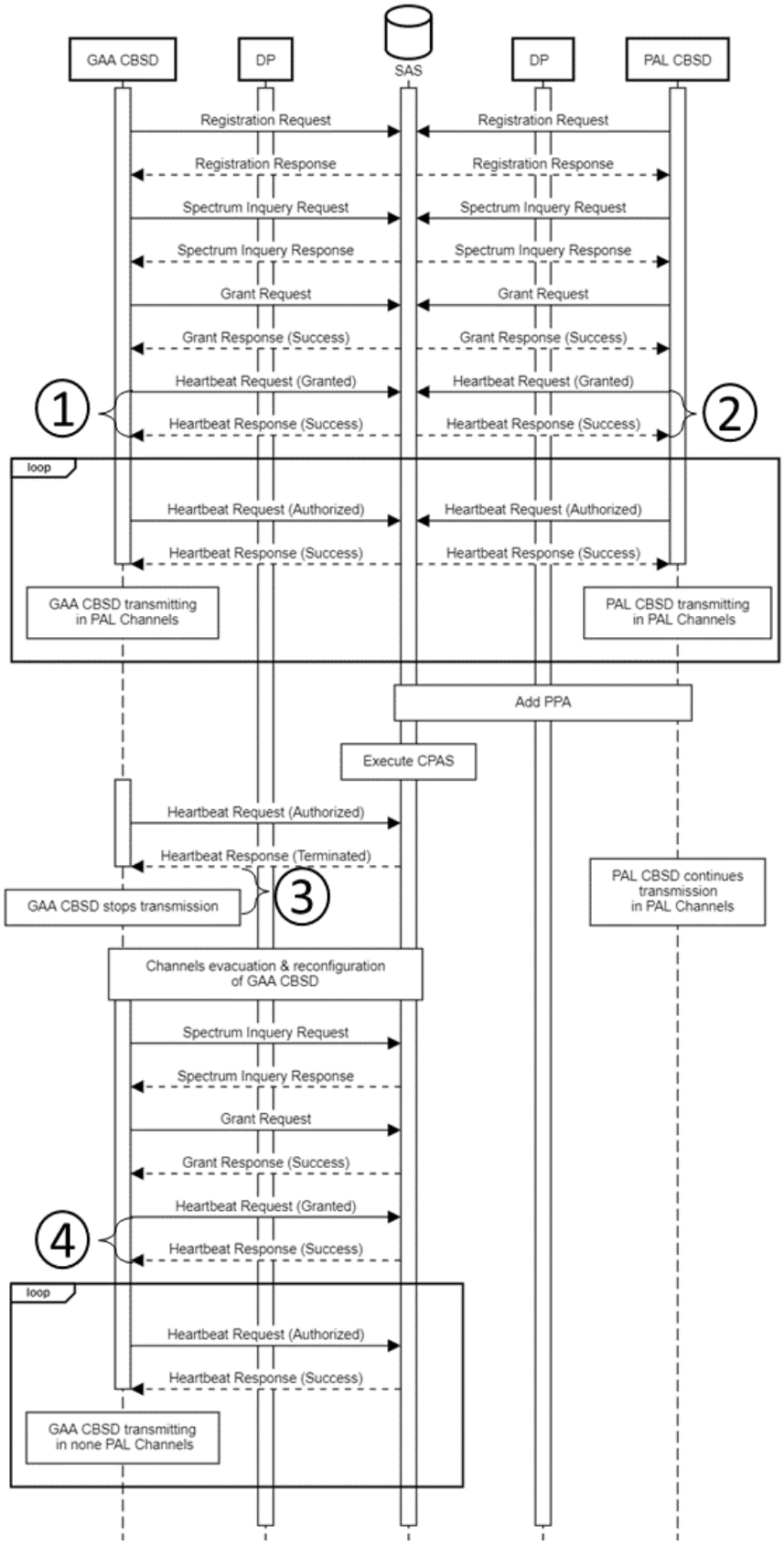
- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD 註冊成功並取得頻率 3570 – 3590MHz
2	確認 PAL CBSD 註冊成功並取得頻率 3570 – 3590MHz

3	確認 SAS 端加入 PPA 且執行 CPAS 後 GAA CBSD 無法繼續使用 PAL 的頻道
4	確認 SAS 端會分配其他頻道(非 PAL)給 GAA CBSD 使用

TC_FT_02

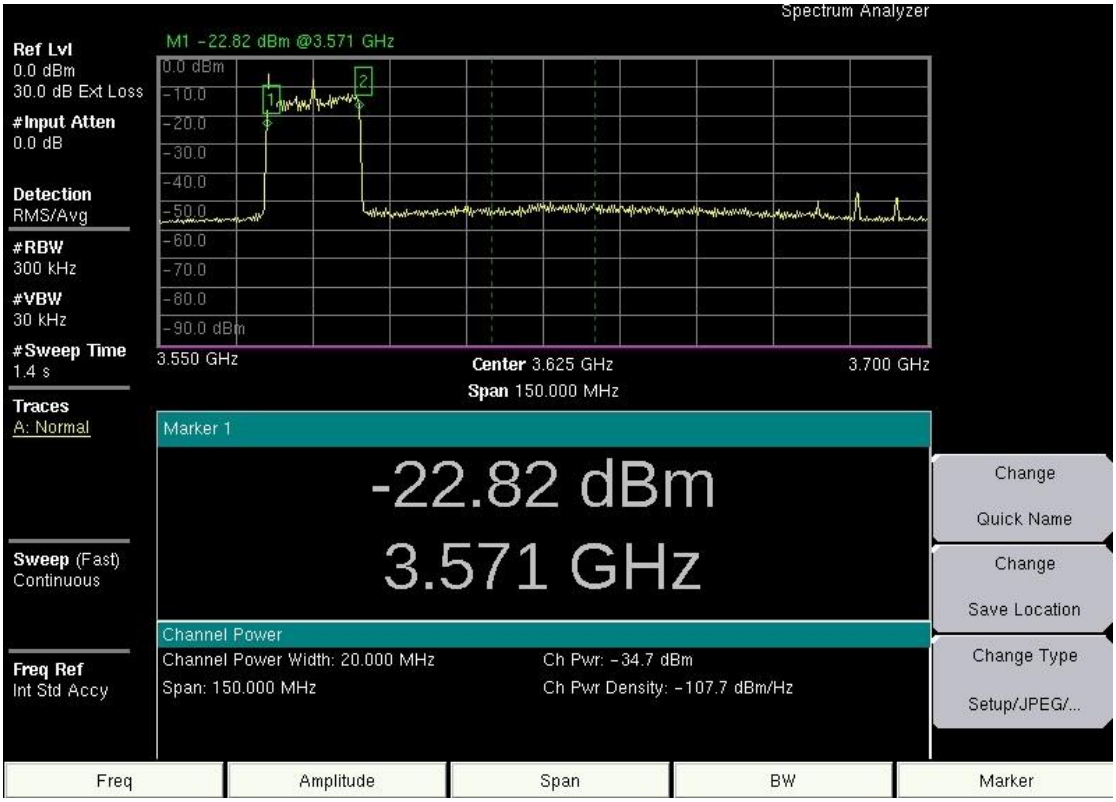

GAA CBSD
DP
SAS
DP
PAL CBSD
Registration Request
Registration Request
Registration Response
Registration Response
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Response
Spectrum Inquery Response
Grant Request
Grant Request
Grant Response (Success)
Grant Response (Success)
Heartbeat Request (Granted)
Heartbeat Request (Granted)
1
2
Heartbeat Response (Success)
Heartbeat Response (Success)
loop
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Response (Success)
Heartbeat Response (Success)
GAA CBSD transmitting in PAL Channels
PAL CBSD transmitting in PAL Channels
Add PPA
Execute CPAS
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Response (Terminated)
PAL CBSD continues transmission in PAL Channels
GAA CBSD stops transmission
3
Channels evacuation & reconfiguration of GAA CBSD
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Response
Grant Request
Grant Response (Success)
Heartbeat Request (Granted)
4
Heartbeat Response (Success)
loop
Heartbeat Request (Authorized)
Heartbeat Response (Success)
GAA CBSD transmitting in none PAL Channels

1. 確認 GAA CBSD（CF86993592）註冊成功並取得頻率 3570 ~3590MHz

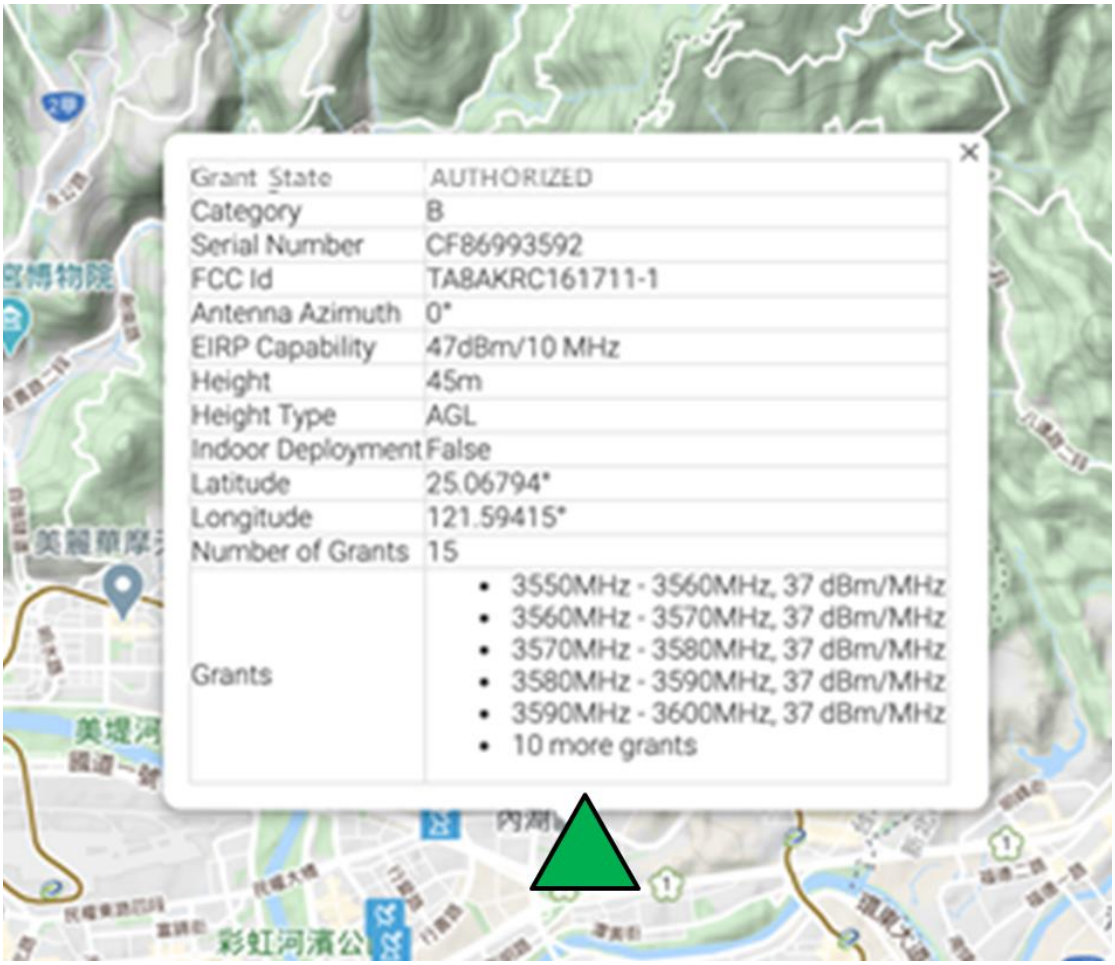
```
2020-05-26 10:53:26,516 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 30) Sending rest request:
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  } ]
 }
}
2020-05-26 10:54:55,543 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 26) Received json response
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:57:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
```

```
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:57:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
}
}
```


下圖說明 GAA CBSD 在 3570-3590 MHz 發射 RF 訊號。



下圖顯示 SAS 圖資顯示 GAA CBSD (綠色三角形)註冊於臺北市內湖區，並獲 SAS 授權發射功率。



2. 確認 PAL CBSD (E390000KSF)註冊成功並取得頻率 3570 – 3590MHz

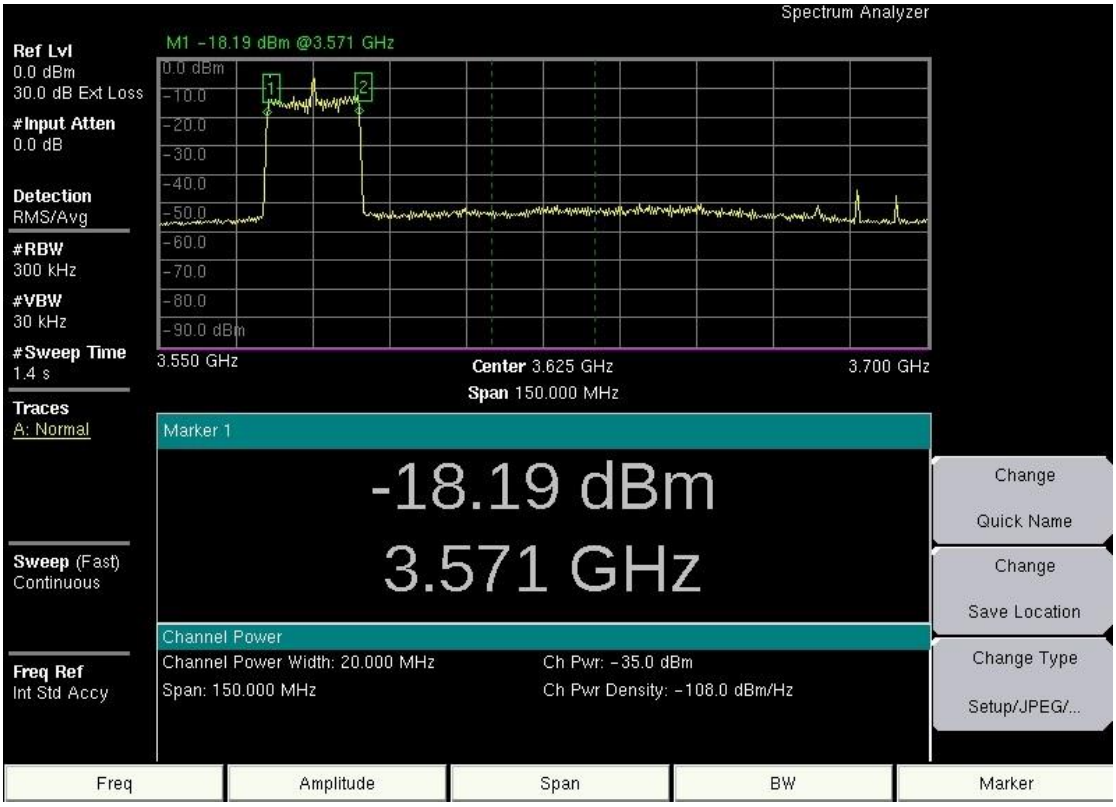
```
2020-05-26 10:56:56,354 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 13) Sending rest req
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3580-3590-94",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
```

```
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3570-3580-94",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  } ]
 }
}

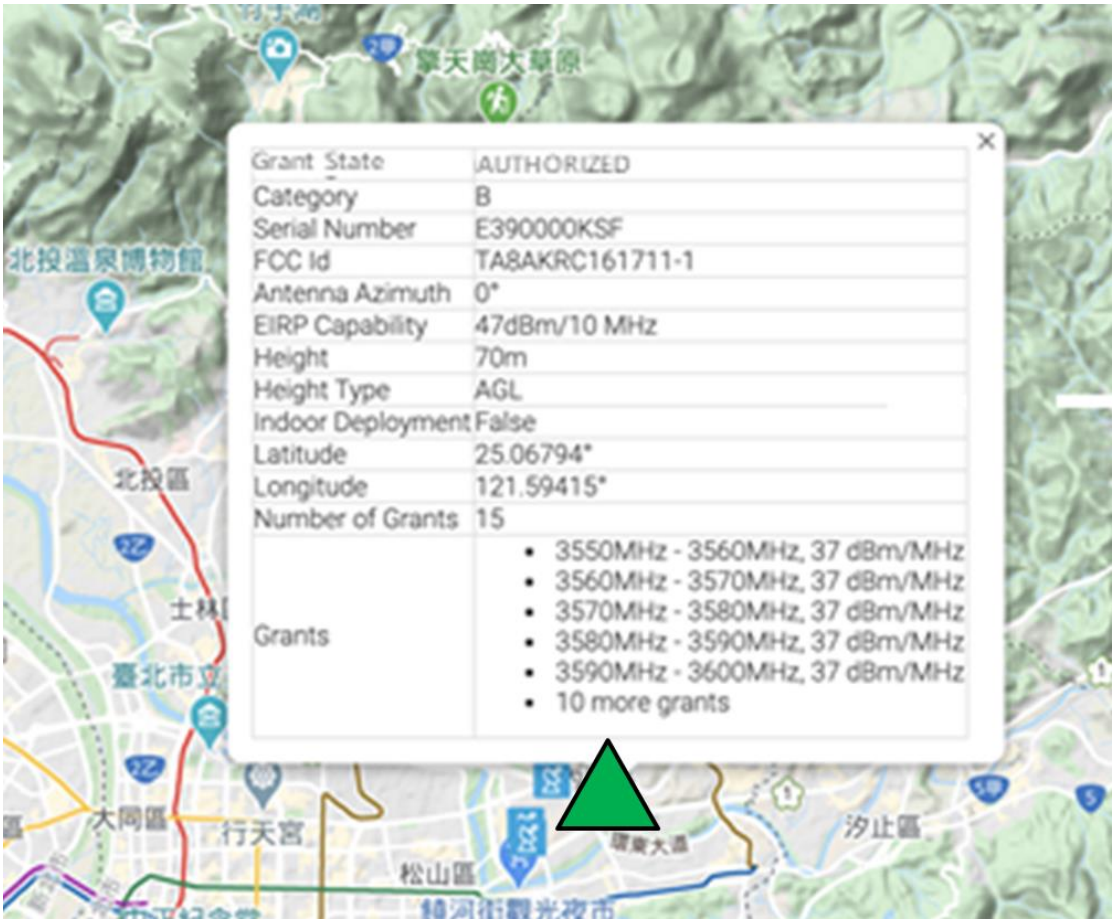
2020-05-26 10:58:35,400 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 7) Received json resp
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3580-3590-94",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T03:00:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:33:52Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/E390000KSF",
   "grantId" : "3570-3580-94",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T03:00:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:33:52Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
```

```
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
}
}
```


下圖說明 GAA CBSD 在 3570-3590 MHz 發射 RF 訊號。



下圖說明 SAS 圖資顯示 PAL CBSD（綠色三角形）註冊於臺北市內湖區，並獲 SAS 授權發射功率。



3. 確認 SAS 端加入 PPA 且執行 CPAS 後收到 responseCode=500 代表 GAA CBSD (CF86993592)無法繼續使用 PAL 的頻道 (3570 – 3590MHz)

```
2020-05-26 10:54:56,479 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 30) Received json response
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3570-3580-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:54:56Z",
```

```
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 500,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3580-3590-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:54:56Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:28:42Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 500,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
 }
}
```


下圖說明 SAS 圖資顯示加入 PPA 設定後（灰色多邊形），GAA CBSD 被終止（橙色三角形）



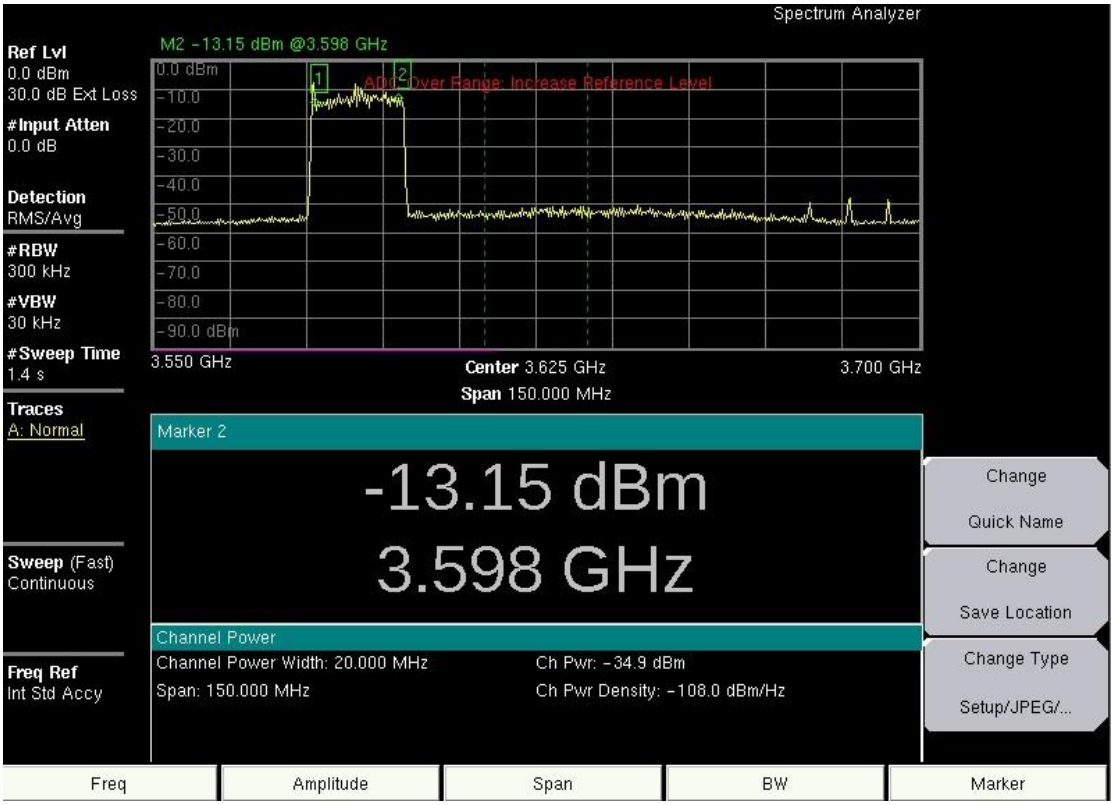
4. 確認 SAS 端會分配其他頻道(非 PAL)3590-3610MHz 給 GAA CBSD (CF86993592)使用

```
2020-05-26 10:55:25,545 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 10) Sending rest request:
 "HeartbeatRequests" : {
  "heartbeatRequest" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3600-3610-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3590-3600-93",
   "operationState" : "AUTHORIZED"
  } ]
```

```
 }
}
2020-05-26 10:55:26,545 DEBUG
[com.ericsson.oss.mediation.dp.adapter.sas.rest.RestServiceBe
anJdk8] (EJB async - 10) Received json response
 "HeartbeatResponses" : {
  "heartbeatResponse" : [ {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3600-3610-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:59:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:55:04Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  }, {
   "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
   "grantId" : "3590-3600-93",
   "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:59:26Z",
   "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:55:05Z",
   "heartbeatInterval" : 120.0,
   "response" : {
    "responseCode" : 0,
    "responseMessage" : "success"
   }
  } ]
```

```
 }
}
```

下圖顯示 GAA CBSD 在 3590-3610 MHz (非 PAL 頻段)發射 RF 訊號。



十四、 SAS 對於提供 ST2 衛星 FSS 使用及對 CBRS 系統的影響

- 測試項目說明

測試項目	TC_FT_03
描述	SAS 對於提供 ST2 衛星 FSS 的使用及其對 CBRS 系統的影響
目的	驗證當 CBSD 與 FSS 站點之間的距離大於 40 km 且小於 150 km 時，FSS 對 CBSD 的影響
分析工具	1. Domain Proxy log

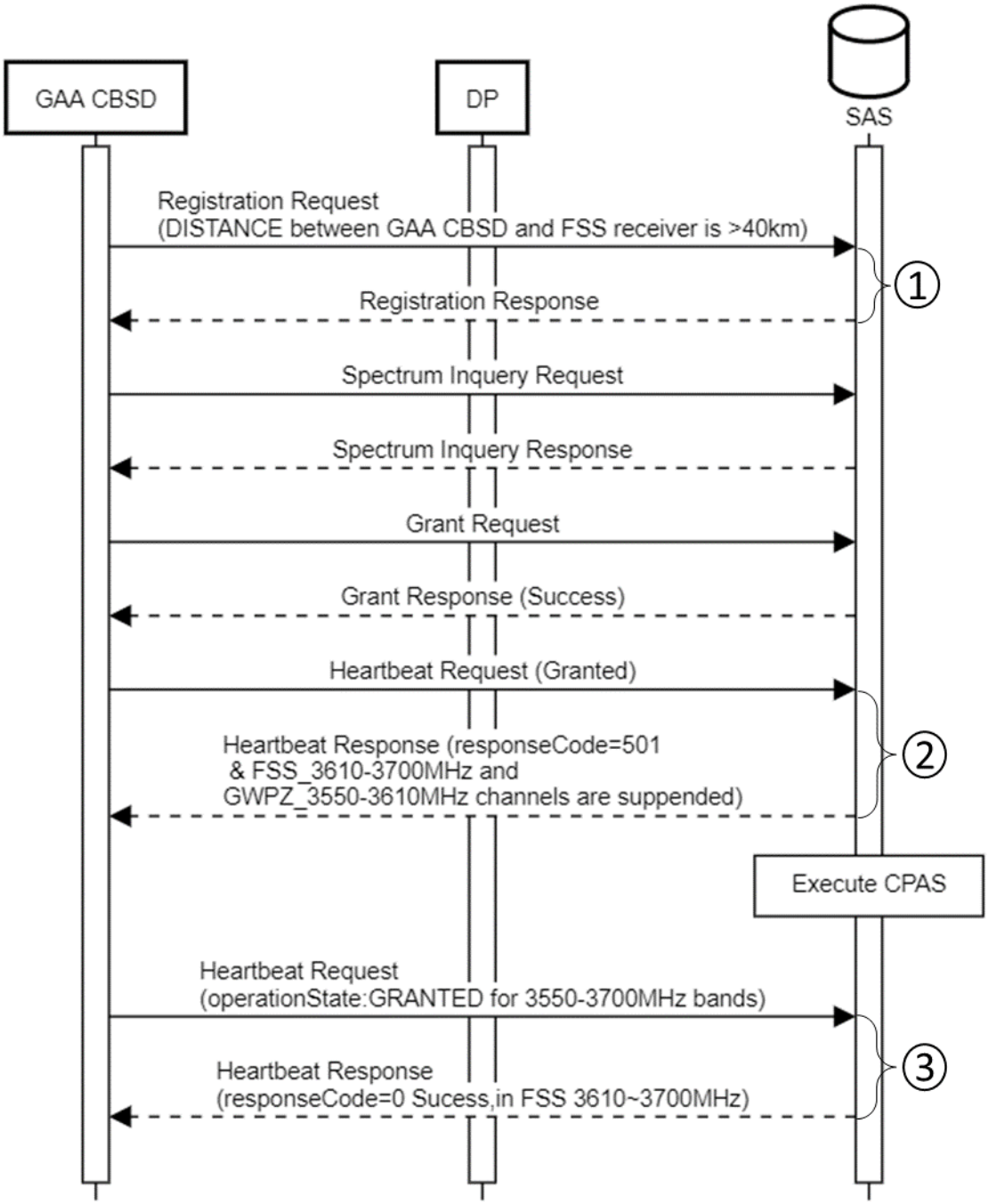
	2. SAS Portal
測試前提	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. GAA CBSD 序號：CF86993592(indoor) 4. FSS 位於經緯度 25.06794, 121.59415 附近，距離 62.896 公里
測試前提說明	1. 頻寬：10MHz/20Mhz(視 SAS 控制授權而定) CBSD 初始設定： (a) 經緯度：24.871735, 121.008904 2. FSS 設定: (a) 頻段：3610-3700MHz 3. GWPZ 初始設定： (a) 經緯度：24.871735, 121.008904 (b) 頻段：3550-3610MHz 4. CPAS 參數設定： (a) T1：T(開始執行 CPAS) (b) T2：T+1mins (c) T3：T+3mins 5. 心跳間隔設定 Heartbeat interval：120 秒 6. CBSD 初始功率： (a) GAA CBSD：5 Watts
測試過程	1. 清除 CBSD CF86993592 過往 Grant 紀錄 2. 將 GAA CBSD 註冊於距離 FSS 大於 40 且小於 150

	公里距離內 3. 確認 GAA CBSD 無法使用 PAL 頻道並且屬於 FSS 的頻道被 SAS 暫停使用 4. 由 SAS 執行 CPAS 5. 確認 CBSD 將在 CPAS 執行完畢後第一次心跳響應中成功取得 FSS 頻道 6. CBSD 在 FSS 頻段發射 RF 訊號
預期測試結果	SAS 端執行 CPAS 後，CBSD 由於距離 FSS 夠遠，CBSD 不會影響到 FSS，在 CPAS 過後的下一次心跳響應中成功取得 FSS 頻道授權，HeartBeat Response code=0
測試時間	20200526

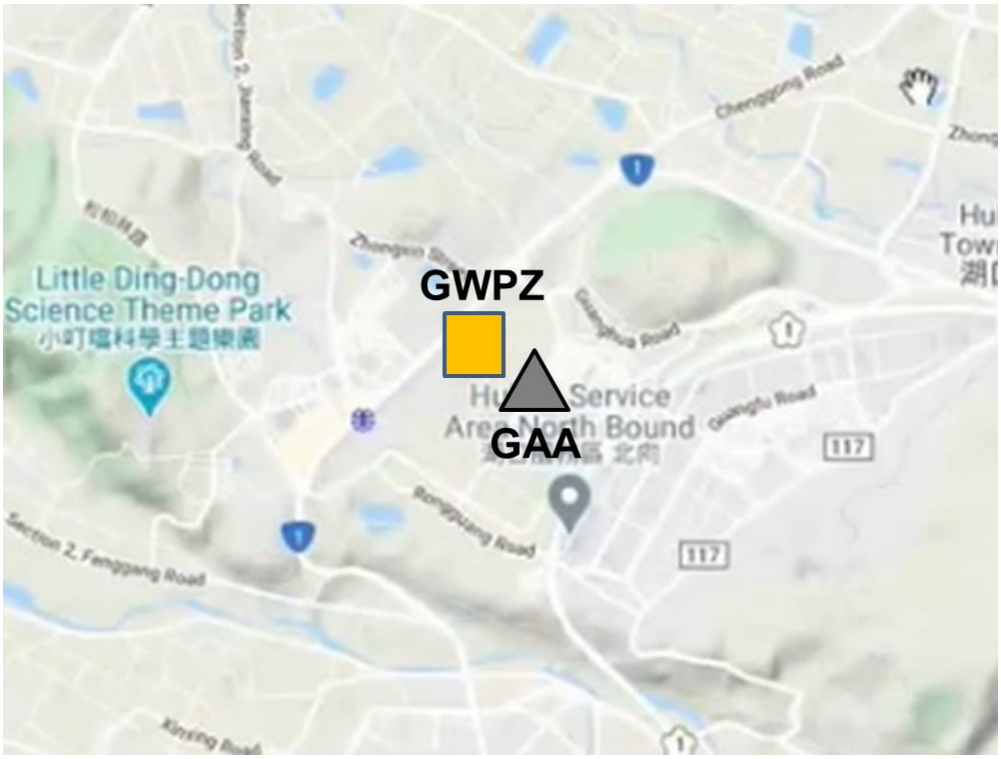
- 測試結果：成功
- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD 於距離 FSS 大於 40 且小於 150 公里距離內註冊成功
2	確認 GAA CBSD 無法使用 PAL 頻道並且暫停使用屬於 FSS 的頻道，暫停使用頻道 HeartBeat Response code=501
3	確認 SAS 端執行 CPAS 後，CBSD 由於距離 FSS 夠遠，CBSD 不會影響到 FSS，在 CPAS 過後的下一次心跳響應中成功取得 FSS 頻道，HeartBeat Response code=0

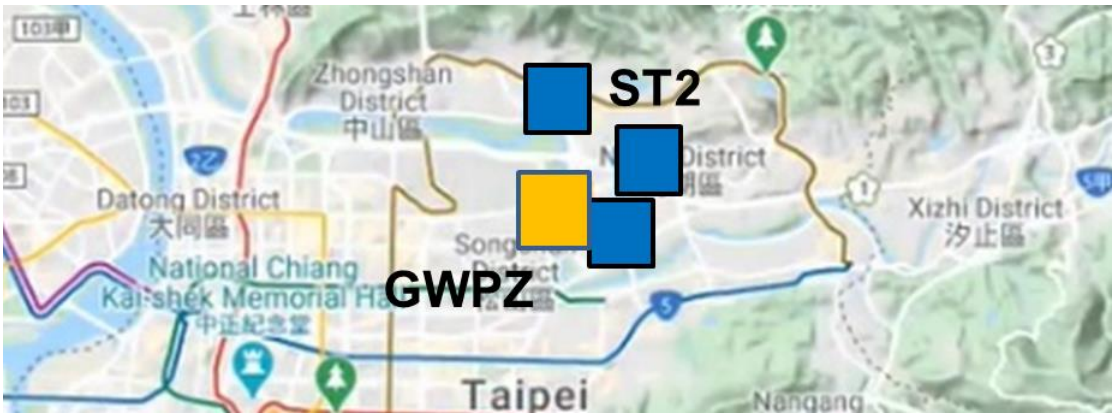
TC_FT_03


GAA CBSD
DP
SAS
Registration Request
(DISTANCE between GAA CBSD and FSS receiver is >40km)
Registration Response
①
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Response
Grant Request
Grant Response (Success)
Heartbeat Request (Granted)
Heartbeat Response (responseCode=501
& FSS_3610-3700MHz and
GWPZ_3550-3610MHz channels are suppended)
②
Execute CPAS
Heartbeat Request
(operationState:GRANTED for 3550-3700MHz bands)
Heartbeat Response
(responseCode=0 Sucess,in FSS 3610~3700MHz)
③

下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD（灰色三角形）註冊於新竹湖口，附近並有 GWPZ 設定（橙色正方形）。



下圖說明 SAS 圖資顯示臺北市內湖區有 ST2 衛星接收站三站（藍色正方形），附近並有 GWPZ 設定（橙色正方形）



1. 確認 GAA CBSD（CF86993592）於距離 FSS 大於 40 且小於 150 公里距離內收到 responseCode=0 代表註冊成功

```
2020-05-26 10:10:11,758 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 8) Received json response: {
 "registrationResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "measReportConfig" : [ "RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT" ]
 } ]
}
```

2. 確認 GAA CBSD（CF86993592）無法使用 GWPZ 頻道並且收到 responseCode= 501 代表暫停使用屬於 FSS 的頻道

```
2020-05-26 10:10:45,134 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 5) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3580-3590-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
```

```
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3670-3680-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 },{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3630-3640-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 },{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3570-3580-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
```

```
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3660-3670-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:40Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3620-3630-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
 "grantId" : "3690-3700-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3560-3570-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
```

```
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3650-3660-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:40Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3590-3600-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3550-3560-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
```

```
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3680-3690-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3640-3650-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:44Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3600-3610-92",
```

```
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:10:45Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
```


下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD 被暫停 (橙色三角形)



3. 確認 SAS 端執行 CPAS 後 GAA CBSD (CF86993592)能在心跳響應中收到 responseCode= 0 代表成功取得 FSS 頻道

```
2020-05-26 10:15:15,030 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 10) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3670-3680-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3630-3640-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3660-3670-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
```

```
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:40Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3620-3630-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {

 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3690-3700-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
```

```
}, {

 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3650-3660-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:40Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {

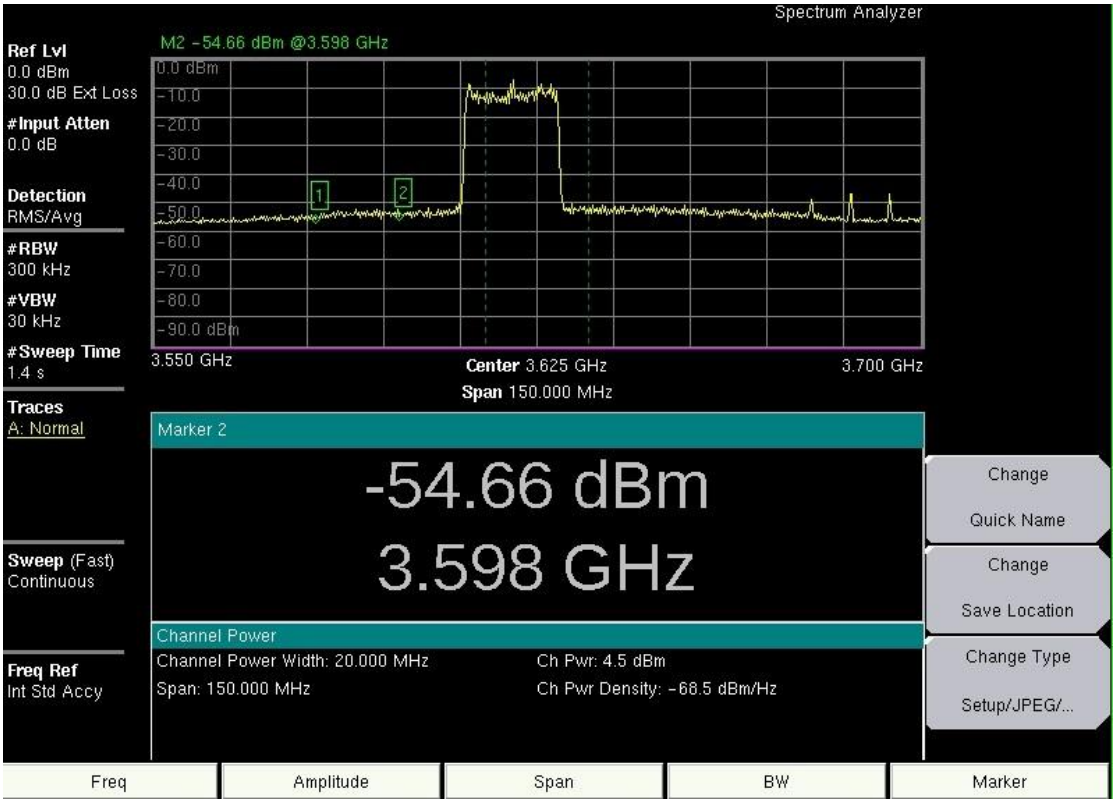
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3680-3690-92",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
```

```
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-92",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T02:15:14Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T02:10:39Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }]
}
```


下圖顯示 GAA CBSD 被 SAS 授權發射功率（綠色三角形）



下圖說明 GAA CBSD 在 FSS 頻段 3610-3630 MHz 發射 RF 訊號。



十五、 SAS 對現有干擾的管理

- 測試項目說明

測試項目	TC_FT_04
描述	SAS 對現有干擾的管理
目的	驗證當 CBSD 與 FSS 站之間的距離小於 40 km 時，SAS 將 CBSD 干擾計算到現有的 FSS 中，並要求 CBSD 降低發射功率以消除干擾
分析工具	1. Domain Proxy log 2. SAS Portal
測試前提	1. 基站由 ENM 所管理 2. 基站的 cbrsCell 屬性為”true” 3. GAA CBSD 序號：CF86993592(indoor) 4. FSS 位於經緯度 25.06794, 121.59415 附近
測試前提說明	1. 頻寬：10MHz/20Mhz(視 SAS 控制授權而定) CBSD 初始設定： (a) 經緯度：25.06794, 121.59415 2. FSS 設定:

	(a) 頻段：3610-3700MHz 3. PPA 初始設定： (a) 經緯度：25.06794, 121.59415 (b) 頻段：3550-3610MHz 4. CPAS 參數設定： (a) T1：T(開始執行 CPAS) (b) T2：T+1mins (c) T3：T+3mins 5. 心跳間隔設定 Heartbeat interval：120 秒 6. CBSD 初始功率： (a) GAA CBSD：5 Watts
測試過程	1. 清除 CBSD CF86993592 過往 Grant 紀錄 2. 將 GAA CBSD 註冊於距離 FSS 小於 40 公里距離內 3. 確認 GAA CBSD 無法使用 PAL 頻道並且屬於 FSS 的頻道被 SAS 暫停使用 4. 由 SAS 執行 CPAS 5. 確認是否從 SAS 端接收到建議 CBSD 降低功率以減少干擾 6. 手動調降 GAA CBSD 功率(須在第一個心跳響應間隔內(120 秒)完成功率調降)並重新註冊 CBSD 7. 確認調降功率後的 CBSD 是否可以成功取得 FSS 頻道授予 8. 調降功率後的 CBSD 取得 FSS 頻道
預期測試結果	手動調降功率並且重新註冊 CBSD 後，可於心跳響應中成功取得 FSS 頻道授權
測試時間	20200526

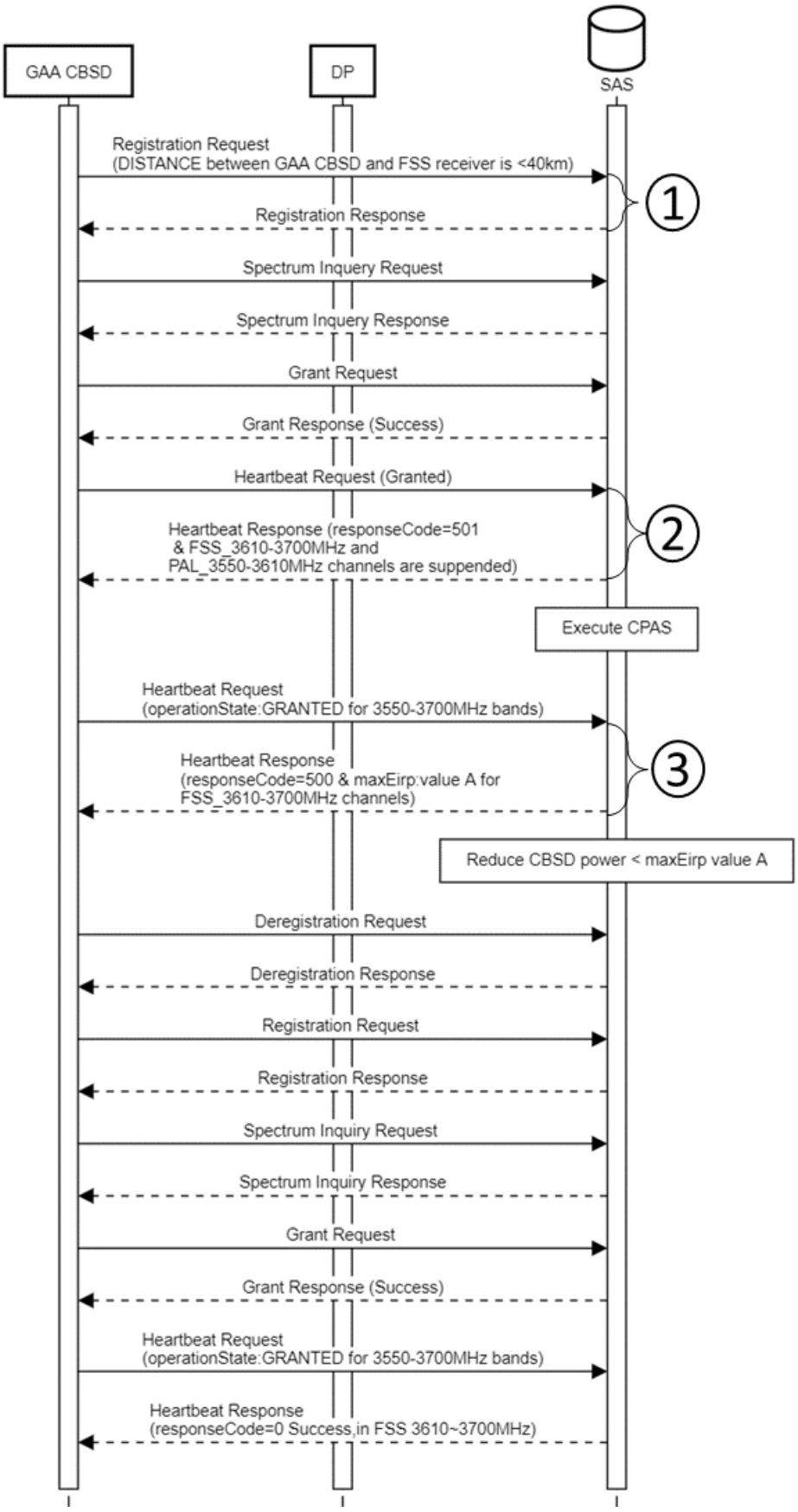
- 測試結果：成功

- 測試結果及訊息流程說明

步驟	說明
1	確認 GAA CBSD 於距離 FSS 小於 40 距離內註冊成功

2	確認 GAA CBSD 無法使用 PAL 頻道並且暫停使用屬於 FSS 的頻道
3	確認 SAS 端執行 CPAS 後 DP 接收建議調降 CBSD 功率訊息
4	確認手動調降功率並且重新註冊 CBSD 後可於心跳響應中成功取得 FSS 頻道授權

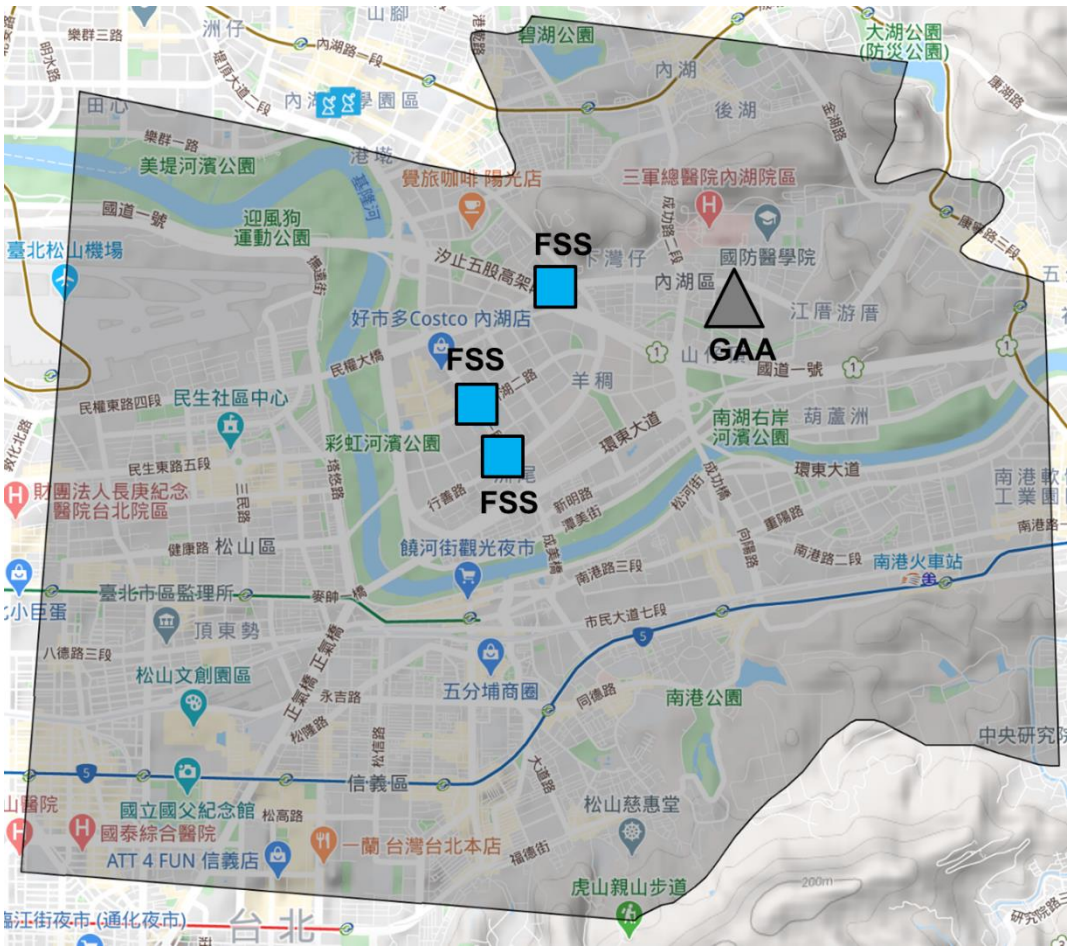
TC_FT_04


GAA CBSD
DP
SAS
Registration Request
(DISTANCE between GAA CBSD and FSS receiver is <40km)
Registration Response
1
Spectrum Inquery Request
Spectrum Inquery Response
Grant Request
Grant Response (Success)
Heartbeat Request (Granted)
Heartbeat Response (responseCode=501
& FSS_3610-3700MHz and
PAL_3550-3610MHz channels are suppended)
2
Execute CPAS
Heartbeat Request
(operationState:GRANTED for 3550-3700MHz bands)
Heartbeat Response
(responseCode=500 & maxEirp:value A for
FSS_3610-3700MHz channels)
3
Reduce CBSD power < maxEirp value A
Deregistration Request
Deregistration Response
Registration Request
Registration Response
Spectrum Inquiry Request
Spectrum Inquiry Response
Grant Request
Grant Response (Success)
Heartbeat Request
(operationState:GRANTED for 3550-3700MHz bands)
Heartbeat Response
(responseCode=0 Success,in FSS 3610~3700MHz)

1. 確認 GAA CBSD (CF86993592)於距離 FSS 小於 40 距離內收到 responseCode=0，代表註冊成功。

```
2020-05-26 09:20:14,850 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 8) Received json response: {
 "registrationResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  },
  "measReportConfig" : [ "RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT" ]
 } ]
}
```

下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD（灰色三角形）註冊於臺北市內湖區，附近並有 PPA 設定（灰色多邊形），及 ST2 衛星接收站三站（藍色正方形）



2. 確認 GAA CBSD (CF86993592)收到 responseCode= 501，代表無法使用 PAL 頻道(3550~3610MHz)並且暫停使用屬於 FSS 的頻道（3610~3700MHz）

```
2020-05-26 09:30:04,733 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 1) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3580-3590-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
```

```
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3670-3680-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3630-3640-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
```

```
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3570-3580-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3660-3670-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:40Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3620-3630-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
```

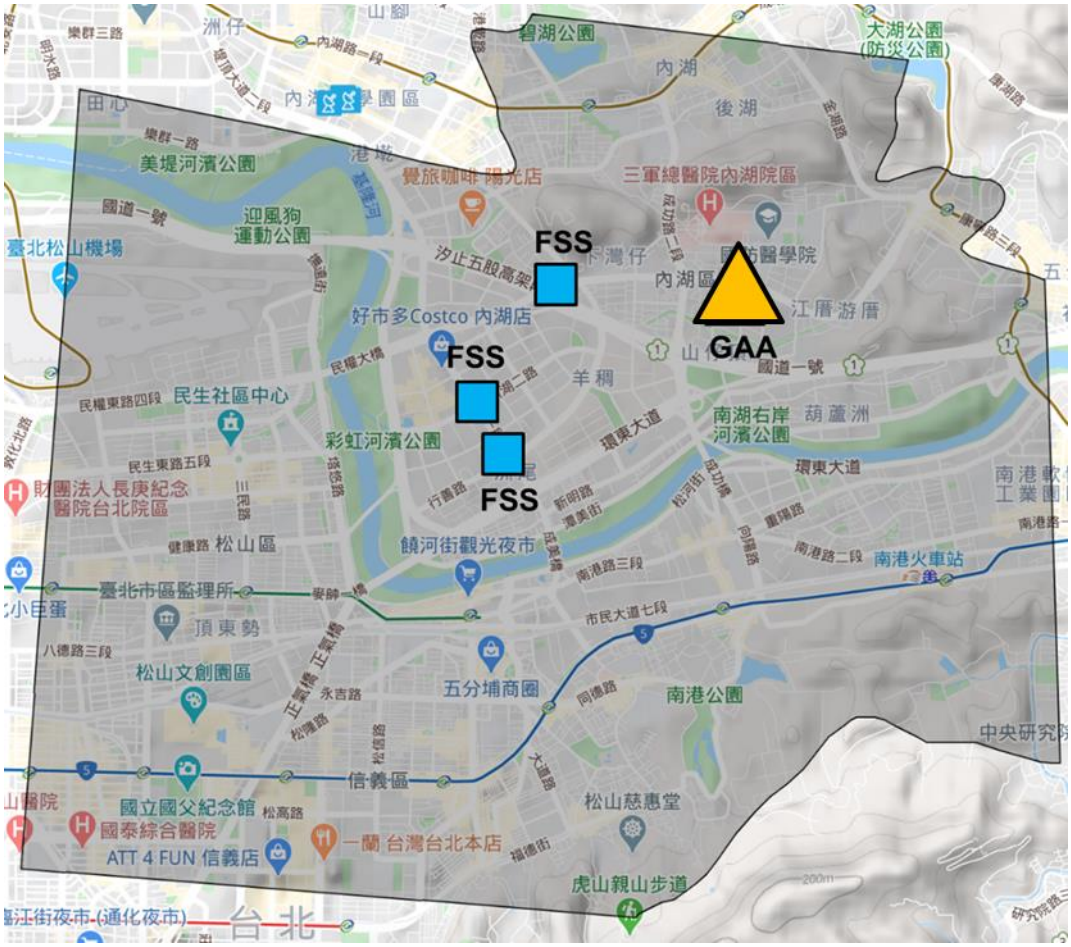
```
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3690-3700-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3560-3570-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3650-3660-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:40Z",
```

```
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3590-3600-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
 "grantId" : "3550-3560-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3680-3690-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3640-3650-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 501,
  "responseMessage" : "success"
```

```
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3600-3610-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:04Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 501,
   "responseMessage" : "success"
  }
 } ]
}
}
```

下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD 被暫停（橙色三角形



3. 確認 SAS 端執行 CPAS 後 GAA CBSD (CF86993592)收到 responseCode=500, 需調降 FSS 頻道 (3610～3700MHz) 中 GAA CBSD (CF86993592)功率的訊息

```
2020-05-26 09:30:24,829 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 10) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3670-3680-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
```

```
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "operationParam" : {
  "maxEirp" : 5.0,
  "operationFrequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3670000000,
   "highFrequency" : 3680000000
  }
 },
 "response" : {
  "responseCode" : 500,
  "responseMessage" : "success"
 }
}, {
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3630-3640-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
 "heartbeatInterval" : 60.0,
 "operationParam" : {
  "maxEirp" : 5.0,
  "operationFrequencyRange" : {
   "lowFrequency" : 3630000000,
   "highFrequency" : 3640000000
  }
 },
 "response" : {
  "responseCode" : 500,
```

```
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3660-3670-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:40Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3660000000,
    "highFrequency" : 3670000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3620-3630-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
```

```
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3620000000,
    "highFrequency" : 3630000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3690-3700-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3690000000,
    "highFrequency" : 3700000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
```

```
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3650-3660-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:40Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3650000000,
    "highFrequency" : 3660000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3610-3620-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3610000000,
    "highFrequency" : 3620000000
```

```
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3680-3690-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3680000000,
    "highFrequency" : 3690000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }, {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:30:24Z",
```

```
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:20:39Z",
  "heartbeatInterval" : 60.0,
  "operationParam" : {
   "maxEirp" : 5.0,
   "operationFrequencyRange" : {
    "lowFrequency" : 3640000000,
    "highFrequency" : 3650000000
   }
  },
  "response" : {
   "responseCode" : 500,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }
 } ]
}
```


4. 確認手動調降（設定為 100mW），並且重新註冊 GAA CBSD (CF86993592)收到 responseCode =0，代表可於心跳響應中成功取得FSS頻道（3610～3700MHz）授權，並且取得 3610-3630 MHz 的 FSS 頻道


```
2020-05-26 09:54:16,826 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 1) Received json response: {
 "registrationResponse" : [ {
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

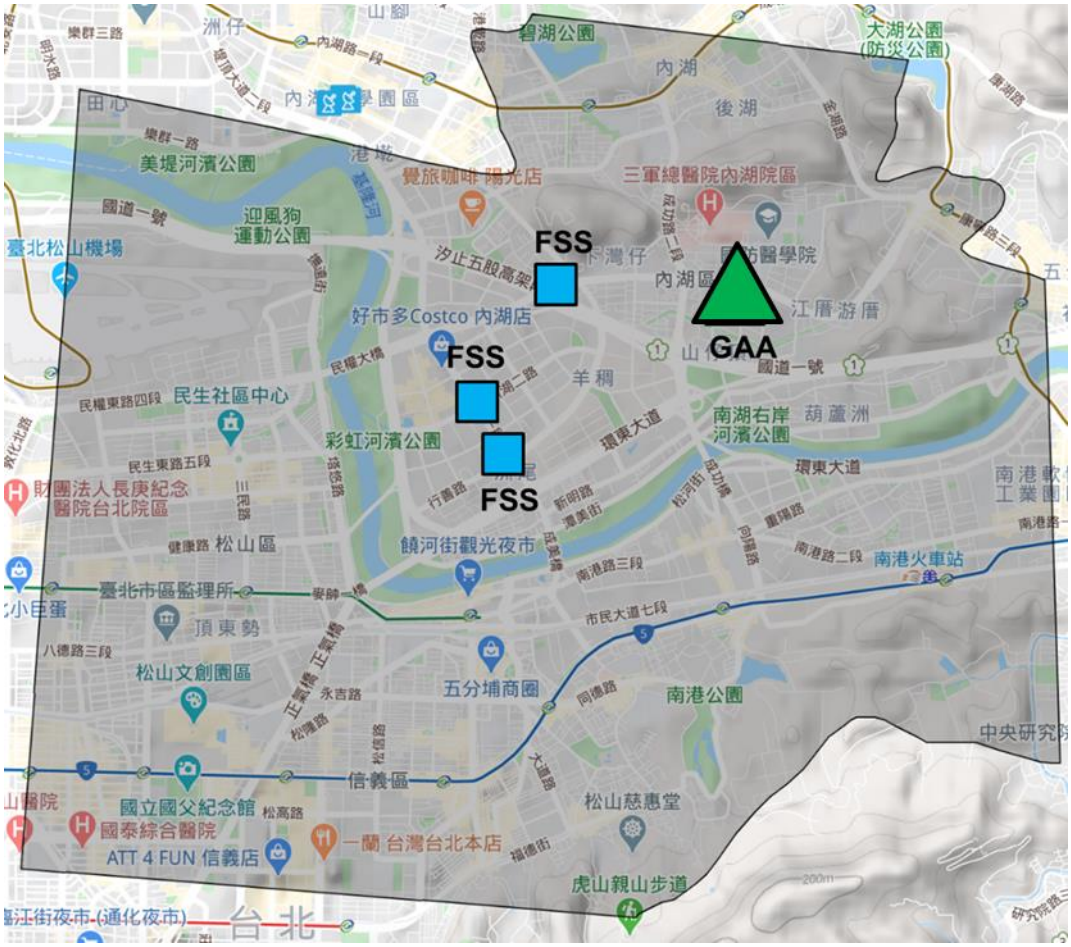
```
  "response" : {
   "
   "responseMessage" : "success"
  },
  "measReportConfig" : [ "RECEIVED_POWER_WITHOUT_GRANT" ]
 } ]
}
2020-05-26 09:54:51,061 DEBUG
[com.ericsson.oss.sas.beans.ProcessRestTimerServiceBean] (EJB
timerService - 6) Received json response: {
 "heartbeatResponse" : [
{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3670-3680-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 },{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3630-3640-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
```

```
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
},
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3660-3670-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:45Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3620-3630-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
```

```
 "grantId" : "3690-3700-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3650-3660-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:45Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
 }
},{
 "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
 "grantId" : "3610-3620-91",
 "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
 "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
 "heartbeatInterval" : 120.0,
 "response" : {
  "responseCode" : 0,
  "responseMessage" : "success"
```

```
  }
 },{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3680-3690-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 },{
  "cbsdId" : "TA8AKRC161711-1/CF86993592",
  "grantId" : "3640-3650-91",
  "transmitExpireTime" : "2020-05-26T01:58:50Z",
  "grantExpireTime" : "2020-11-22T01:54:44Z",
  "heartbeatInterval" : 120.0,
  "response" : {
   "responseCode" : 0,
   "responseMessage" : "success"
  }
 }
 } ]
}
```


下圖說明 SAS 圖資顯示 GAA CBSD 被 SAS 授權發射功率（綠色三角形）



下圖顯示已調降功率的 GAA CBSD 在 3610-3630 MHz 發射 RF 訊號


Spectrum Analyzer
Ref Lvl
-30.0 dBm
30.0 dB Ext Loss
Input Atten
0.0 dB
Detection
RMS/Avg
#RBW
300 kHz
#VBW
30 kHz
#Sweep Time
1.5 s
Traces
A: Normal
Sweep (Fast)
Continuous
Freq Ref
Int Std Accy
M2 -55.09 dBm @3.628 818 181 GHz
-30.0 dBm
-35.0
-40.0
-45.0
-50.0
-60.0
-65.0
-70.0
-75.0 dBm
3.548 090 909 GHz
Center 3.623 090 909 GHz
Span 150.000 MHz
3.698 090 909 GHz
Marker 2
-55.09 dBm
3.628 818 181 GHz
Channel Power
Channel Power Width: 20.000 MHz
Span: 150.000 MHz
Ch Pwr: -38.8 dBm
Ch Pwr Density: -111.8 dBm/Hz
Change
Quick Name
Change
Save Location
Change Type
Setup/JPEG/...
Freq
Amplitude
Span
BW
Marker

附錄七：臺灣地理資訊處理與應用

本附錄說明轉換臺灣地理圖資及衛星接收站資訊的檔案格式，成為 CommScope SAS 可以讀取及應用的處理過程。

第一節　SAS 使用圖資格式說明

依據 WInnForum 所訂規範 WINNF-TS-0112，SAS 應使用指定的電波傳播模型（Propagation Model）及地形數據來計算干擾影響。

SAS 使用的地形數據來自於美國地質調查局（United States Geological Survey, USGS）所提供的國家土地覆蓋資料庫（National Land Cover Database, NLCD），NLCD 精度為 1 弧秒像素（1 arc second pixel），換算成地圖影像解析度約為 30 公尺的圖資。

SAS 必須透過 NLCD 土地類別來決定區域類型屬於城市，郊區或鄉村。其作法為在每 1 弧秒像素的整個區域內採樣，並分配一個權重數值來求平均，將整個區域內所有像素（pixel）的值加總求平均，來決定該區域將被定義為城市、郊區或鄉村。

表 1: SAS 使用 NLCD 圖資決定城市、郊區、鄉村定義的權重表

NLCD Land Cover Class	Region *r*	Value Assigned for Averaging	Use this Region Type if Protection-Area-Wide Average Value is in the Range:
23 or 24	Urban	2	> 1 1/3
22	Suburban	1	[2/3, 1 1/3]
All others	Rural	0	< 2/3

資料來源：WINNF-TS-0112

在 SAS 初始認證階段，所用圖資僅包含地形資訊，尚未導入建築物等地物資料。未來，FCC 可能會再要求 SAS 增加額外的圖資需求（例如，建築物等地物）和土地覆蓋資料。

第二節　國土測繪中心國土利用資料簡介

目前臺灣沒有直接對應 NLCD 的圖資規格。為解決此一問題，本團隊先與 CommScope 的 SAS 團隊就如何提供符合 NLCD 格式的臺灣地理資訊進行研究及討論後，選定使用內政部國土測繪中心（National Land Surveying and Mapping Center, NLSC）的國土利用調查成果圖來進行格式轉換作業。

內政部國土測繪中心，以「國土測繪空間資料庫」為基礎，結合測繪圖資查詢申購等相關系統，建置了「國土測繪圖資e商城」，提供基本地形圖、國土利用調查成果圖、臺灣通用電子地圖、段籍圖、地籍圖、控制點、典藏地籍圖掃描影像等測繪成果。

國土測繪空間資料庫存管之圖資類別包括：臺灣通用電子地圖、國土利用調查成果圖、基本地形圖、地籍圖、段籍圖、平面控制點、高程控制點及重力測量點等。

國土利用現況調查成果係以土地使用區塊為主，以顏色及註記方式記載土地使用現況。其調查作業重點在於運用高解析航遙測影像，掌握國土利用現況，配合地籍圖、地形圖、主題圖等各式圖資，充實國土資訊系統與土地基本資料庫，以滿足各主管機關對國土管理之需求。

國土測繪中心辦理國土利用現況調查，依「土地利用分級分類系統表（陸域部分）」成果更新維護作業，其中第一級共分為 9 大類，第二級就第一級之劃分再細分 48 類、第三級則就第二級之架構再分為水田等 93 類。

本案使用國土測繪中心106年度國土利用調查測製範圍（臺灣地區五千分之一索引圖），作為 SAS 客製化圖資來源。地圖資料由一塊一塊網格（地圖塊）組合而成，每個地圖塊的比例為 1/5000，大小為 2500 m x 2500 m。如圖 13 所示。



圖 13: 國土測繪中心將臺灣地理資訊切割成比例為 1/5000 的地圖塊

資料來源：國土測繪中心

進行圖資轉換的區域範圍如圖 14 所示，經向國土測繪中心購買取得圖資共 186 幅，其範圍以北臺灣為主，充分涵蓋到臺北內湖及新竹湖口兩處本案使用之測試場域。

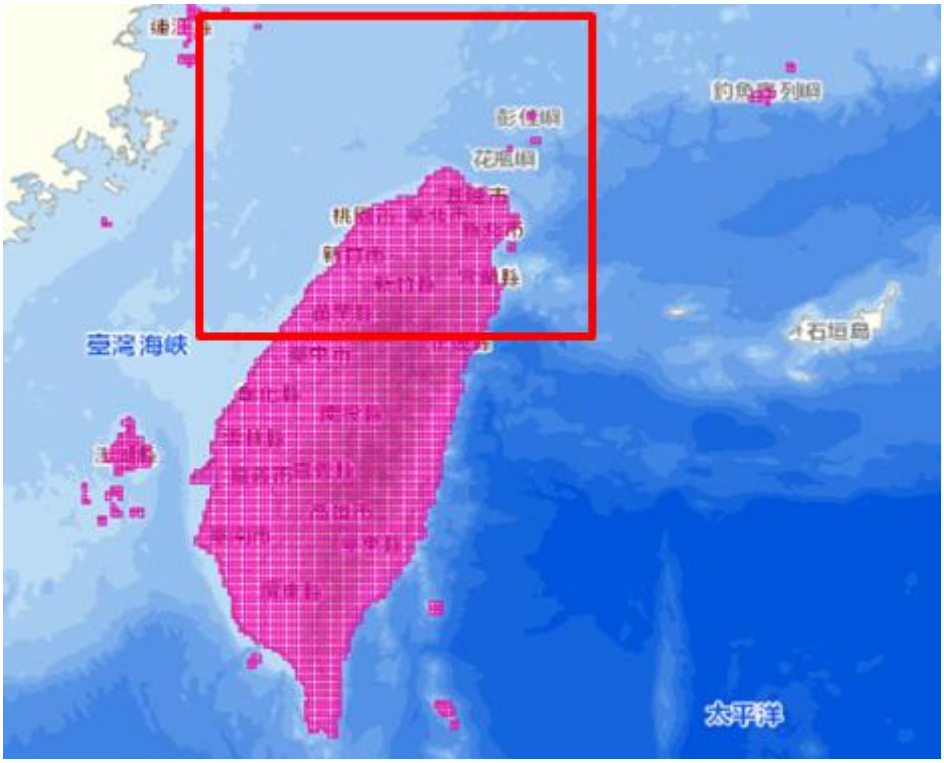


圖 14: 以測試場域決定圖資轉換之區域範圍

資料來源：本計畫製作

第三節　圖資轉換檔案格式過程

根據本案測試區域取得國土測繪中心所繪製的186幅圖資後，需以人工作業方式轉換為 NLCD 格式。國土測繪中心辦理國土利用現況調查地圖，依「土地利用分級分類系統表」，總共分為 9 大類。經以人工比對，轉換成 NLCD 土地劃分類型。

表 2: 我國土地利用分級分類與美國 NLCD 土地劃分類型對照表

類別代碼	類別名稱	R	G	B	色塊	NLCD 代碼	NLCD 類別
01	農業利用土地	152	230	0			
0101	水田	209	255	115		82	Cultivated Crops

010101	水稻田	171	220	97		82	Cultivated Crops
010102	其他水田	110	221	97		82	Cultivated Crops
0102	**旱田**	233	255	190		82	Cultivated Crops
010201	旱作	198	230	150		82	Cultivated Crops
010202	茶園	56	204	61		52	Shrub/Scrub
010203	雜作地	200	205	56		52	Shrub/Scrub
0103	**果園**	126	237	39		41	Deciduous Forest
010301	常綠果樹	99	192	59		42	Evergreen Forest
010302	落葉果樹	170	192	60		41	Deciduous Forest
010303	檳榔	142	169	68		42	Evergreen Forest
0104	**水產養殖**	138	255	218		11	Open Water
010400	水產養殖	138	255	218		11	Open Water
0105	**畜牧**	159	177	105		81	Pasture/Hay
010501	畜禽舍	112	134	79		81	Pasture/Hay
010502	牧場	147	203	62		81	Pasture/Hay
0106	**農業相關設施**	168	168	0		22	Developed, Low Intensity
010601	溫室	107	144	75		22	Developed, Low Intensity
010602	其他農業相關設施	77	101	57		22	Developed, Low Intensity
02	**森林利用土地**	90	194	0			
0201	**針葉林**	58	122	42		42	Evergreen Forest
020100	針葉林	58	122	42		42	Evergreen Forest
0202	**闊葉林**	56	168	0		41	Deciduous Forest
020200	闊葉林	56	168	0		41	Deciduous Forest

0203	**竹林**	79	190	15		42	Evergreen Forest
020300	竹林	79	190	15		42	Evergreen Forest
0204	**混淆林**	24	141	13		43	Mixed Forest
020401	針闊葉混淆林	44	124	10		43	Mixed Forest
020402	竹闊葉混淆林	74	162	37		43	Mixed Forest
020403	竹針葉混淆林	36	97	10		43	Mixed Forest
020404	竹針闊葉混淆林	35	81	16		43	Mixed Forest
0205	**灌木林**	122	186	101		52	Shrub/Scrub
020500	灌木林	122	186	101		52	Shrub/Scrub
0206	**其他森林利用土地**	58	81	23		43	Mixed Forest
020601	伐木跡地	193	169	71		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
020602	苗圃	44	199	70		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
020603	防火線	196	161	77		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
020604	土場	225	173	52		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
03	**交通利用土地**	255	85	0			
0301	**機場**	174	120	255		23	Developed, Medium Intensity
030100	機場	174	120	255		23	Developed, Medium Intensity
0302	**一般鐵路及相關設施**	255	110	255		23	Developed, Medium Intensity
030201	一般鐵路	233	119	210		23	Developed, Medium Intensity
030202	一般鐵路相關設施	176	87	158		23	Developed, Medium Intensity
0303	**高速鐵路及相關設施**	109	0	189		23	Developed, Medium Intensity
030301	高速鐵路	129	81	212		23	Developed, Medium Intensity
030302	高速鐵路相關設施	99	62	162		23	Developed, Medium Intensity

0304	**捷運及相關設施**	163	38	255		23	Developed, Medium Intensity
030401	捷運路線	148	78	239		23	Developed, Medium Intensity
030402	捷運相關設施	115	59	189		23	Developed, Medium Intensity
0305	**國道**	230	0	0		23	Developed, Medium Intensity
030500	國道	230	0	0		23	Developed, Medium Intensity
0306	**省道**	255	120	120		23	Developed, Medium Intensity
030600	省道	255	120	120		23	Developed, Medium Intensity
0307	**快速公路**	255	20	165		23	Developed, Medium Intensity
030700	快速公路	255	20	165		23	Developed, Medium Intensity
0308	**一般道路**	231	148	163		23	Developed, Medium Intensity
030800	一般道路	231	148	163		23	Developed, Medium Intensity
0309	**道路相關設施**	211	142	191		23	Developed, Medium Intensity
030901	停車場	143	120	174		23	Developed, Medium Intensity
030902	其他道路相關設施	95	76	119		23	Developed, Medium Intensity
0310	**港口**	103	141	174		23	Developed, Medium Intensity
031001	商港	79	108	203		23	Developed, Medium Intensity
031002	漁港	116	134	192		23	Developed, Medium Intensity
031003	專用港	90	109	169		23	Developed, Medium Intensity
031004	其他港口設施	63	72	101		23	Developed, Medium Intensity
04	**水利利用土地**	151	219	242			
0401	**河道**	190	232	255		11	Open Water
040101	河川	164	215	245		11	Open Water
040102	滅河	16	215	245		11	Open Water

040103	運河	110	199	250		11	Open Water
0402	**堤防**	156	156	156		11	Open Water
040200	堤防	156	156	156		11	Open Water
0403	**溝渠**	166	205	213		11	Open Water
040300	溝渠	166	205	213		11	Open Water
0404	**水庫**	70	212	206		11	Open Water
040400	水庫	70	212	206		11	Open Water
0405	**湖泊**	121	238	233		11	Open Water
040500	湖泊	121	238	233		11	Open Water
0406	**蓄水池**	158	215	194		11	Open Water
040600	蓄水池	158	215	194		11	Open Water
0407	**水道沙洲灘地**	214	136	0		11	Open Water
040700	水道沙洲灘地	214	136	0		11	Open Water
0408	**水利構造物**	53	95	96		21	Developed, Open Space
040801	水閘門	87	103	124		21	Developed, Open Space
040802	抽水站	112	143	161		21	Developed, Open Space
040803	水庫堰壩	90	133	158		21	Developed, Open Space
040804	地下取水井	36	120	168		21	Developed, Open Space
040805	其他水利設施	92	126	145		11	Open Water
0409	**防汛道路**	204	204	204		11	Open Water
040900	防汛道路	204	204	204		11	Open Water
0410	**海面**	158	202	255		11	Open Water
041000	海面	158	202	255		11	Open Water

05	建築利用土地	255	161	161			
0501	商業	194	0	6		24	Developed High Intensity
050101	零售批發	216	5	61		24	Developed High Intensity
050102	服務業	228	62	106		24	Developed High Intensity
0502	純住宅	255	244	41		24	Developed High Intensity
050200	純住宅	255	244	41		24	Developed High Intensity
0503	混合使用住宅	235	224	82		24	Developed High Intensity
050301	兼工業使用住宅	202	178	26		24	Developed High Intensity
050302	兼商業使用住宅	228	180	25		24	Developed High Intensity
050303	兼其他使用住宅	236	193	83		24	Developed High Intensity
0504	製造業	255	194	61		24	Developed High Intensity
050400	製造業	255	194	61		24	Developed High Intensity
0505	倉儲	165	129	68		24	Developed High Intensity
050500	倉儲	165	129	68		24	Developed High Intensity
0506	宗教	197	0	255		24	Developed High Intensity
050600	宗教	197	0	255		24	Developed High Intensity
0507	殯葬設施	130	130	130		22	Developed, Low Intensity
050700	殯葬設施	130	130	130		22	Developed, Low Intensity
0508	其他建築用地	205	205	102		22	Developed, Low Intensity
050801	興建中	209	136	9		22	Developed, Low Intensity
050802	其他	186	104	73		22	Developed, Low Intensity
06	公共利用土地	255	197	89			
0601	政府機關	255	159	41		24	Developed High Intensity

060100	政府機關	255	159	41		24	Developed High Intensity
0602	**學校**	232	190	255		24	Developed High Intensity
060201	幼兒園	235	186	255		24	Developed High Intensity
060202	小學	227	158	255		24	Developed High Intensity
060203	中學	218	129	255		24	Developed High Intensity
060204	大專院校	209	101	235		24	Developed High Intensity
060205	特種學校	201	73	255		24	Developed High Intensity
0603	**醫療保健**	161	139	246		24	Developed High Intensity
060300	醫療保健	161	139	246		24	Developed High Intensity
0604	**社會福利設施**	249	224	165		24	Developed High Intensity
060400	社會福利設施	249	224	165		24	Developed High Intensity
0605	**公用設備**	255	218	150		24	Developed High Intensity
060501	氣象	148	172	176		24	Developed High Intensity
060502	電力	147	161	232		24	Developed High Intensity
060503	瓦斯	239	114	135		24	Developed High Intensity
060504	自來水	164	175	232		24	Developed High Intensity
060505	加油站	123	153	148		24	Developed High Intensity
0606	**環保設施**	216	141	103		24	Developed High Intensity
060600	環保設施	216	141	103		24	Developed High Intensity
07	**遊憩利用土地**	255	251	20			
0701	**文化設施**	255	255	190		22	Developed, Low Intensity
070101	法定文化資產	205	205	93		22	Developed, Low Intensity
070102	一般文化設施	233	233	132		22	Developed, Low Intensity

070103	其他文化設施	230	230	147		22	Developed, Low Intensity
0702	**公園綠地廣場**	147	255	47		22	Developed, Low Intensity
070200	公園綠地廣場	147	255	47		22	Developed, Low Intensity
0703	**休閒設施**	191	255	191		22	Developed, Low Intensity
070301	遊樂場所	246	171	171		22	Developed, Low Intensity
070302	體育場所	172	172	247		22	Developed, Low Intensity
08	**礦鹽利用土地**	206	140	255			
0801	**礦業及相關設施**	206	153	29		21	Developed, Open Space
080100	礦業及相關設施	206	153	29		21	Developed, Open Space
0802	**土石及相關設施**	149	111	35		21	Developed, Open Space
080200	土石及相關設施	149	111	35		21	Developed, Open Space
0803	**鹽業及相關設施**	140	140	140		21	Developed, Open Space
080300	鹽業及相關設施	140	140	140		21	Developed, Open Space
09	**其他利用土地**	225	225	225			
0901	**溼地**	0	168	132		95	Emergent Herbaceous Wetlands
090100	溼地	0	168	132		95	Emergent Herbaceous Wetlands
0902	**草生地**	176	211	38		71	Grassland/Herbaceous
090200	草生地	176	211	38		71	Grassland/Herbaceous
0903	**裸露地**	179	168	46		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
090301	灘地	201	173	137		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
090302	崩塌地	154	137	105		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
090303	礁岩	192	108	34		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
0904	**營建剩餘土石收容處理相關設施**	51	51	51		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)

090400	營建剩餘土石收容處理相關設施	51	51	51		31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
0905	**空置地**	255	236	201		21	Developed, Open Space
090501	未使用地	192	174	84		21	Developed, Open Space
090502	人工改變中土地	188	146	62		21	Developed, Open Space

資料來源：本計畫製作

之後依 CommScope 工程師的建議，除 NLCD 土地劃分類型的編號 21 至 24 外，其餘皆定義為“Rural”，“Rural”地區以同一代碼 41 統一定義。

接下來使用 ArcGIS Pro 軟體工具，將經緯格線、臺灣縣市界、國土利用現況調查地圖，依照下面步驟，轉換檔案格式成為 SAS 可使用的圖資。

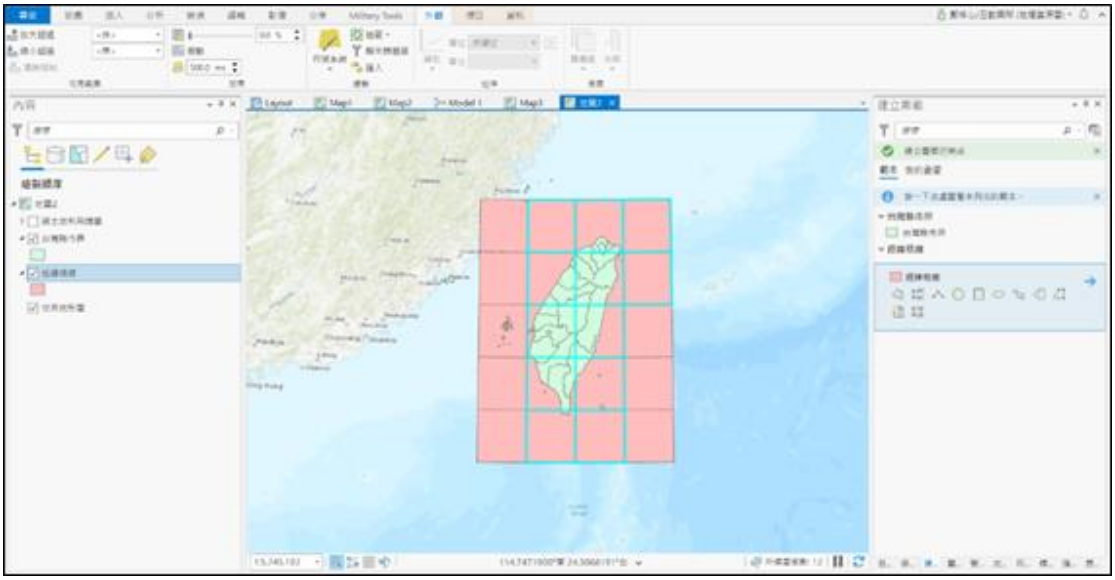
- 經緯格線資料整理

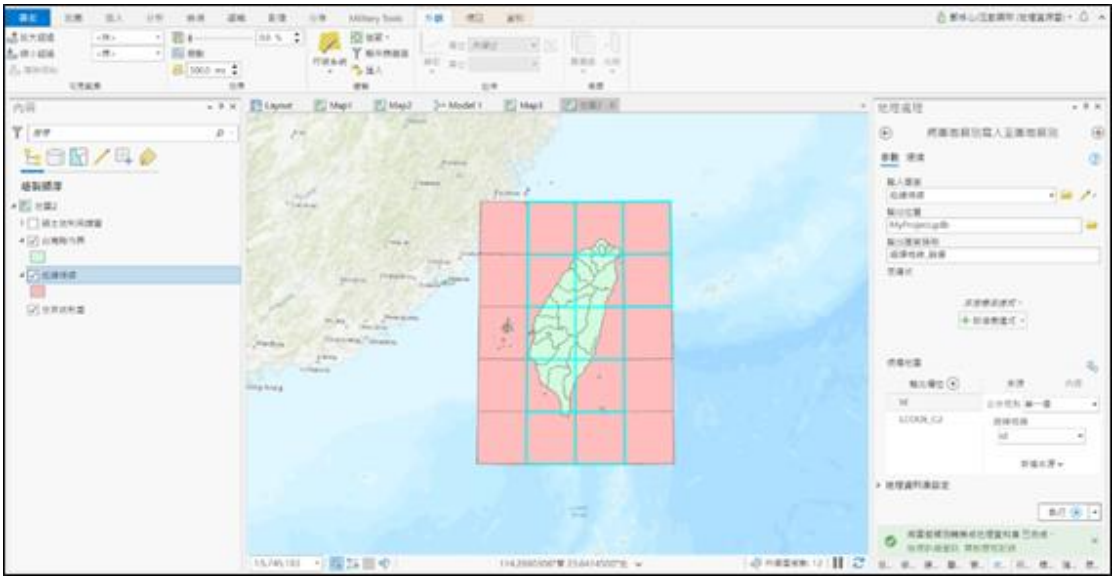
表 3: 經緯格線資料整理表

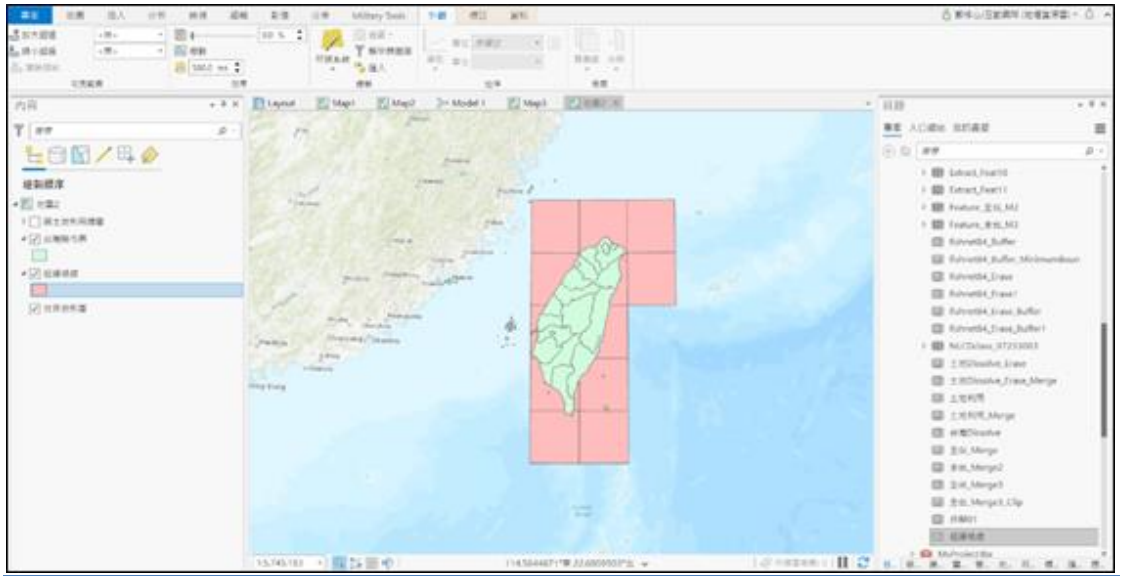
步驟	說明
1	使用 Select 功能與 Feature Class to Feature Class 工具，將臺灣範圍之經緯格線篩選出來
2	使用 Buffer 工具與 Feature Envelope To Polygon 工具，將經緯格線擴大至指定範圍
3	新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”11”填入屬性表(Open Water)

資料來源：本計畫製作

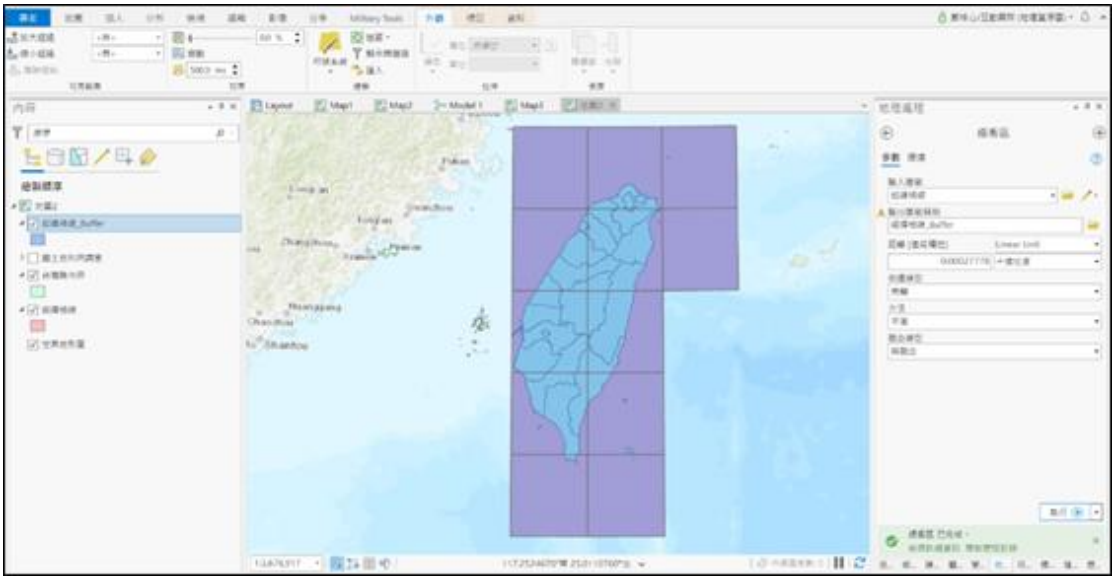
- 步驟 1：使用 Select 功能與 Feature Class to Feature Class 工具，將臺灣範圍之經緯格線篩選出來。（如下圖所示）

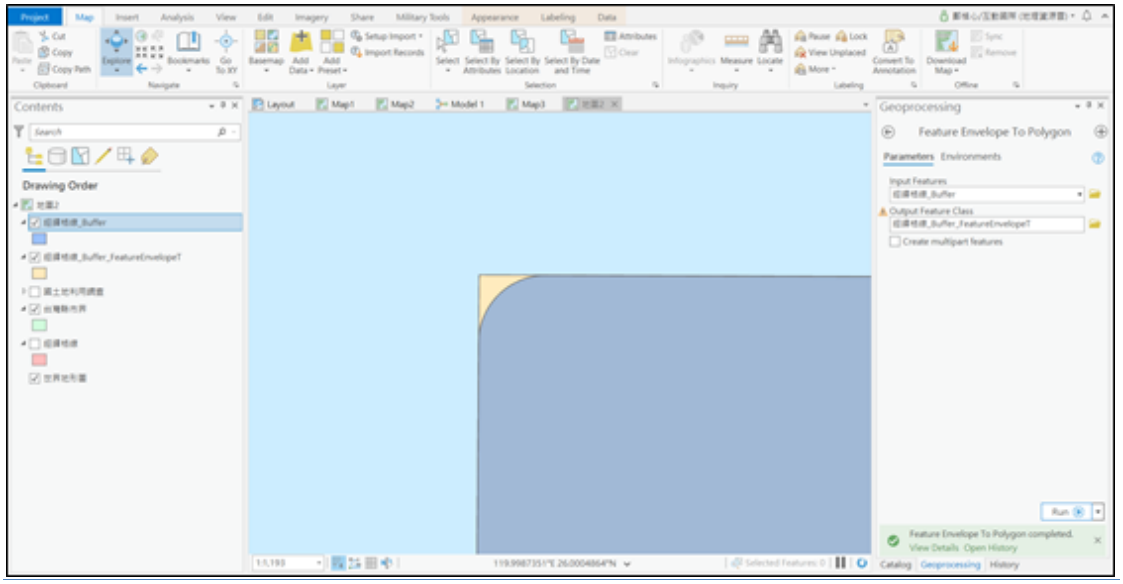




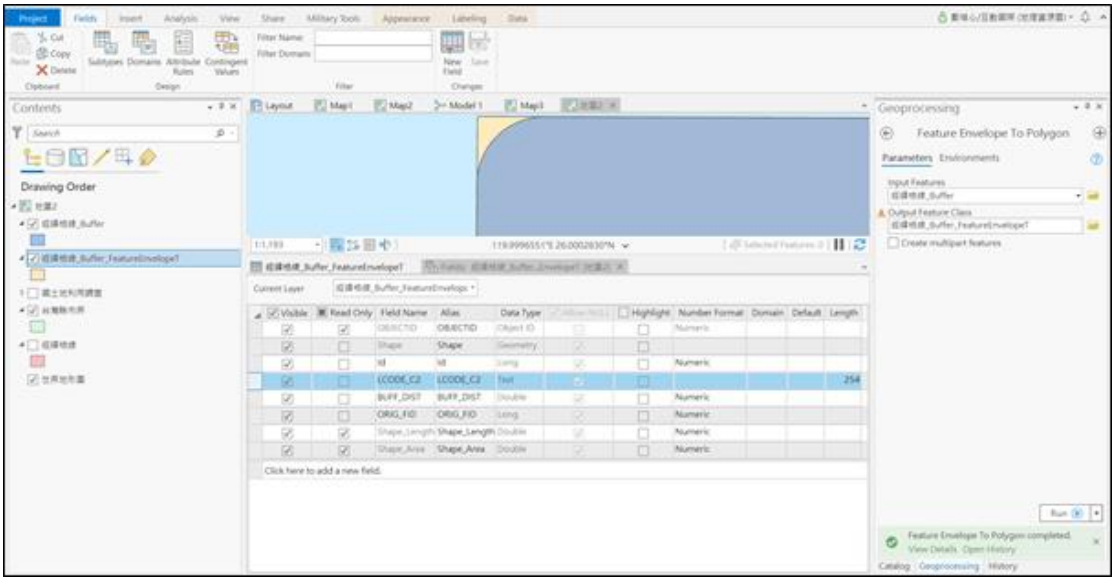


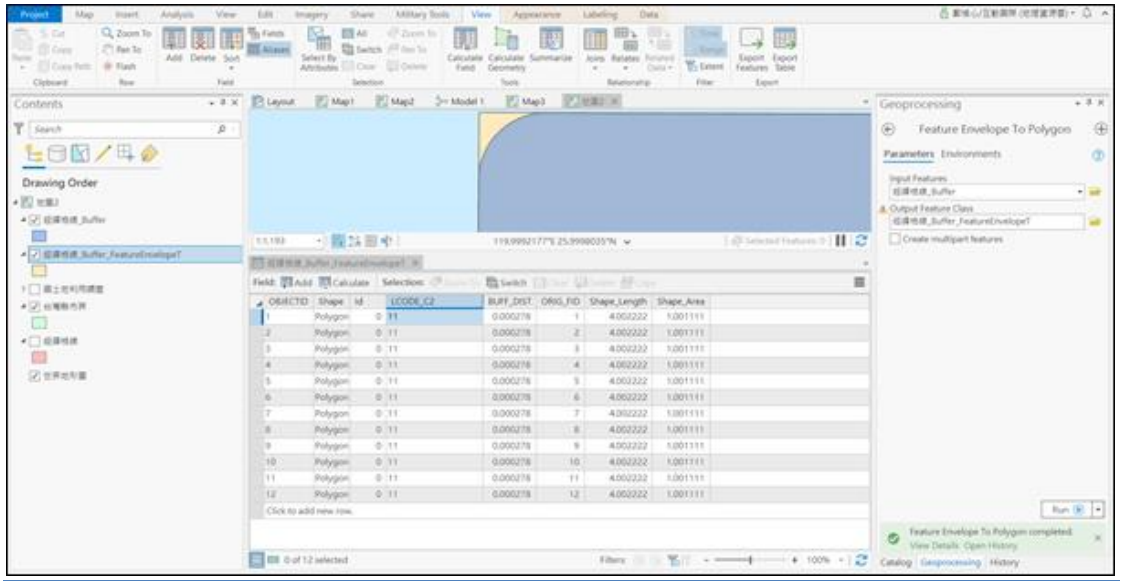
- 步驟 2：使用 Buffer 工具與 Feature Envelope To Polygon 工具，將經緯格線擴大至指定範圍。（如下圖所示）




Project
Map
Insert
Analysis
View
Edit
Imagery
Share
Military Tools
Appearance
Labeling
Data
Contents
Drawing Order
Geoprocessing
Feature Envelope To Polygon
Parameters
Environments
Input Features
Output Feature Class
Create multipart features
Run
Feature Envelope To Polygon completed.
View Details
Open History
Catalog
Geoprocessing
History

- 步驟3：新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”11”填入屬性表(Open Water)。（如下圖所示）





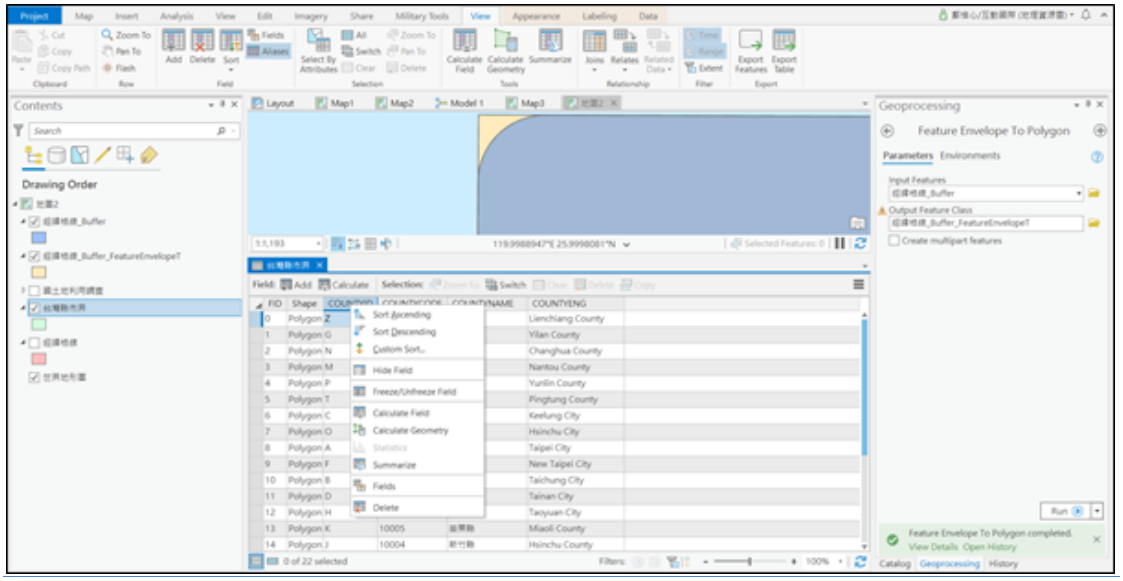
- 臺灣縣市界資料整理

表 4: 臺灣縣市界資料整理表

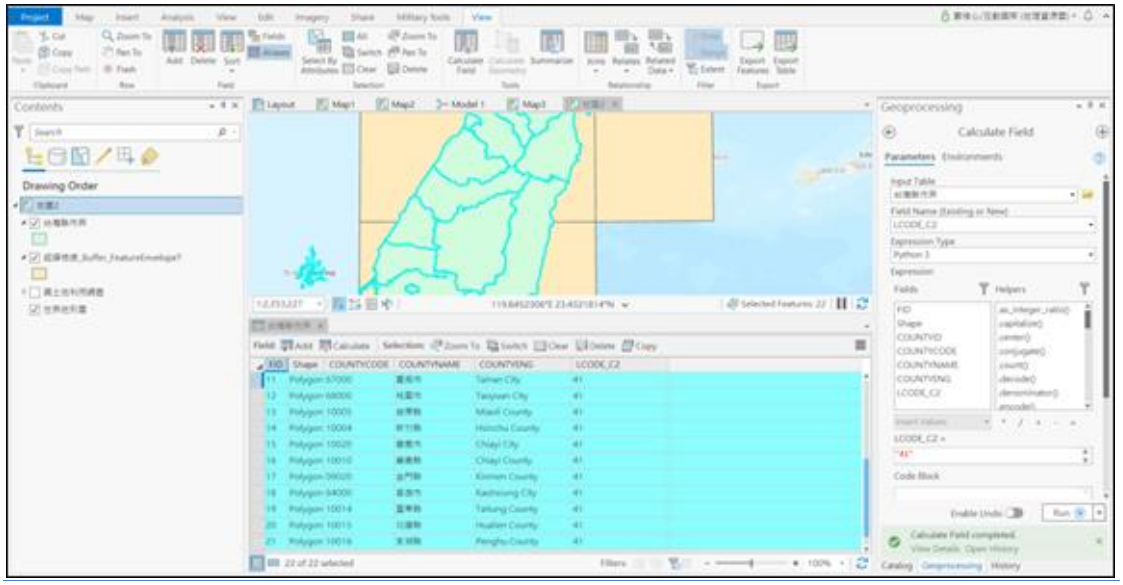
步驟	說明
1	將不必要之欄位刪除
2	新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”41”填入屬性表(Deciduous Forest)

資料來源：本計畫製作

- 步驟 1：將不必要之欄位刪除。（如下圖所示）



- 步驟 2：新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”41”填入屬性表(Deciduous Forest)。（如下圖所示）



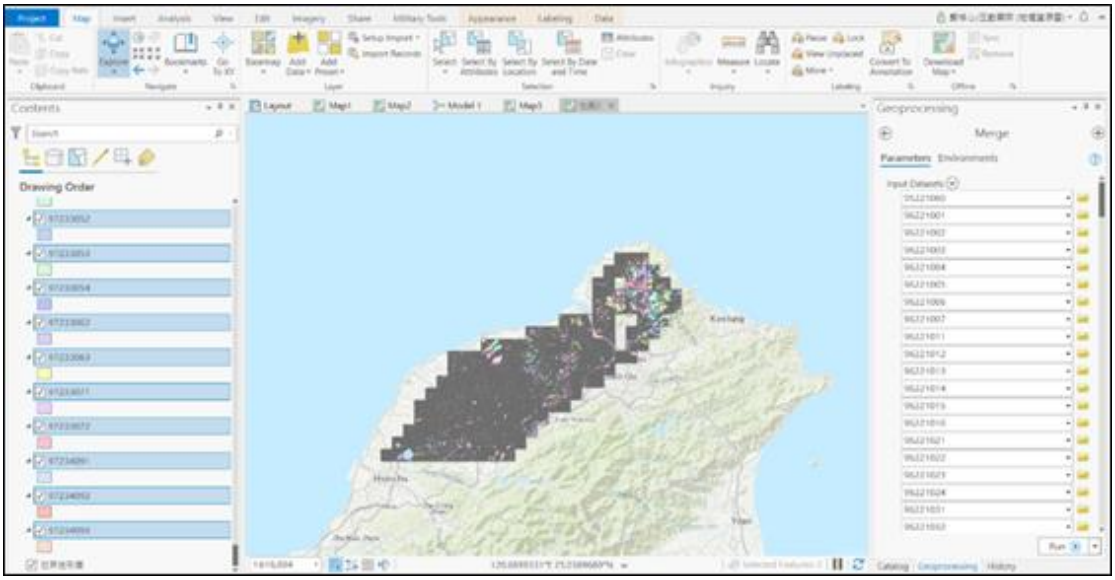
- 國土地利用調查資料整理

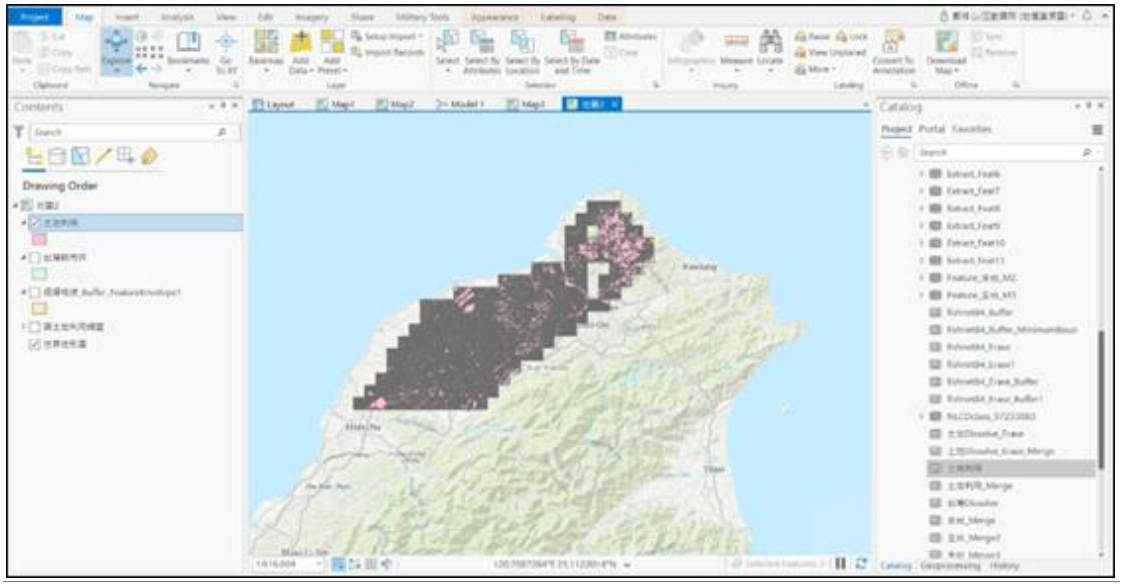
表 5: 國土地利用調查資料整理表

步驟	內容
1	利用 Merge 工具，將所有土地利用資料合併成一筆
2	新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 與 Calculate Field 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號進行轉換

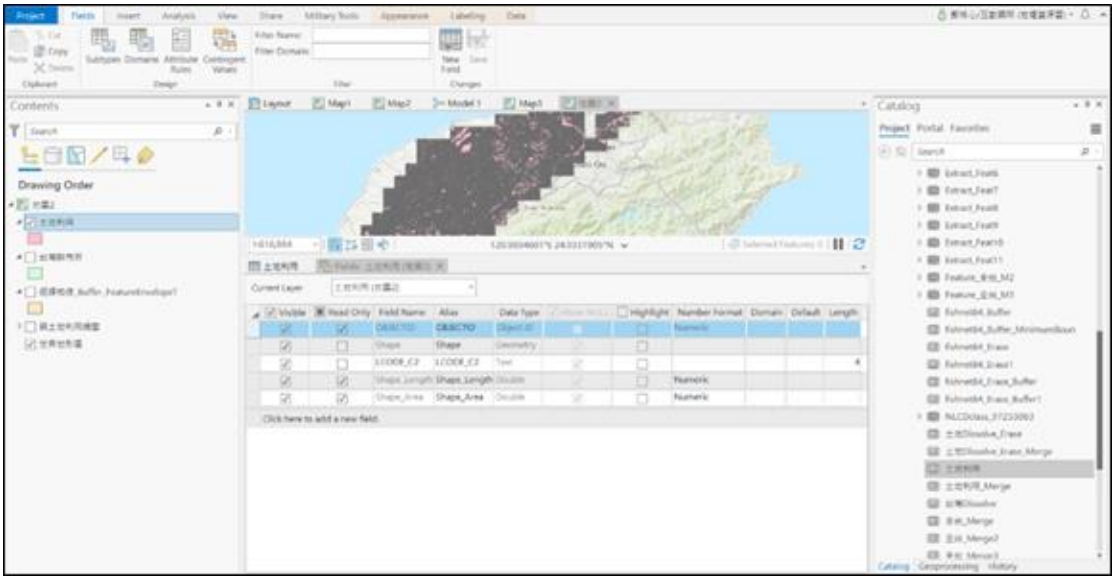
資料來源：本計畫製作

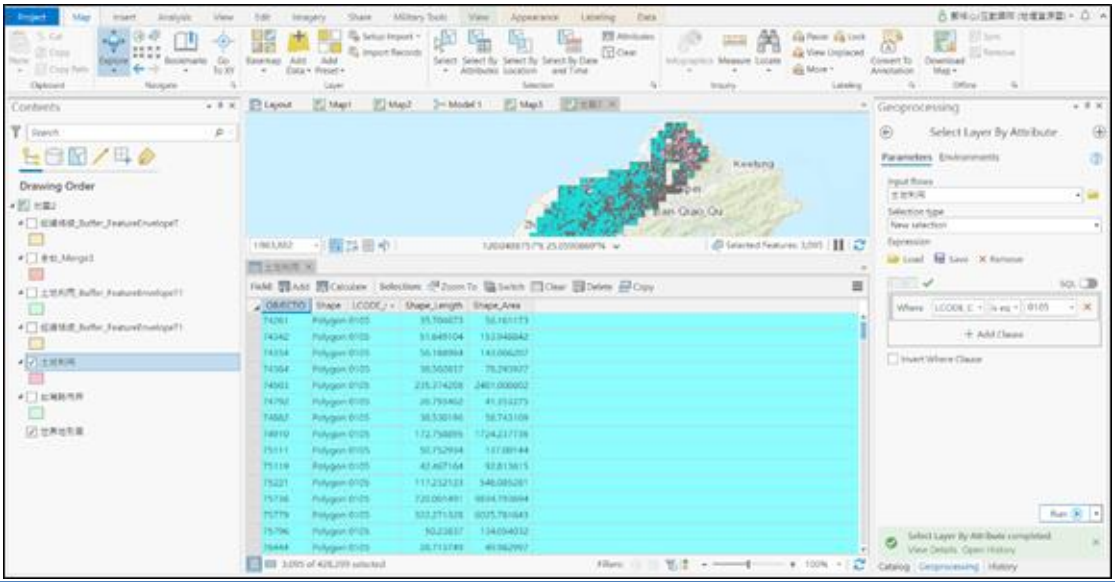
- 步驟 1：利用 Merge 工具，將所有土地利用資料合併成一筆。（如下圖所示）

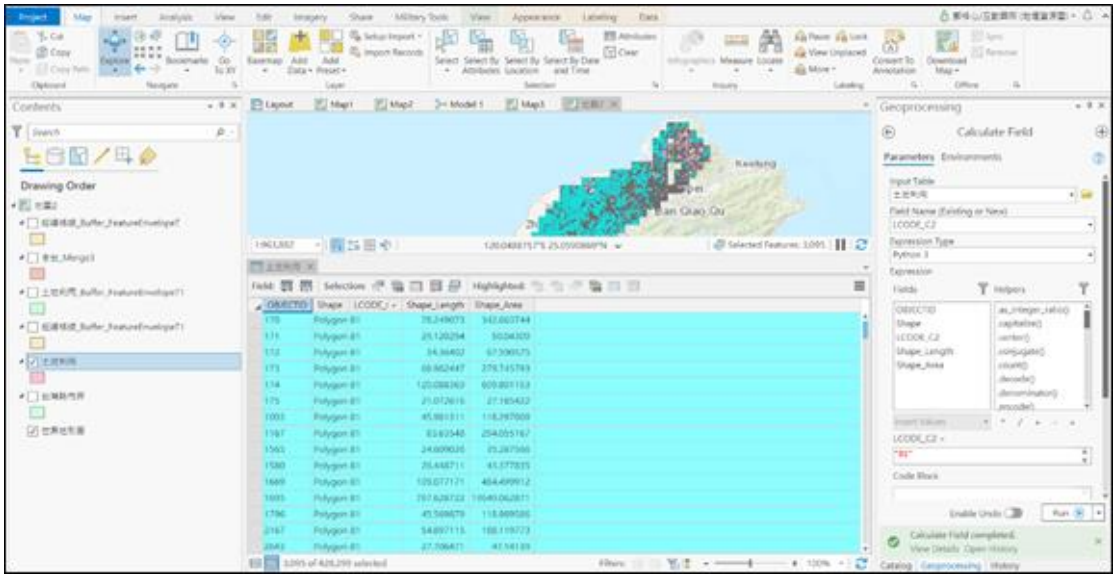

Contents
Drawing Order
Geoprocessing
Merge
Parameters
Environments
Input Datasets

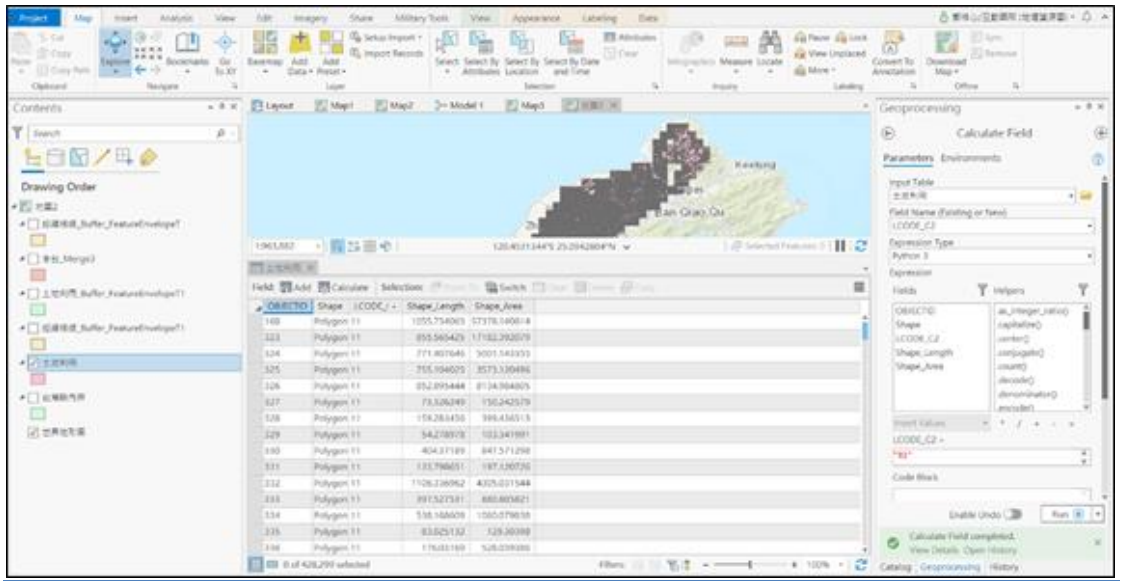

Contents
Drawing Order
Catalog
Project
Portal
Favorites

- 步驟 2：新增”LCODE_C2”欄位，利用 Select Layer By Attribute 與 Calculate Field 功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號進行轉換。（如下圖所示）









- 執行資料處理

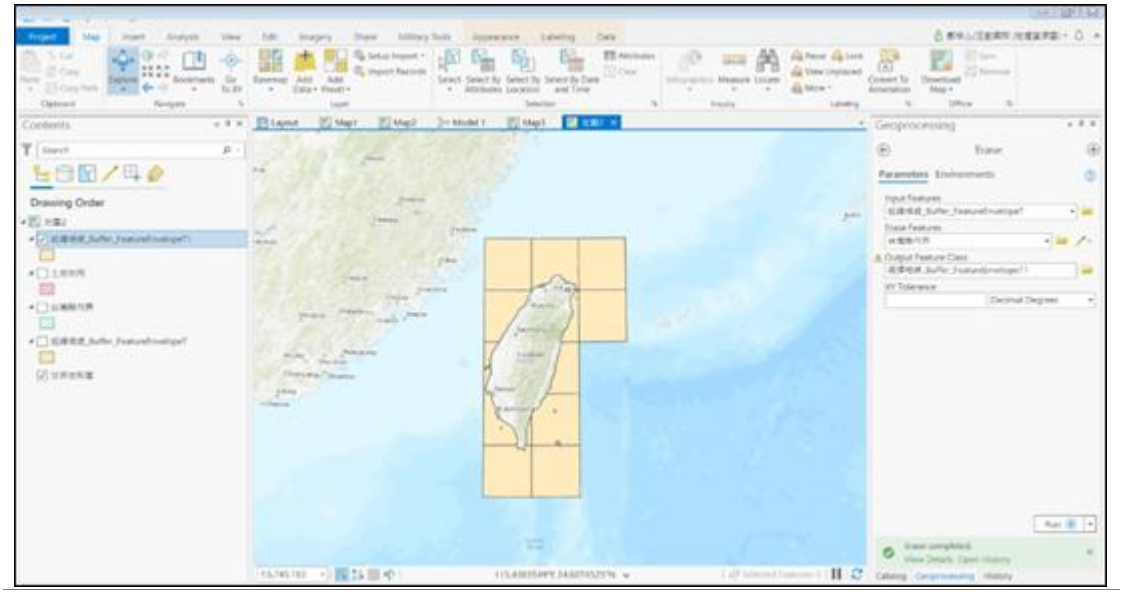
表 6: 執行資料處理表

步驟	內容
1	使用 Erase 工具，將經緯格線內的臺灣縣市界範圍清除
2	使用 Erase 工具，將臺灣縣市界內的國土地利用調查範圍清除
3	將上述以清除之三筆新資料，用 Merge 工具合併起來

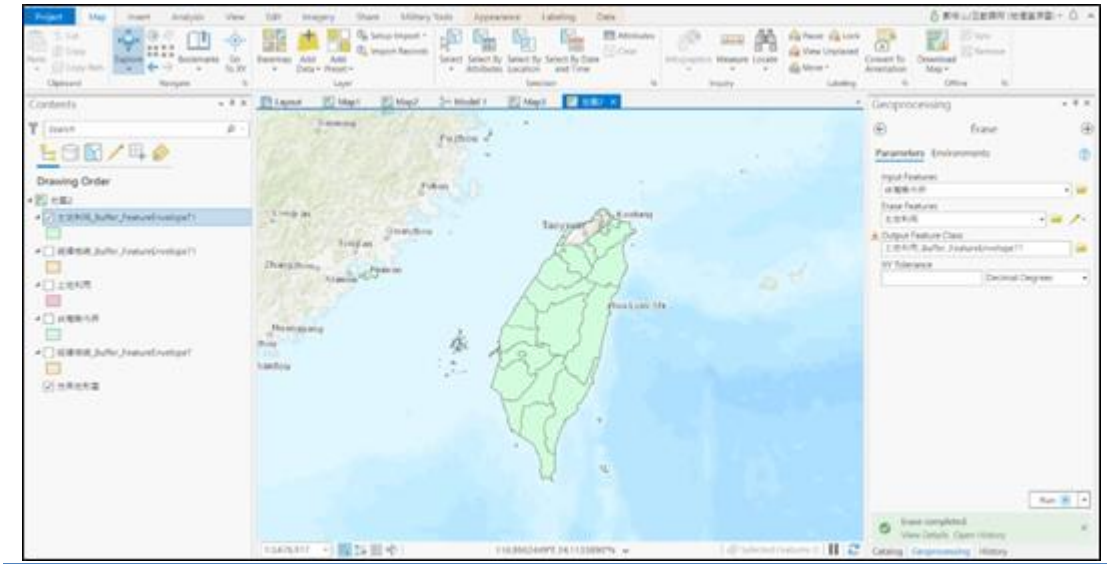
4	將合併完成之資料，依照經緯格線的範圍，並使用 Feature Class to Feature Class 工具，拆解為 12 區塊
5	使用 Feature to Raster 工具，將 12 塊資料轉換為網格(Raster)資料

資料來源：本計畫製作

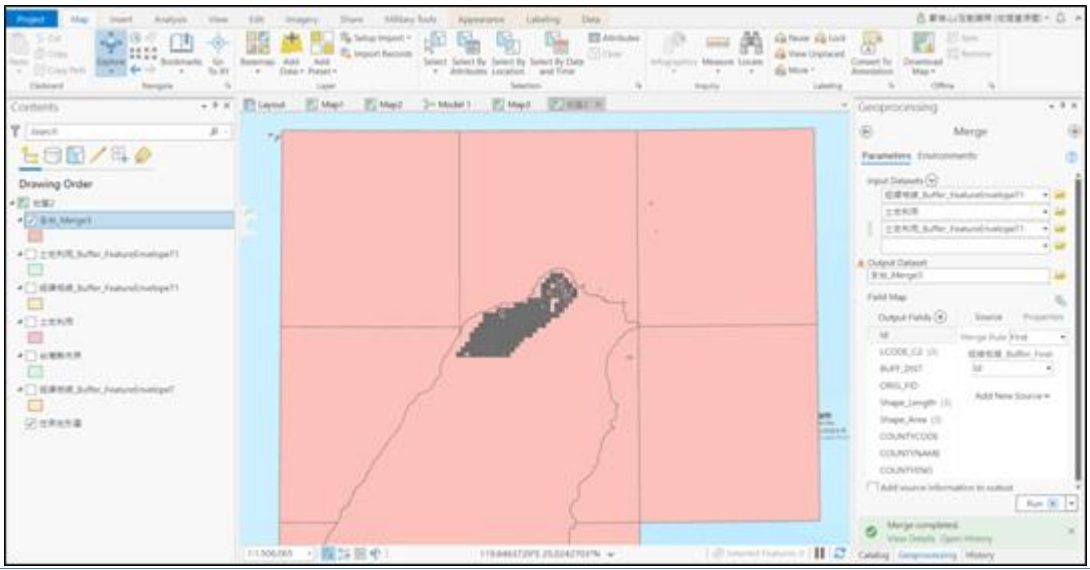
- 步驟 1：使用 Erase 工具，將經緯格線內的臺灣縣市界範圍清除。（如下圖所示）



- 步驟 2：使用 Erase 工具，將臺灣縣市界內的國土地利用調查範圍清除。（如下圖所示）



- 步驟 3：將上述以清除之三筆新資料，用 Merge 工具合併起來。（如下圖所示）



- 步驟 4：將合併完成之資料，依照經緯格線的範圍，並使用 Feature Class to Feature Class 工具，拆解為 12 區塊。

- 步驟 5：使用 Feature to Raster 工具，將 12 塊資料轉換為網格(Raster)資料。（如下圖所示）

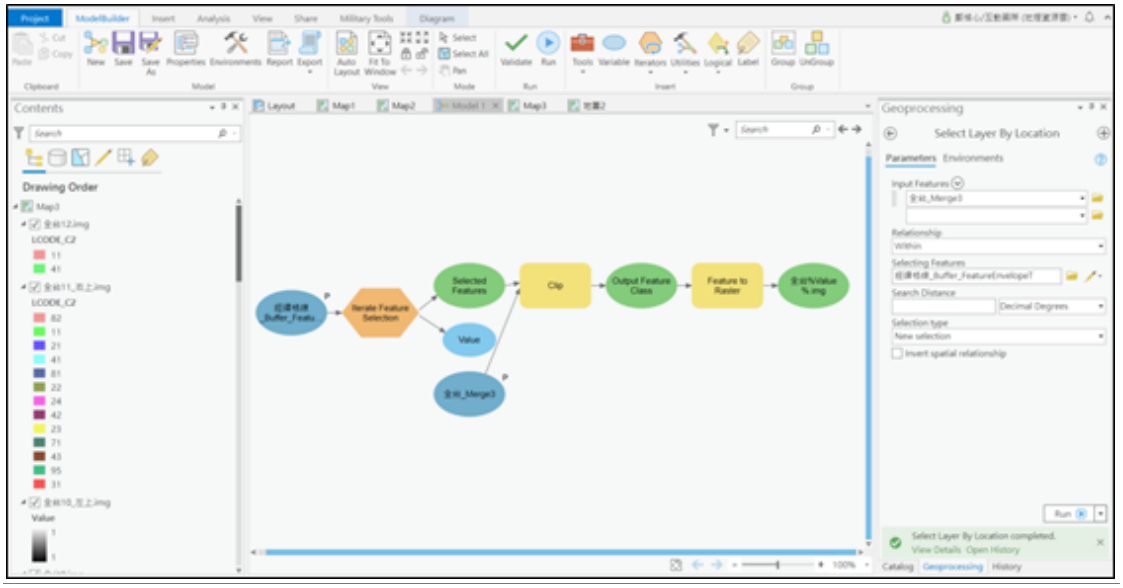


表 7: ArcGIS Pro 軟體工具網址資訊

軟體工具名稱	網址
Feature Class to Feature Class(Conversion)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/conversion/feature-class-to-feature-class.htm
Select Layer By Attribute(Data Management)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/data-management/select-layer-by-attribute.htm
Erase(Analysis)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/erase.htm
Merge(Data Management)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/data-management/merge.htm
Feature to Raster(Conversion)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/conversion/feature-to-raster.htm
Buffer (Analysis)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/buffer.htm

Feature Envelope To Polygon(Data Management)	https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/data-management/feature-envelope-to-polygon.htm

資料來源：本計畫製作

第四節　中新二號衛星（ST2）接收站輸入

為使固定衛星業務（Fixed Satellite Service, FSS）與行動通訊雙方不發生干擾，並且同時能夠在 3.5 GHz 頻段中建立共享接取機制來有效運行 CBRS 服務，FCC 在計算干擾總值的基礎上實現了對現有 FSS 的保護。FCC 要求 SAS 處理 FSS 地面接收站 150 公里內的所有 CBRS 服務中的 CBSD 在頻段內的同頻干擾，和 40 公里以內的所有 CBSD 的頻段內鄰頻干擾。

在臺灣，目前使用中的中新二號衛星（ST2）的 C band 轉頻器所使用頻率也在 CBRS 頻譜中。SAS 平臺可以管理 CBSD 和 FSS 的使用，減少干擾並保護現有營運。109 年測試計畫中將演練 CBRS 對中新二號衛星服務的保護機制，驗證 CBSD 在干擾 FSS 時 SAS 平臺不會授權給 CBSD 衛星使用中之頻道。

此項測試需要在 SAS 平臺中輸入衛星接收站資訊，相關資訊包括站臺經緯度、站臺海拔高度、天線海拔高度、天線海拔高度、天線增益、天線方位角及仰角、接收頻率及頻寬。

SAS 平臺檔案資料使用 fcc.gov/cbrs-protected-fss-sites2 定義的 JSON 檔案格式，將距離亞太總部 3 公里內的衛星接收站資訊輸入到 SAS 中，這需要把中新二號衛星接收站資料分別製作成兩個資料檔案。檔名分別是 ALL SITE DATA 和 CALL SIGN DATA。依照 CommScope 工程師提供的檔案格式範例，以下為本次測試，輸入 SAS 平臺的檔案範例。

```
ALL SITE DATA
```

```
{
  "result": [
    {
      "antenna_gain": "40",
      "earth_station_longitude_degrees": "121",
      "earth_station_longitude_direction": "E",
      "earth_station_latitude_degrees": "25",
      "earth_station_antenna_elevation": "xx",
      "tracking_telemetry_control": "true",
      "certifier_first_name": "",
      "earth_station_latitude_direction": "N",
      "certifier_suffix": "",
      "FSS_number": "",
      "gso_satellite_longitude_decimal": "xx",
      "antenna_elevation_angle": "xx",
      "sys_created_on": "",
      "sys_updated_on": "",
      "earth_station_longitude_decimal": "121.xxxxxx",
      "call_sign": "FSS0001",
      "call_sign_id": "",
      "upper_frequency": "3,650",
      "location_status": "",
      "earth_station_latitude_dms": "N25 04' xx\"",
      "earth_station_antenna_height_agl": "xx",
      "earth_station_latitude_decimal": "25.xxxxxx",
      "earth_station_longitude_dms": "E121 34' xx/"",
      "earth_station_longitude_minutes": "34",
```

```
      "sys_mod_count": "",
      "certifier_name": "",
      "certifier_middle_initial": "",
      "earth_station_latitude_minutes": "xx",
      "pointing_azimuth": "xxx",
      "certifier_title": "",
      "earth_station_longitude_seconds": "xx",
      "earth_station_latitude_seconds": "xx",
      "earth_station_antenna_height_amsl": "xx",
      "lower_frequency": "3,614",
      "certifier_last_name": "",
      "start_date_time": "",
      "related_registration": "",
      "certification_date": ""
   },
  ]
}
 CALL SIGN DATA
{
  "result": [
    {
      "poc_first_name": "",
      "licensee_address": "",
      "licensee_fax": "",
      "sys_updated_on": "",
      "licensee_state": "",
      "poc_last_name": "",
```

```
      "call_sign_number": "",
      "poc_name": "",
      "poc_state": "",
      "poc_zip_code": "",
      "poc_company": "",
      "sys_created_on": "",
      "poc_middle_initial": "",
      "call_sign": "FSS0001",
      "poc_email": "",
      "licensee_name": "ST2",
      "licensee_phone": "",
      "poc_phone": "",
      "poc_fax": "",
      "frn": "",
      "sys_mod_count": "",
      "licensee_email": "",
      "licensee_city": "",
      "poc_city": "",
      "licensee_zip_code": "",
      "poc_address": ""
    }
  ]
}
```



圖 15: ST-2 接收站正確顯示於 SAS 系統的設備位置地圖

資料來源：本計畫製作

第五節　CBRS 禁區（Exclusion Zone）製作

美國 FCC 採取兩階段方法保護既有聯邦使用者，第一階段會建立「禁區（Exclusion Zones ）」，來保護聯邦雷達系統。第二階段會在美國各地建立環境感測能力系統（Environmental Sensing Capability, ESC），ESC 可偵測該地區是否存在聯邦雷達傳輸訊號，並回報相關資訊給 SAS，以保護聯邦雷達系統。

對於禁制區的繪製，可以使用具有任何半徑或多邊形形狀的任何地圖區塊。禁制區不允許在其頻率範圍內進行任何 CBSD 操作。在美國，這些通常是軍事基地，希望限制任何商業活動。禁制區的大小，SAS 系統建議在 10-25 公里範圍內，該大小應足夠大，可以在地圖上看到它，但又應足夠小，以免造成重大影響。

在臺灣，如果未來主管單位決定在某個軍事基地，或是大型衛星接收站區域，不允許 CBSD 發射訊號，就可以透過禁制區的設置，讓 SAS 來管控。

SAS 可以接受較小的禁區，也可以將其移得更遠。本測試在宜蘭地區建立了一個人工測試區域。

禁制區的繪製是 Google KML 格式，可以透過在 Google Earth 繪製禁區，經輸出所繪製的禁制區 KML 檔，再匯入到 SAS。

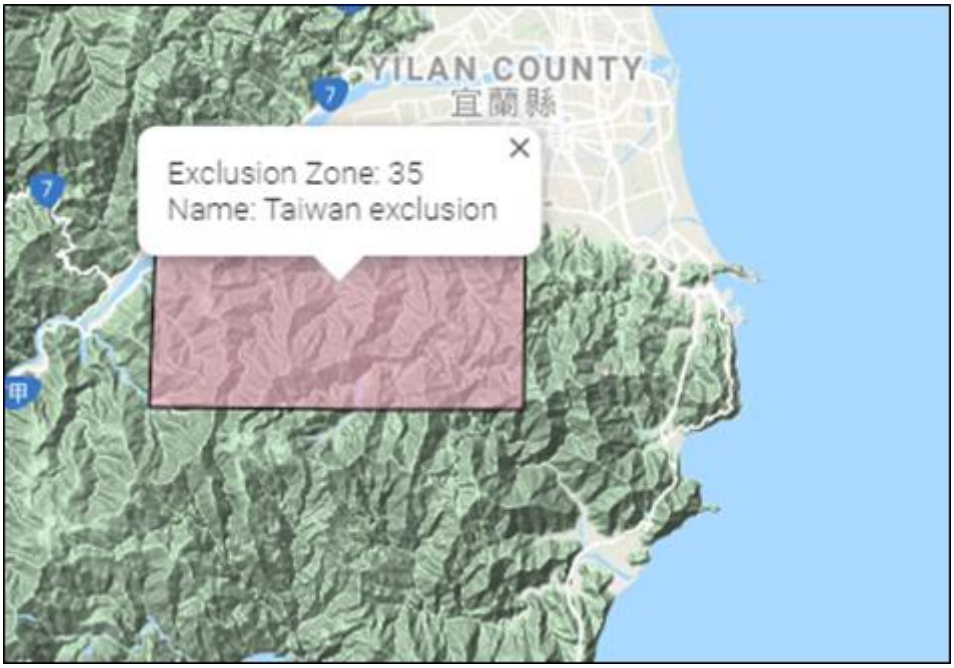


圖 16: 禁制區顯示於 SAS 系統的位置地圖

資料來源：本計畫製作

附錄八：成果說明會資料、簽到表

■ 講義內容

一、 動態頻譜共享技術實測驗證介紹



本計畫分年推動狀況

	PoC		PoB	
	106年	107年	108年	109年
政策法規	• 研提共享頻譜管理規則草案。	• 研訂3.5GHz頻段FSS站台訊號接收抗擾技術建議。	• 國際動態頻譜共享法規及監理機制發展研析。 • 我國未來動態頻譜共享監理機制芻議。	
技術驗證	• 概念驗證 - LSA協定實作。	• 概念驗證 - CBRS協定實作。	• 服務驗證—CBRS解決方案實驗室環境（新竹場域完成設置）。 • 完成頻譜分配實驗平臺系統整合、SAS-CBSD直接連線功能驗證。	• 服務驗證—CBRS解決方案實際環境（內湖場域完成設置）。 • 實驗平臺功能擴充：臺灣圖資處理）、SAS-Domain Proxy-CBSD間接連線功能驗證、使用情境展示。

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

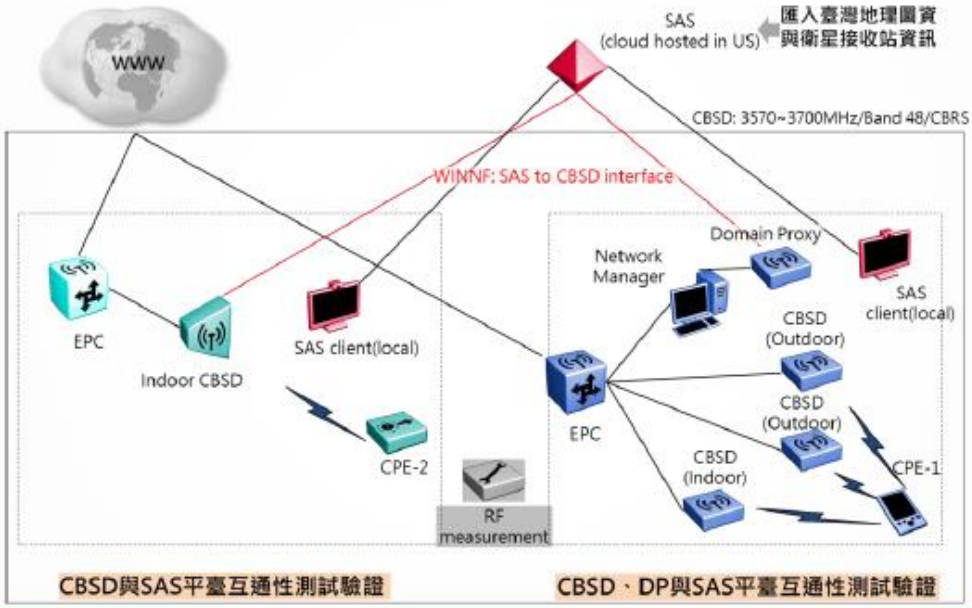
動態頻譜共享實驗平臺

- 匯入臺灣地理圖資及ST2接收站臺資料至SAS，於實際環境進行SAS與CBSD連接測試。

	CBSD與SAS平臺互通性測試驗證	動態頻譜共享實驗場域驗證
環境	實驗室（室內）	示範應用實驗場域（室內／室外）
實證內容	CBSD與SAS平臺直接連線功能驗證	CBSDs透過Domain Proxy與SAS平臺連線，進行相關功能驗證
頻譜	3570-3700MHz	
圖資環境設定	1. 依SAS平臺規格要求，客製化臺灣圖資並匯入SAS系統 2. 將CBSD實際經緯度座標呈現在臺灣圖資	
設備	EPC、Indoor CBSD、CPE / UE、SAS Client	EPC、Indoor CBSD、Outdoor CBSD*2、Domain Proxy(Network Manager)、CPE / UE SAS Client
協作廠商	正文科技（實驗室環境）、聯瑞科技 / CommScope（SAS平臺）	亞太電信 / Ericsson（實際場域環境）、聯瑞科技 / CommScope（SAS平臺）

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

動態頻譜共享實驗場域 網路架構



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理資訊導入與應用

- 簡報大綱

一、美國CBRS之SAS平臺

二、地形數據

三、圖資處理

四、設置區域

影響SAS訊號傳播的土地類型

11 Open Water
12 Perennial Ice/ Snow
21 Developed, Open Space
22 Developed, Low Intensity
23 Developed, Medium Intensity
24 Developed, High Intensity
31 Barren Land (Rock/Sand/Clay)
41 Deciduous Forest
42 Evergreen Forest
43 Mixed Forest
51 Dwarf Scrub*
52 Shrub/Scrub
71 Grassland/Herbaceous
72 Sedge/Herbaceous*
73 Lichens*
74 Moss*
81 Pasture/Hay
82 Cultivated Crops
90 Woody Wetlands
95 Emergent Herbaceous Wetlands

✓ 21_已開發的開放空間
✓ 22_已開發的低強度區域
✓ 23_已開發的中強度區域
✓ 24_已開發的高強度區域

SAS使用圖資格式說明



本案SAS客製化圖資來源為國土測繪中心測製，地圖資料由一塊一塊地圖塊組成，每個地圖塊比例為1/5000，大小為6.25KM²



本案之測試場域臺北內湖及新竹湖口，向國土測繪中心購買取得圖資共186幅

圖資處理



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBSD與SAS平臺互通性測試驗證

- 簡報大綱

一、測試環境介紹

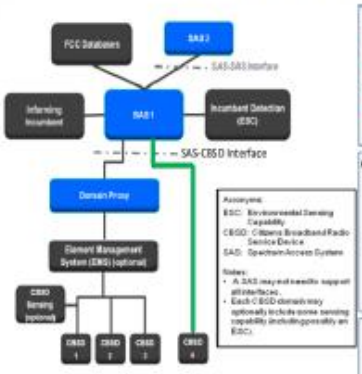
二、互通性測試測項說明

三、CBSD與SAS平臺 Interface Protocol

四、設備介紹

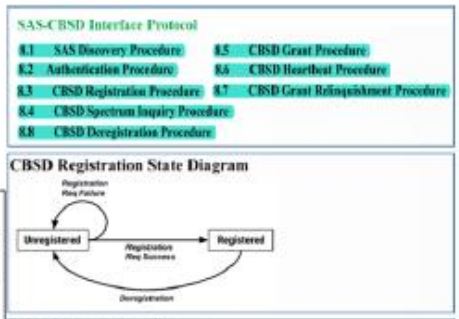
五、CBSD FCC認證說明

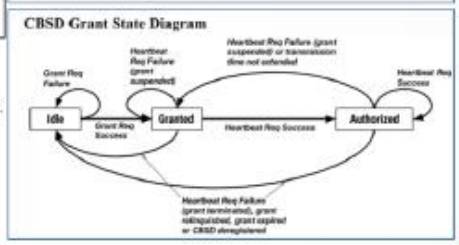
SAS-CBSD Interface Protocol



Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD): The CBSD is a radio device that communicates in the CBRS band. It obtains Grants from the SAS via the SAS-CBSD interface.

Spectrum Access System (SAS): A system that authorizes and manages use of spectrum for the Citizens Broadband Radio Service.





版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

動態頻譜共享實驗場域驗證

- 簡報大綱

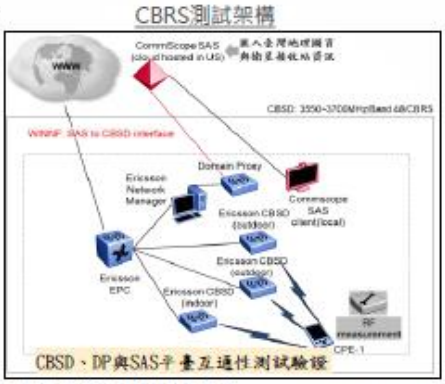
一、CBRS測試架構

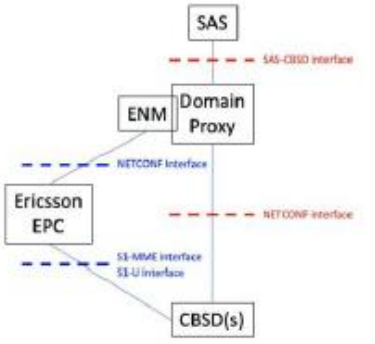
二、CBRS訊息流程

三、CBRS情境展示說明

四、CBRS情境展示

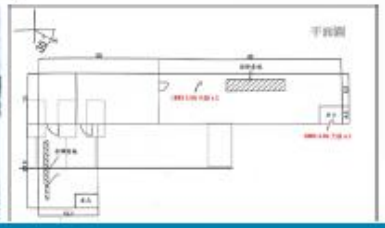
CBRS測試架構





亞太電信CBRS場域設置





版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

感謝聆聽

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

二、　臺灣地理圖資處理與應用

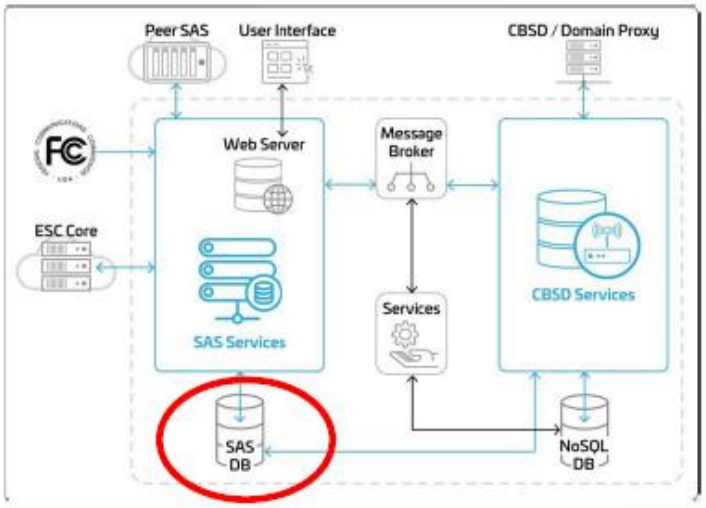




CBRS之SAS平臺系統架構

SAS資料庫功能:

- 儲存 FCC資料庫相關數據
- 客戶資料
- 登錄資訊
- 地理位置資訊（locations）
- 排除區段（exclusion zones）
- 保護區段（protection areas）
- 其他地理位置相關的數據資料。



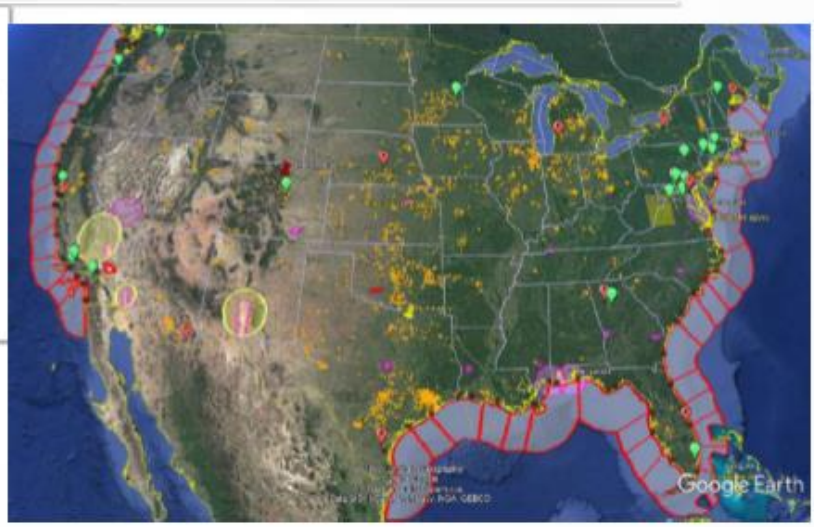
資料來源：CommScope

版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

美國SAS平臺的地理圖資與應用

- CBRS(公民無線寬頻服務)管理規則訂定於美國聯邦法規47 CFR（Code of Federal Regulations，下稱FCC規章）的Part 96。
- CBRS頻段之頻率使用可分為三層:
  1、Incumbent
  2、Priority Access License(PAL)
  3、Greneral Authorized Access(GAA)

US Military Ship-borne Radar
US Military Ground-borne Radar
Fixed Satellite Sites
Grandfathered Wireless Broadband
Federal Quiet Zones
FCC Field Offices
Table Mountain, CO
NRAO/NR RO, WV
Exclusion Zones



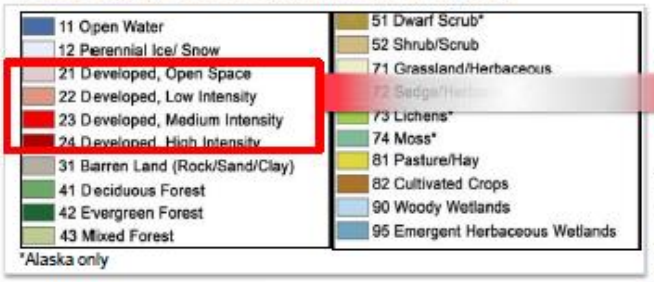
資料來源：CommScope

版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 – 地形數據1/5

- 依據WINNF-TS-0112指定SAS電波傳播模型(Propagation Model)及地形數據(目前以平面地圖)，未來建築物等地物，作為計算干擾依據。
- SAS使用圖資格式為美國地質調查局（United States Geological Survey, USGS）所提供的NLCD格式（National Land Cover Database），USGS將土地劃分為不同類型，其中，影響SAS無線訊號傳播的分類為21-24，針對地理區域被歸類為21-24的區域分配一個權重數值來求平均，來決定該區域將定義為城市、郊區或鄉村。

NLCD Land Cover Classification Legend



影響SAS無線訊號傳播的土地類型

- ✓ 21_已開發的開放空間
- ✓ 22_已開發的低強度區域
- ✓ 23_已開發的中強度區域
- ✓ 24_已開發的高強度區域

SAS圖資定義城市、郊區、鄉村的權重表

NLCD Land Cover Class	Reginon y	Value Assigned for Averaging	Use this Region Type if Protection-Area-Wide Average Value is in the Range:
23 or 24	Urban	2	>1 1/3
22	Suburban	1	[2/3,1 1/3]
All others	Rural	0	< 2/3

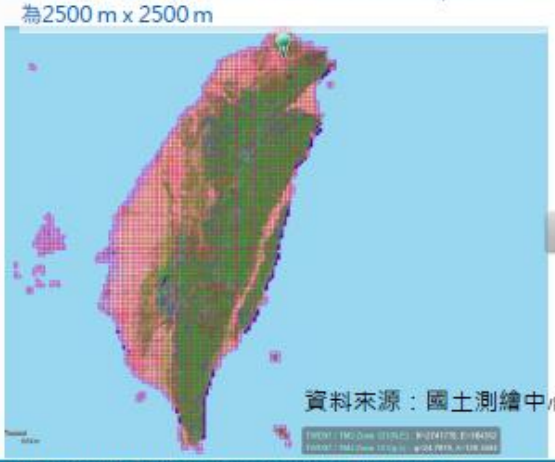
資料來源：WINNF-TS-0112

版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 – 地圖取得2/5

- 本案使用作為SAS臺灣地圖的來源為國土測繪中心的國土利用調查測製範圍。
- 本案之測試場域臺北內湖及新竹湖口，向國土測繪中心購買取得圖資共186幅。

本案SAS客製化圖資來源為國土測繪中心測製，地圖資料由一塊一塊地圖塊組成，每個地圖塊比例為1/5000，大小為2500 m x 2500 m



資料來源：國土測繪中心

圖資轉換檔案格式的區域範圍（如紅框所示）



資料來源：本計畫製作

版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 - 土地利用分級分類3/5

- 取得國土測繪中心所繪製的186幅圖資後，以人工轉換方式為NLCD格式。
- 國土測繪中心辦理國土利用現況調查地圖，依「土地利用分級分類系統表」，總共分為**9大類**。
- 除NLCD 土地劃分類編號21~24外，其餘皆定義為“Rural”，“Rural”地區以同一代碼41統一定義。以人工比對，轉換成NLCD 土地劃分類型。

類別代碼	類別名稱	R	G	B	色塊	NLCD 代碼	NLCD 類別
01	農業利用土地	152	230	0			
0101	水田	209	255	115		82	Cultivated Crops
010101	水稻田	171	220	97		82	Cultivated Crops
02	森林利用土地	90	194	0			
0201	針葉林	58	122	42		42	Evergreen Forest
020100	針葉林	58	122	42		42	Evergreen Forest
03	交通利用土地	255	85	0			
0301	機場	174	120	255		23	Developed, Medium Intensity
030100	機場	174	120	255		23	Developed, Medium Intensity
04	水利利用土地	151	219	242			
0401	河道	190	232	255		11	Open Water
040101	河川	164	215	245		11	Open Water
05	建築利用土地	255	161	161			
0501	商業	194	0	6		24	Developed High Intensity
050101	零售批發	216	5	61		24	Developed High Intensity
06	公共利用土地	255	197	89			
0601	政府機關	255	[illegible]	1		24	Developed High Intensity
060100	政府機關	[illegible]				24	Developed High Intensity
0602	學校					24	Developed High Intensity
07	遊憩利用土地						
0701	文化設施					22	Developed, Low Intensity
070101	法定文化資產					22	Developed, Low Intensity
08	儲蓄利用土地						
0801	礦業及相關設施	206	[illegible]	9		21	Developed, Open Space
080100	礦業及相關設施	206	[illegible]	29		21	Developed, Open Space
09	其他利用土地	225	225	225			
0901	濕地	0	168	132		95	Emergent Herbaceous Wetlands
090100	濕地	0	168	132		95	Emergent Herbaceous Wetlands
0902	草生地	176	211	38		71	Grassland/Herbaceous

共9大類，158種類

資料來源：本計畫製作

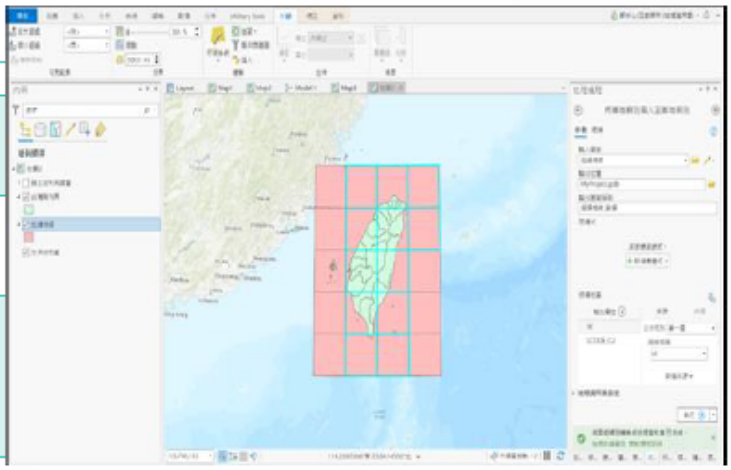
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理4/5

- 使用ArcGIS Pro軟體工具，將**經緯格線**、臺灣縣市界、國土利用現況調查地圖，依照相關步驟，轉換檔案格式成為SAS可使用的圖資。

1.經緯格線資料整理

步驟	說明
1	使用Select功能與Feature Class to Feature Class工具，將**臺灣範圍之經緯格線篩選**出來
2	使用Buffer工具與Feature Envelope To Polygon工具，將經緯格線擴大至指定範圍
3	新增”LCODE_C2”欄位，利用Select Layer By Attribute功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”11”填入屬性表(Open Water)



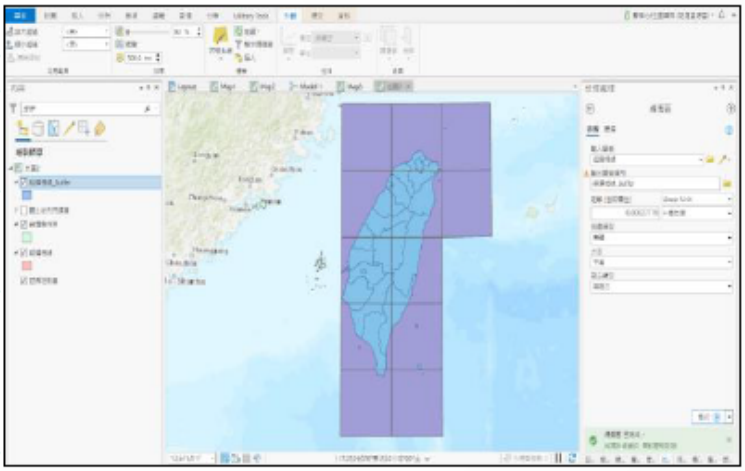
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理4/5

- 使用ArcGIS Pro軟體工具，將**經緯格線**、臺灣縣市界、國土利用現況調查地圖，依照相關步驟，轉換檔案格式成為SAS可使用的圖資。

1.經緯格線資料整理

步驟	說明
1	使用Select功能與Feature Class to Feature Class工具，將臺灣範圍之經緯格線篩選出來
2	使用Buffer工具與Feature Envelope To Polygon工具，將**經緯格線擴大至指定範圍**
3	新增”LCODE_C2”欄位，利用Select Layer By Attribute功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”11”填入屬性表(Open Water)



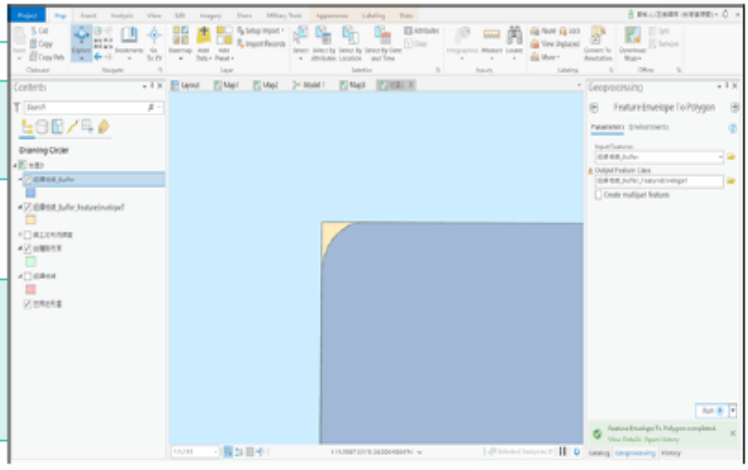
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理4/5

- 使用ArcGIS Pro軟體工具，將**經緯格線**、臺灣縣市界、國土利用現況調查地圖，依照相關步驟，轉換檔案格式成為SAS可使用的圖資。

1.經緯格線資料整理

步驟	說明
1	使用Select功能與Feature Class to Feature Class工具，將臺灣範圍之經緯格線篩選出來
2	使用Buffer工具與Feature Envelope To Polygon工具，將經緯格線擴大至指定範圍
3	新增”LCODE_C2”欄位，利用Select Layer By Attribute功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將指定編號”11”填入屬性表(Open Water)



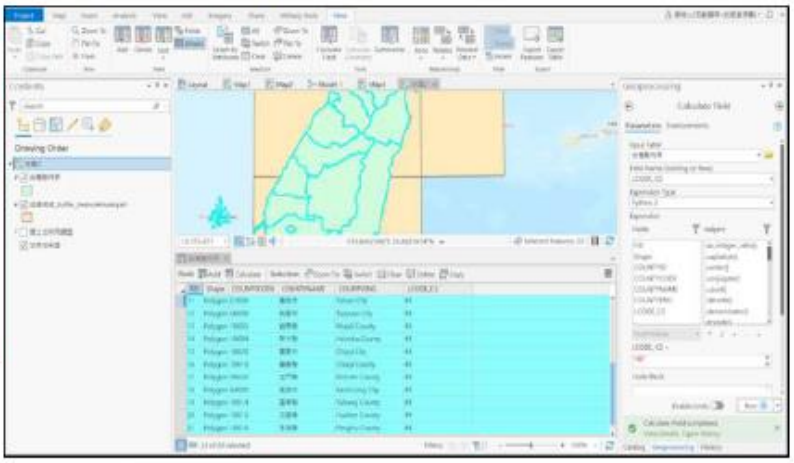
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理4/5

■ 使用ArcGIS Pro軟體工具，將經緯格線、**臺灣縣市界**、國土利用現況調查地圖，依照相關步驟，轉換檔案格式成為SAS可使用的圖資。

2.臺灣縣市界資料整理

步驟	說明
1	將不必要之欄位刪除
2	新增”LCODE_C2”欄位，利用Select Layer By Attribute功能，並參考”土地利用分類色碼表”，將**指定編號”41”填入屬性表**(Deciduous Forest)



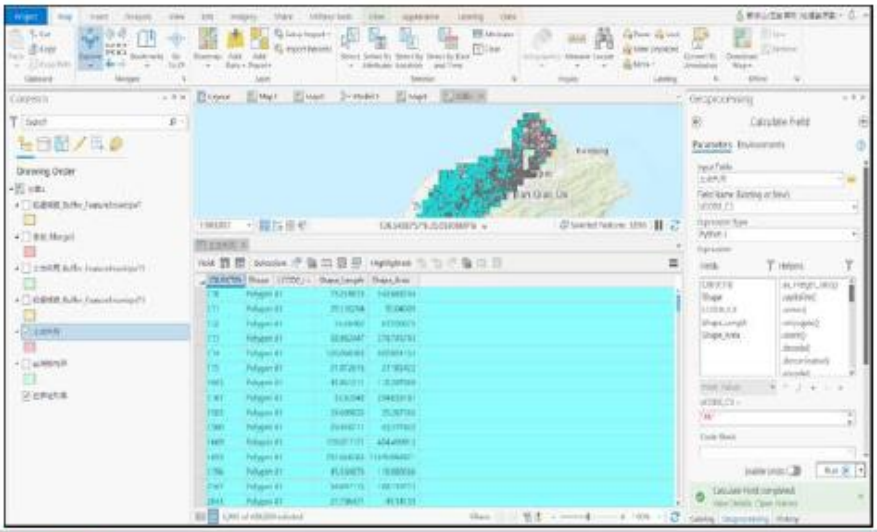
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理5/5

■ 使用ArcGIS Pro軟體工具，將經緯格線、臺灣縣市界、**國土利用現況調查地圖**，依照相關步驟，轉換檔案格式成為SAS可使用的圖資。

3.國土地利用調查資料整理

步驟	內容
1	利用Merge工具，將所有土地利用資料合併成一筆
2	新增”LCODE_C2”欄位，利用Select Layer By Attribute與Calculate Field功能，並參考”**土地利用分類色碼表**”，將指定**編號進行轉換**

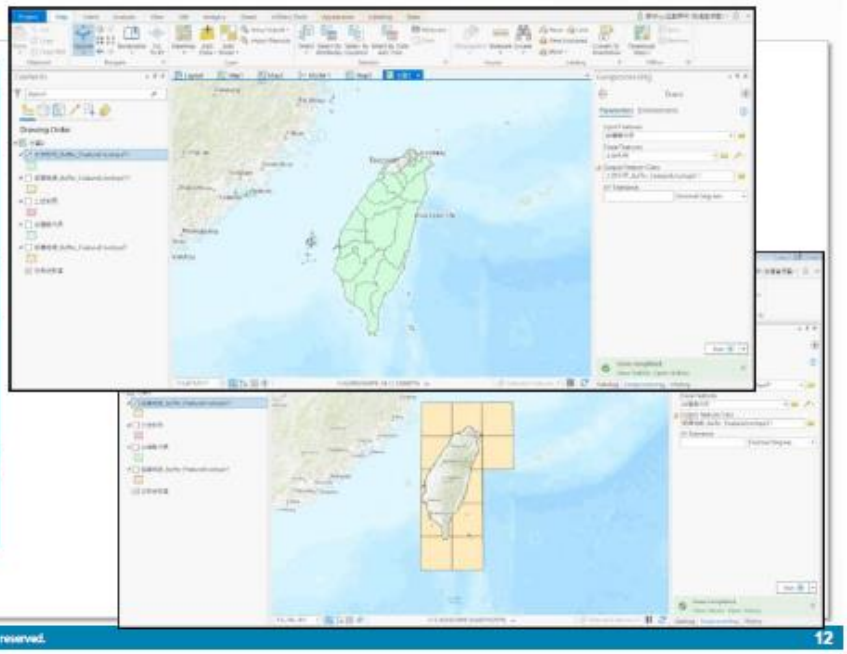


版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

臺灣地理圖資處理與應用 -轉換檔案格式與處理5/5

4.執行資料處理

步驟	內容
1	使用Erase工具，將經緯格線內的臺灣縣市界範圍清除
2	使用Erase工具，將臺灣縣市界內的國土地利用調查範圍清除
3	將上述以清除之三筆新資料用Merge工具合併起來
4	將合併完成之資料，依照經緯格線的範圍，並使用Feature Class to Feature Class工具，拆解為12區塊
5	使用Feature to Raster工具將12塊資料轉換為網格(Raster)資料



版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

匯入中新二號衛星（ST2）接收站資料1/2

- 為了保護FSS（Fixed Satellite Service）運行，FCC在計算總干擾量的基礎上建立了對現有FSS衛星接收站的保護，需在SAS平臺中輸入衛星接收站資訊，包括**站臺經緯度、站臺海拔高度、天線海拔高度、天線海拔高度、天線增益、天線方位角及仰角、接收頻率及頻寬**。



版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

匯入中新二號衛星（ST2）接收站資料2/2

- 使用fcc.gov/cbrs-protected-fss-sites2定義的JSON 檔案格式，將距離亞太總部3公里內的衛星接收站資訊輸入到SAS平臺中。
- 首先把中新二號衛星接收站資料分別製作成兩個資料檔案。檔名分別是ALL SITE DATA 和CALL SIGN DATA。依照CommScope 工程師提供的檔案格式範例，輸入 SAS平臺的檔案範例。

輸入SAS系統中的衛星接收站資料表

天線站臺地址	站臺地址經緯度		機高(m)	海拔高度(m)	方位角(度)	仰角(度)	接收頻率(MHz)	頻寬(MHz)
	經度	緯度						
台北市內湖區基湖路32號(亞太電信總部)	機密資料							
台北市內湖區瑞光路[redacted]號			50	17	237.4	42.7	3632	36
台北市內湖區瑞光路[redacted]號			50	15	237.4	42.7	3632	36
台北市內湖區瑞光路[redacted]號			60	14	237.4	42.7	3632	36
台北市民權東路六段[redacted]號			30	17	237.4	42.7	3632	36
台北市內湖區舊宗路一段[redacted]號			45	8	237.4	42.7	3632	36
台北市內湖區舊宗路一段[redacted]號			30	9	237.5	42.6	3632	36

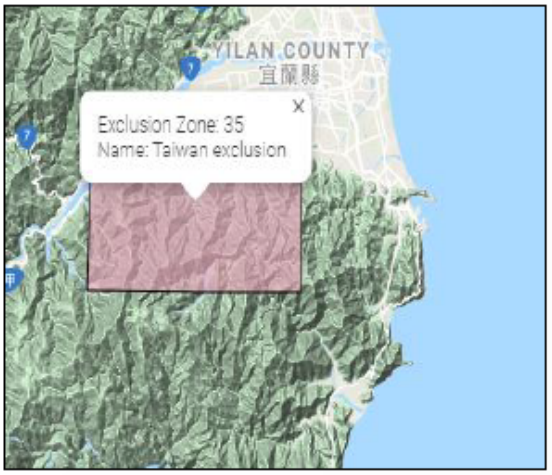
ALL SITE DATA 和CALL SIGN DATA



版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

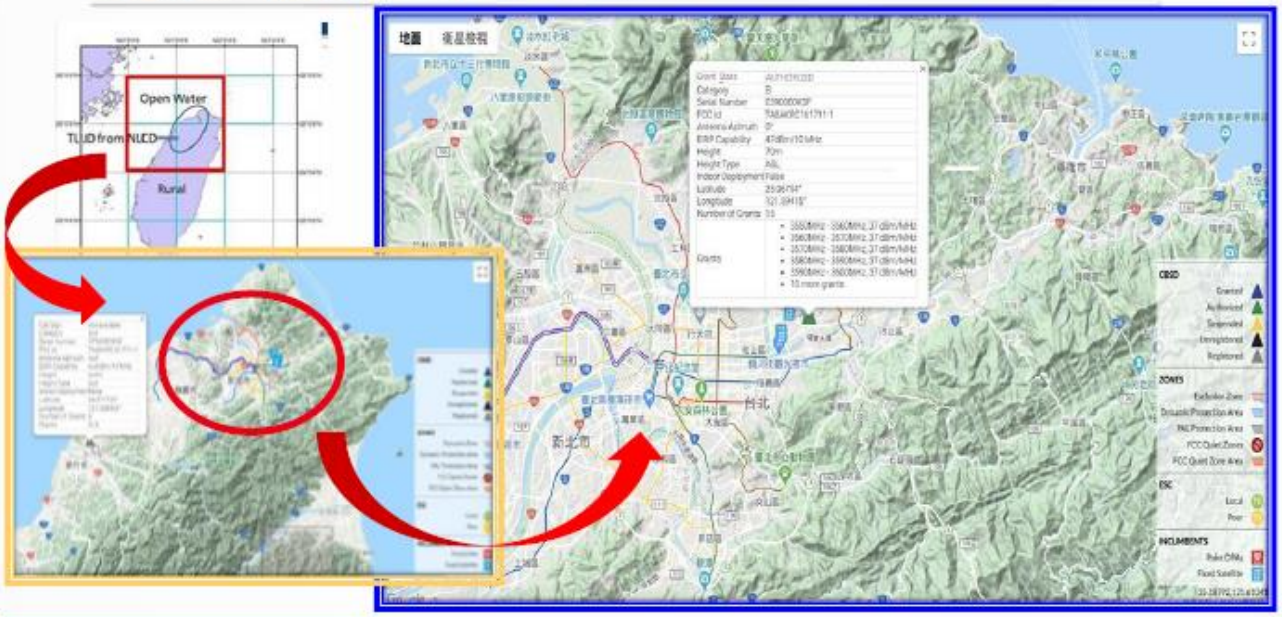
CBRS禁區（Exclusion Zone）製作

- 美國FCC採取兩階段方法保護既有使用者，第一階段會建立「禁區（Exclusion Zones）」，第二階段在各地建立環境感測能力系統（Environmental Sensing Capability, ESC）以偵測該地區是否存在聯邦雷達傳輸訊號，並回報相關資訊給SAS，禁制區的大小，SAS系統建議在10-25公里範圍內。
- 在臺灣，如果未來主管單位決定在某個軍事基地，或是大型衛星接收站區域，不允許CBSD發射訊號，就可以透過禁制區的設置，讓SAS來管控。
- 禁制區的繪製是Google kml格式，可以先在Google Earth中繪製禁區輸出成KML檔，再輸入到SAS平臺中。



版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

完成臺灣地理圖資建立



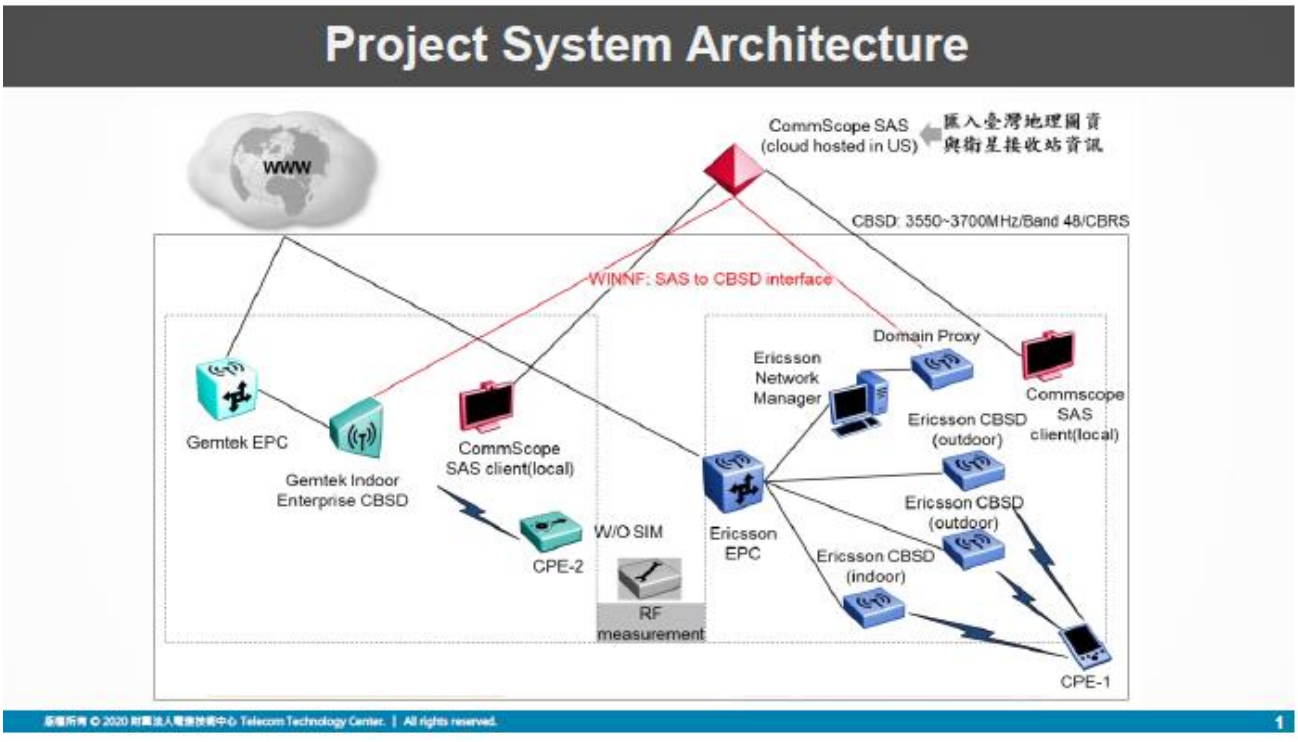
版權所有 © 2016 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

感謝聆聽

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

三、 CBSD 與 SAS 平臺互通性測試驗證





Test Environment in Gemtek Lab



Compact EPC



Small Cell (CBSD-A)



Band 48 CPE

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Test Cases

■ 測試項目：總共8類別，27測項

SAS-CBSD信令通訊協定及程序驗測主要範圍	
1	通訊安全 (Communication Security)
2	冷重啟方案 (Cold Reboot Scenarios)
3	CBSD註冊請求 (CBSD Registration Request)
4	CBSD頻譜查詢(CBSD Spectrum Inquiry)
5	CBSD授權 (CBSD Grant)
6	CBSD心跳傳輸 (CBSD Heartbeat)
7	CBSD授權放棄 (CBSD Grant Relinquishment)
8	CBSD註銷 (CBSD Deregistration)

說明：

參照WInnForum, Signaling Protocols and Procedures for Citizens Broadband Radio Service (CBRS): Spectrum Access System (SAS) - Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD) Interface Technical Specification, Document WINNF-TS-0016, Version V1.2.5

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Test Cases-Result 1/2

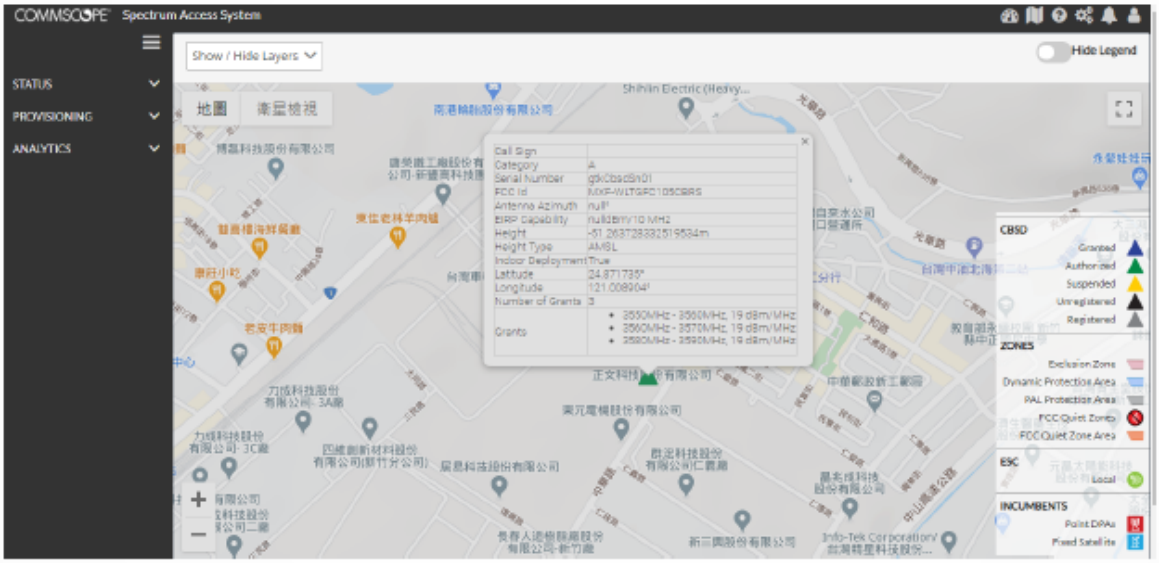
測試項目	說明	結果
通訊安全		
TC_SEC_01	SAS-CBSD相互認證成功	PASS
TC_SEC_02	使用CRL撤銷CBSD	N/A
TC_SEC_03	身份驗證失敗: 認證過期	PASS
TC_SEC_04	身份驗證失敗: CA未知	PASS
冷重啟方案		
TC_ColdReboot_01	CBSD冷重啟測試後，CBSD成功運行	PASS
CBSD註冊請求		
TC_REG_01	CBSD註冊成功	PASS
TC_REG_02	團體會員成功註冊CBSD	PASS
TC_REG_03	CBSD註冊不完整	PASS
TC_REG_04	藉由CPI協助，CBSD成功註冊	PASS
TC_REG_05	CBSD註冊失敗: 黑名單	PASS
TC_REG_06	使用CPI簽名數據，成功註冊CBSD	PASS
CBSD頻譜查詢		
TC_SPEC_01	成功查詢GAA頻譜	PASS
TC_SPEC_02	成功查詢PAL頻譜	PASS
TC_SPEC_03	成功查詢GAA + PAL頻譜	PASS
TC_SPEC_04	在無許可證下成功進行PAL頻譜查詢	PASS
TC_SPEC_05	通過測量報告成功查詢頻譜	PASS

測試項目	說明	結果
CBSD授權		
TC_GRAN_01	成功申請GAA 授權	PASS
TC_GRAN_02	成功申請包含測量報告的GAA授權	PASS
TC_GRAN_03	成功的PAL授權請求	PASS
CBSD 心跳傳輸		
TC_HB_01	成功傳輸心跳訊息	PASS
TC_HB_02	透過授權更新成功傳輸心跳訊息	PASS
TC_HB_03	心跳間隔變化	PASS
TC_HB_04	CBSD授權暫停	PASS
TC_HB_05	CBSD授權未暫停	PASS
TC_HB_06	CBSD授權終止	PASS
CBSD授權放棄		
TC_RELIN_01	CBSD授權放棄	PASS
CBSD註銷		
TC_DEREG_01	成功註銷CBSD	PASS

- 因CommScope合作的憑證公司INSTA尚未建立CRL(Certificate revocation list)機制，因此TC_SEC_02測項不適用。
- 其餘26測項皆順利完成測試。

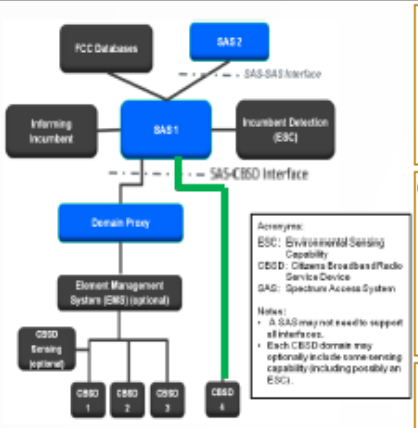
版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Test Cases-Result 2/2



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

SAS-CBSD Interface Protocol



Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD): The CBSD is a radio device that communicates in the CBRS band. It obtains
Grants from the SAS via the SAS-CBSD interface.

Spectrum Access System (SAS): A system that authorizes and manages use of spectrum for the Citizens Broadband Radio Service.

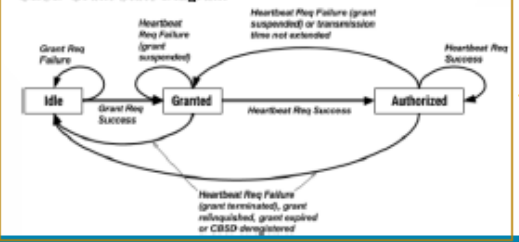
SAS-CBSD Interface Protocol

- 8.1 SAS Discovery Procedure
- 8.2 Authentication Procedure
- 8.3 CBSD Registration Procedure
- 8.4 CBSD Spectrum Inquiry Procedure
- 8.5 CBSD Grant Procedure
- 8.6 CBSD Heartbeat Procedure
- 8.7 CBSD Grant Relinquishment Procedure
- 8.8 CBSD Deregistration Procedure

CBSD Registration State Diagram



CBSD Grant State Diagram



CBRS End to End System

Management System



vEPC



Small cell (CBSD-A)



ODU

UE (EUD/ CBSD-A)



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Gemtek Small Cell

- Procedures
  - CS/PS Combined or PS Only Attach
  - Authentication
  - Security Mode Command
    - EIA-0、EIA-1、EIA-2
    - EEA-0、EEA-1、EEA-2
  - Default APN/Bearer Creation
  - S1/X2 Handover
    - Including Hand-in, Hand-out with eNB
  - Paging/Idle Mode
  - IPv4 Address Allocation
  - Support Multiple APNs
  - Support CSFB
  - Detach



- **EPC & macro eNB IOT**
  - Aricent EPC Emulator
  - PolarisNetwork EPC Emulator
  - Gemtek Compact EPC
  - Ericsson EPC
  - Tatang EPC & macro eNB
  - Nokia EPC & macro eNB
  - Huawei EPC & macro eNB
- **SeGW/HeNB GW IOT**
  - Cisco SeGW/HeNB-GW
  - SMEC SeGW/HeNB-GW
- **UE IOT**
  - Gemtek made Altair、GCT、Qualcomm、Sequans Chipset CPE/USB Dongle/Hotspot
  - iPhone SE, iPhone 6、HTC M8、Sony Z3、Samsung Note 4、iPhone 7、iPhone X, iPhone XR, iPhone 11 & Huawei, Mi, Sharp..
  - Tablet: Asus ML302-KL
- **SAS sever IOT**
  - Google
  - AmDocs
  - CommScope
  - Federated Wireless
  - Sony

- **Main Feature**
  - **Based on Cavium Fusion M 7130 SOC**
  - Support **3GPP R9**
  - Support FDD **B3**,B7. TDD **B41**, B42, B43, **B48(CBRS)**
  - Support up to 32 UEs connected
  - Support GPS and IEEE1588V2 for timing and frequency sync
  - Support 2Tx2R MIMO
  - Support Remote Management SNMPv2
  - Support Flexible Local Management
  - Support CSFB to 3G
  - Support Dual Image
  - Support S1 and X2 HO
  - Support Support Web GUI Management IF
  - Rx Sensitivity: Compliant to TS-36.104,36.141
  - Support POE+ 56V 0.55A
  - Support Gemtek EMS system for Remote Management
  - **Support SAS-CBSD Protocol**

Based on licensed L2/L3 stack, Gemtek has:

1. **Optimizing the Small Cell performance and reliability**: Including RF performance, system software architecture, handover procedure (including FDD & TDD HO), RB allocation algorithm, MCS algorithm, power control algorithm, and software based IEEE1588v2.

2. **Developing CBRS SAS-CBSD protocol & Pass FCC Certification**

3. **Gemtek can handle all the IOT with multi-vender devices.**

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Gemtek LTE Compact EPC

Gemtek vEPC is target for providing a basic data connection service for a small area deployment and support Gemtek CPE team.



- Gemtek vEPC System:
  - Including basic MME、SGW、PGW and HSS (Authentication) function.
- Specifications
  - 3GPP LTE Rel. 9 (S1,S11,S6a,SGi)
  - Diameter: RFC-3588, RFC-5516
- Features
  - Portwell CAR-3080 edge server
- Throughput
  - 5 Gbps in and 5 Gpbs out

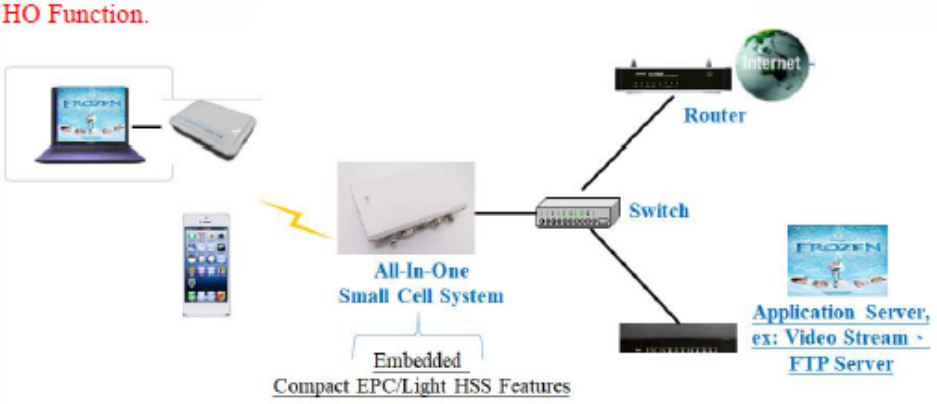
All these core network function are developed by Gemtek

- CS/PS Combined or PS Only Attach Procedure
- - USIM Authentication AKA(Authentication and Key Agreement Procedure)
- - Security Mode Command Procedure
- - Default APN/Bearer Creation Procedure
- - S1/X2 Handover Procedure
- - Paging/Idle Mode Procedure
- - UE IPv4 Address Allocation via Default Bearer creation.
- - Can fix UE IPv4 by IMSI.
- - Detach Procedure
- - Support maximum 1000 Small Cell S1AP/SCTP Connection Establishment
- - Support maximum 10000 UE NAS Signaling Connection Establishment
- - Support maximum 10000 GTP-U Data Connection Establishment
- - JSON file format to configure the vEPC
- - UE Statistic
- - Support internal Virtual Light HSS server or external HSS server to do authentication.
- - Dedicated Bearer Creation Procedure (2020 Q4)
- - Multiple APNs Creation Procedure (2020 Q4)

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

X-Cell – All-In-One Box System

- Gemtek X-Cell is embedded with the Gemtek Compact EPC and Light HSS function.
  - X-Cell : Meaning eXtending the Small **Cell** capability to a small all-in-one box communication system.
  - Suit for FWA application
  - No HO Function.



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Certification of CBSD



CERTIFICATE OF COMPLIANCE

International Certification Corp

Certificate Number: WNF0001102

This is to certify that the following products have been tested by us with the listed standards and found in conformity with the procedures given in ANSI C63.4-2014 and all tests are performed according to FCC Part 15 and Canada Standard ICES-003 Issue 6 Rules.

This Certificate applies to the tested sample below mentioned only and shall not imply an assessment of the whole production. It is only valid in connection with the test report number: FC0930102.

Applicant	:	Gemtek Technology Co., Ltd.
Product Name	:	LTE ODU Small cell
Model No.	:	WLT0FC-185
Brand Name	:	Gemtek
Applied Standards	:	FCC Part 15, Subpart B, Class B ICES-003 Issue 6, Class B ANSI C63.4-2014

ICC

FC

November 15, 2019

WINNF-TS-0122 Test Report

WINNF-TS-0122 Test Report

APPLICANT	Gemtek Technology Co., Ltd.
EQUIPMENT	LTE ODU Small cell
BRAND NAME	Gemtek
MODEL NAME	WLT0FC-185
FCC ID	MXF-WLT0FC185CBRS
REFERENCE	WINNF-TS-0122 Version V1.0.1
TEST DATE(S)	Oct. 30, 2019 ~ Nov. 06, 2019

The product was received on Oct. 29, 2019 and testing was started from Oct. 30, 2019 and completed on Nov. 06, 2019. We, SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory, would like to declare that the tested sample has been evaluated in accordance with the test procedures given in WINNF-TS-0122 Version V1.0.1 and has been in compliance with the applicable technical standards.

The report result only applies to the tested model / sample. Without written approval of SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory, the test report shall not be reproduced except in full.

Reviewed by: William Chen

William Chen / Deputy Manager

Approved by:

SPORTON INTERNATIONAL INC. EMC & Wireless Communications Laboratory

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBSD Test Report

- WLTGG-122 LTE Cat 12 B48 HE Outdoor CPE

WINNF-TS-0122 Test Report

APPLICANT	Gemtek Technology Co., Ltd.
EQUIPMENT	WLTGG-122 LTE Cat 12 B48 HE Outdoor CPE
BRAND NAME	Gemtek
MODEL NAME	WLTGG-122-HGA_48
FCC ID	MXF-WLTGG12248H
REFERENCE	WINNF-TS-0122 Version V1.0.1
TEST DATE(S)	Sep. 11, 2019 ~ Oct. 08, 2019





- Support TDD-LTE Mode Band 42_43_48 *
- Support 3GPP Release 12 compliant
- Support up to UE LTE Category 12 PHY Rate **
- Support 4x4 MIMO with 40MHz CA
- Support DL 256QAM with DL 2x2 MIMO only
- Support UL 2Tx (CDD / UL_MIMO/ UL CA)
- Physical 2Tx & 4Rx in RF front end
- GPS for location (optional HW & SW ; not in default package)
- Support 1.8V and 3V SIM and USIM card for LTE Mode
- Supports Dynamic Host Configuration Protocol
- Built-in web server for web-based configuration
- Password protected access and configuration
- Supports IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab (10/100/1000 Mbps)
- Support Power over Ethernet of Outdoor WAN port {802.3 at}
- Supports VPN pass-through
- Support IP67 Environmental Proof

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

四、　動態頻譜共享實驗場域驗證

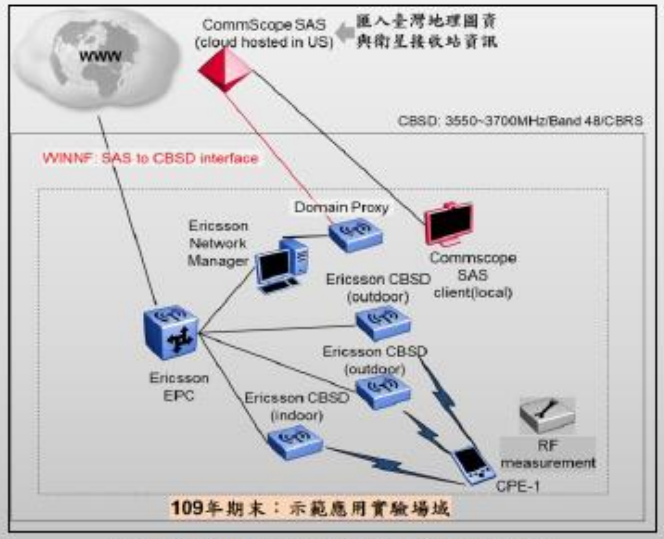




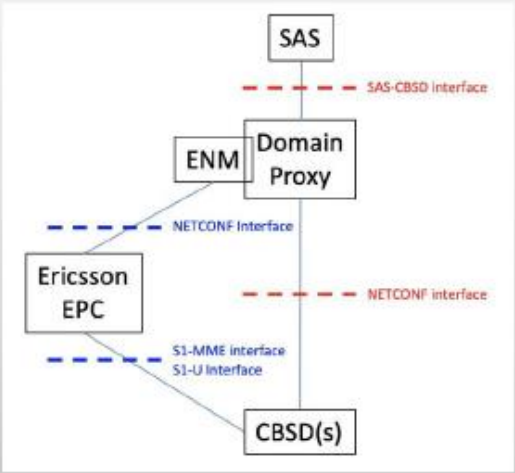
CBRS 測試架構

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS 服務架構



SAS-Domain Proxy-CBSD system architecture



SAS-Domain Proxy-CBSD interface protocol

3

亞太 CBRS 場域設置 (1/2)

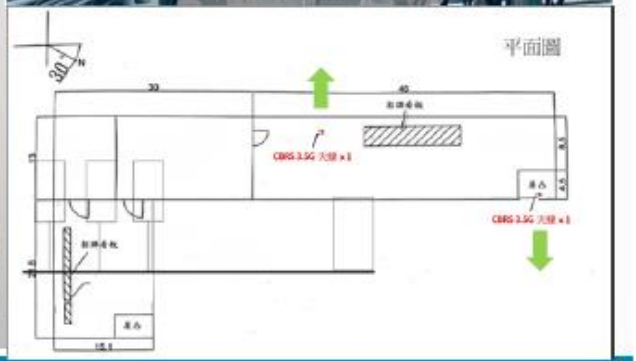
環境	室內／室外(示範應用實驗場域)
參與廠家	行動業者(亞太電信/Ericsson)／SAS服務業者(CommScope)
站臺位置	由聯瑞科技將臺灣圖資依CommScope SAS平臺需求客製化完成基站經緯度設定為實際臺灣座標位置
測試頻段	3570-3700MHz
測試情境	CBSDs透過Domain Proxy與SAS平臺連線，進行相關情境展示
CBSD數量	室內*1＋室外*2(亞太電信)

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

亞太 CBRS 場域設置 (2/2)







版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

亞太 CBRS 場域電波涵蓋示意圖



6

CBSD介紹(1/2)

■ CBSD Radio2208為通過FCC SAS認證之小型基站Radio2208主要功能及規格

Radio2208功能及規格



3550–3700 MHz for uplink and downlink B48 for LTE
3GPP R14
Citizens Broadband Radio Service (CBRS) band received power scan with at least 5 MHz units
Duplex transmitter/receiver (2TX/2RX) branches with 10 W per branch
Up to 9.8 Gbps CPRI (optical)
Nominal voltage –48 V DC
Normal voltage range for radio core at radio input connector +35 to +37 V DC
Non-destructive range 0 to –60 V DC
Maximum nominal output power 2 × 10 W

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

7

CBSD介紹(2/2)

■ **Ericsson Radio 2208**

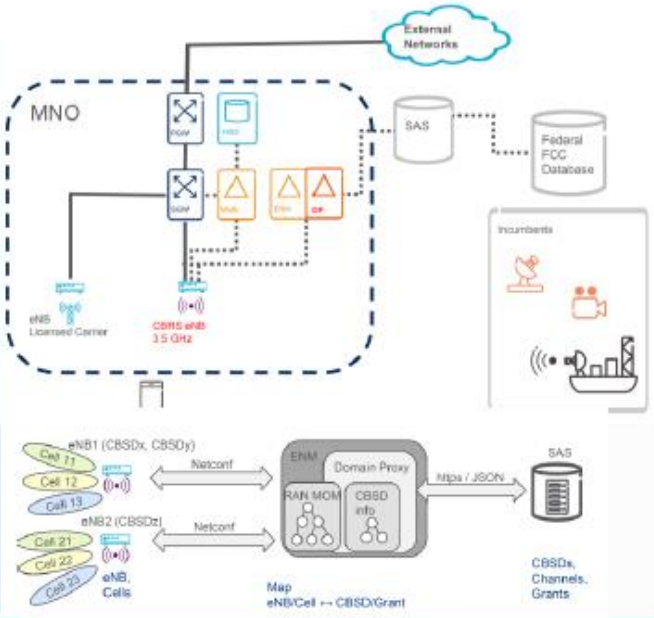
- Support (A) – The Support provides the Radio Core with integrated mechanical attachment, power conversion and cooling, it consists of a mounting bracket, a fan unit, and a PSU.
- Radio Core (B) – The Radio Core handles the radio communication in the unit and consists of a thermal radiator, TRX, and the FU.
- Antenna (C) – The optional integrated directional Antenna provides directional RF coverage for the radio, and protects the Radio Core.



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Domain Proxy (DP)

- DP Software version 19.4
- Better Network Management
  - ✓ Coordinated grant/heartbeat requests for a cluster of CBSD devices.
  - ✓ Coordinated response for frequency changes due to incumbent detection.
- Better security
  - ✓ One secure point in the operator’ s subnet domain interfacing with SAS.
  - ✓ One set of security certificates for TLS.
  - ✓ eNBs do not have external connections.

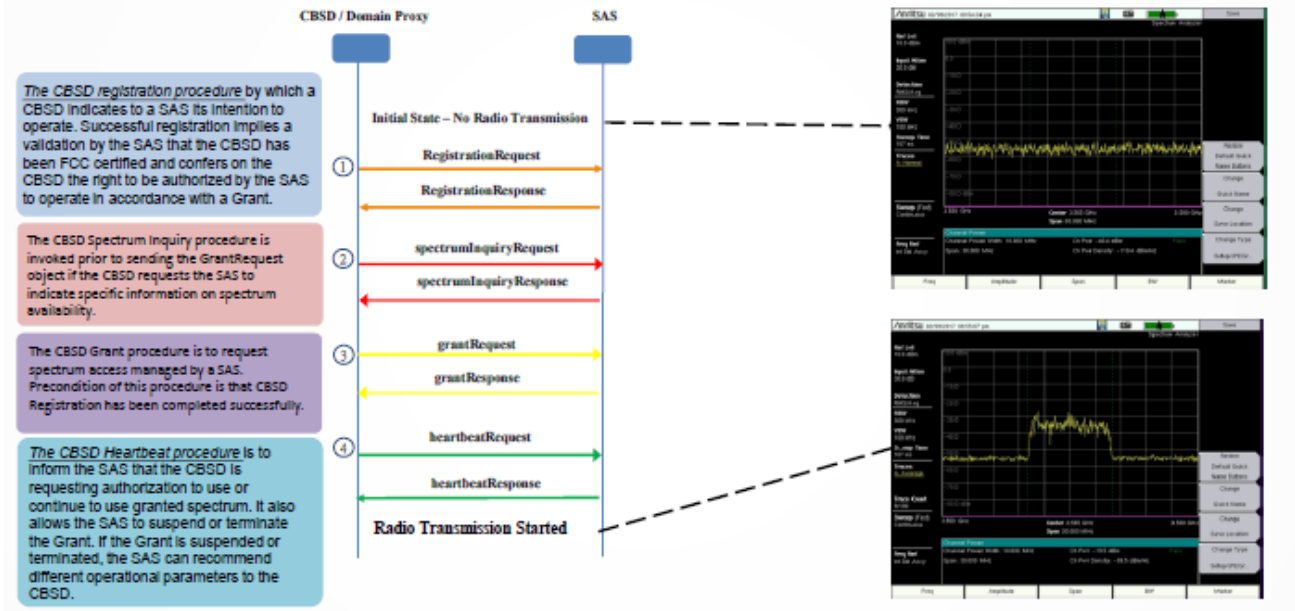


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS Call Flow

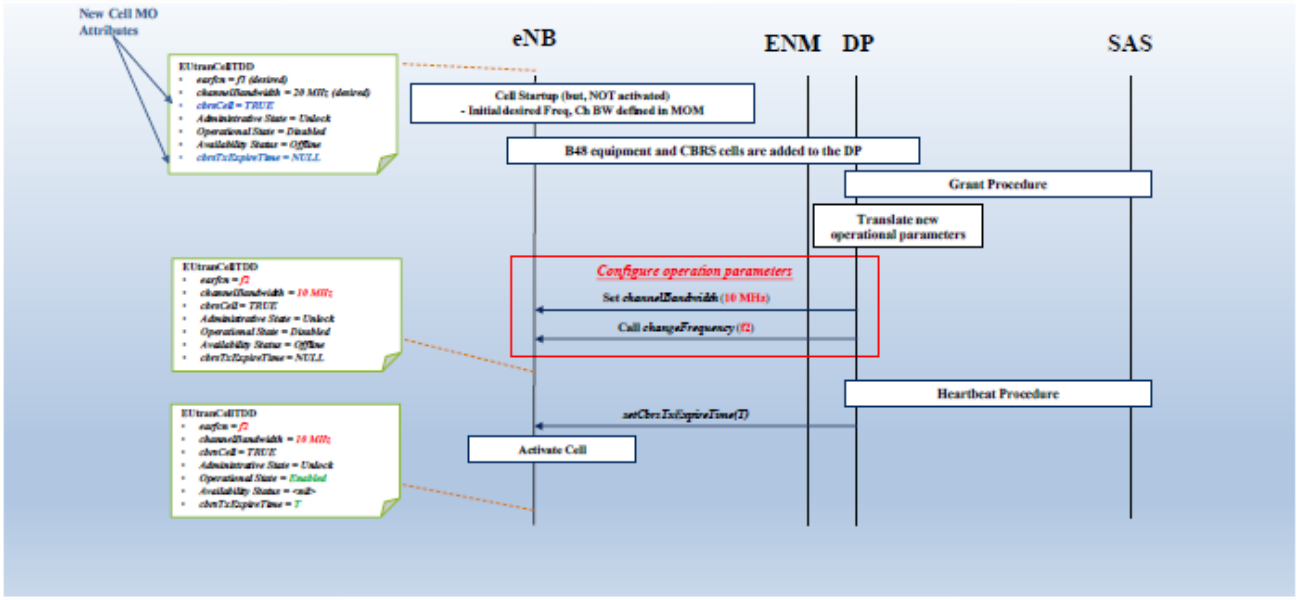
版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS Call Flow



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS Call Flow

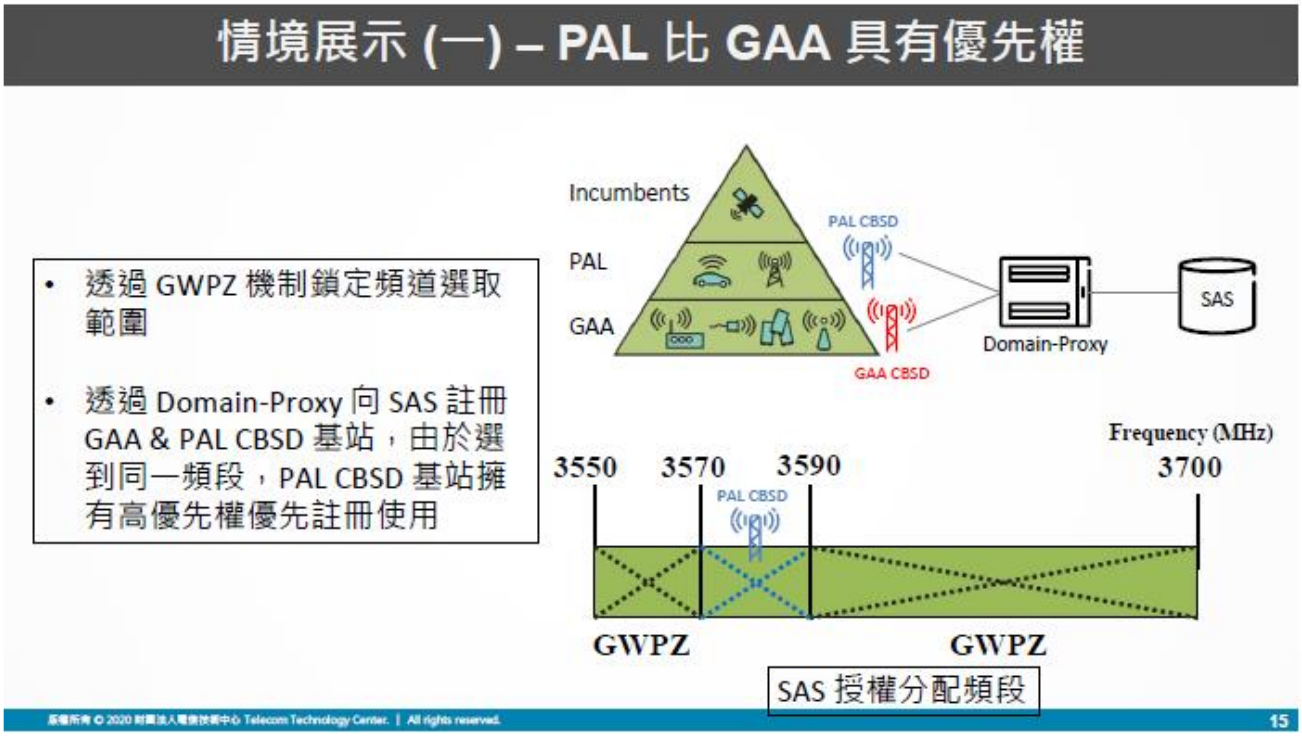


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS情境展示說明

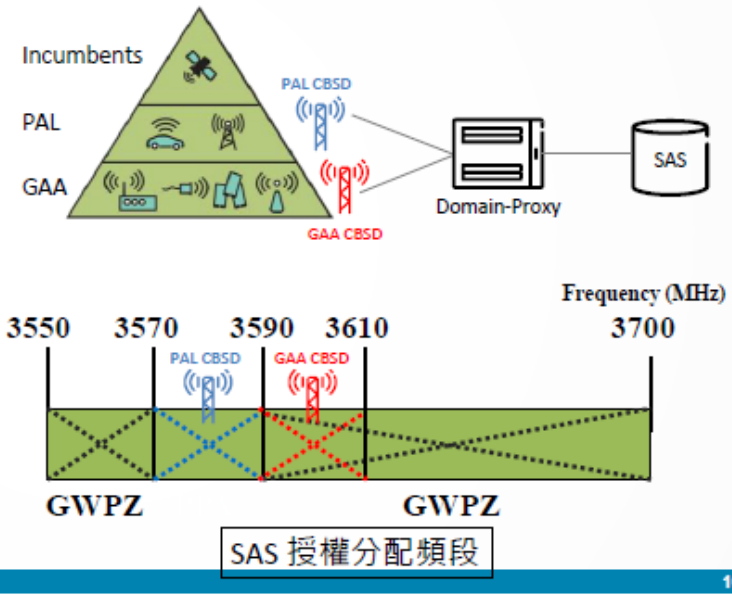
版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.


CBRS 情境展示總表
› SAS對於PAL和GAA授權請求的管理
› PAL比GAA具有優先權
› SAS將授權GAA非PAL的其他透過
不同使用者間(GAA/PAL)
動態調整管理
› SAS對於ST2的使用及其對CBRS系統影響
› 距離小於40km時
› 距離大於40km且小於150km時
基於動態調整CBSD操作
對中新二號衛星的保護管理
› Domain Proxy對於CBSD的管理
› 新增CBSD群組
› 查看CBSD群組
基於Domain Proxy架構下
對CBSD的管理
14


情境展示 (一) – PAL 比 GAA 具有優先權
• 透過 GWPZ 機制鎖定頻道選取範圍
• 透過 Domain-Proxy 向 SAS 註冊 GAA & PAL CBSD 基站，由於選到同一頻段，PAL CBSD 基站擁有高優先權優先註冊使用
Incumbents
PAL
GAA
PAL CBSD
GAA CBSD
Domain-Proxy
SAS
Frequency (MHz)
3550
3570
3590
3700
PAL CBSD
GWPZ
GWPZ
SAS 授權分配頻段
15

情境展示 (一) – SAS 將授權 GAA 非PAL 的其他頻段

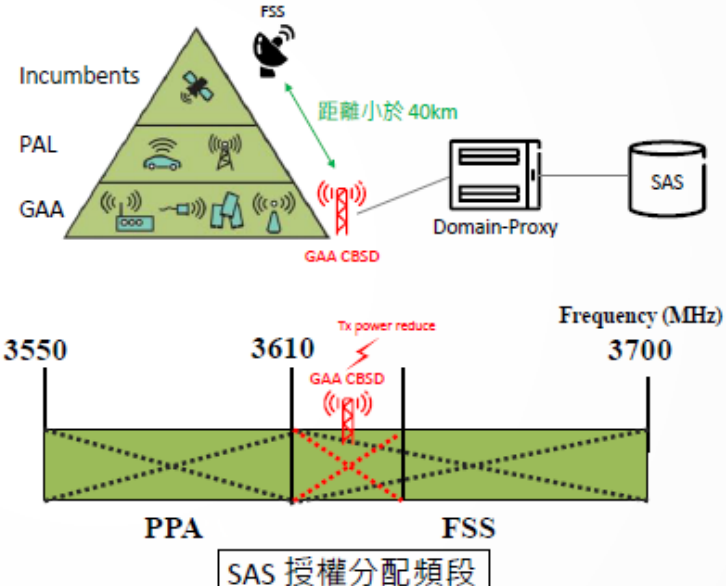
- 透過 GWPZ 機制鎖定頻道選取範圍
- 透過 Domain-Proxy 向 SAS 註冊 GAA & PAL CBSD 基站，由於選到同一頻段，PAL CBSD 基站擁有高優先權優先註冊使用
- 再次註冊，SAS 授權 GAA CBSD 非 PAL 授權頻道註冊使用



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.
16

情境展示 (二) – 中新二號衛星(ST-2)的保護管理

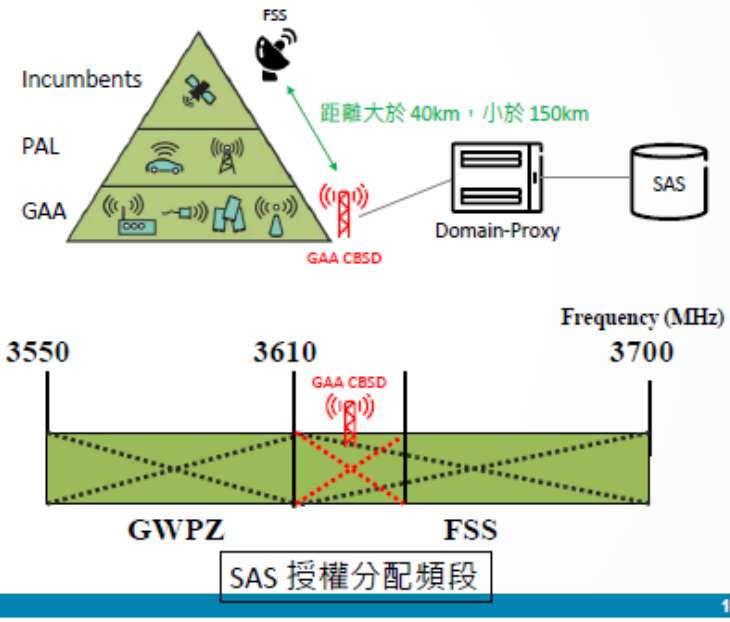
- 透過 PPA 機制鎖定頻道選取範圍
- 透過 Domain-Proxy 向 SAS 註冊 GAA CBSD 基站，由於可能影響既有 FSS 服務，故 SAS 決定先 Suspend GAA CBSD 的請求，並要求調降功率
- GAA CBSD 基站調降功率後再次註冊，SAS 授權 GAA CBSD FSS 授權頻道註冊使用



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.
17

情境展示 (二) – 中新二號衛星(ST-2)的保護管理

- 透過 GWPZ 機制鎖定頻道選取範圍
- 透過 Domain-Proxy 向 SAS 註冊 GAA CBSD 基站，由於可能影響既有 FSS 服務，故 SAS 決定先 Suspend GAA CBSD 的請求
- SAS 確認過後授權 GAA CBSD FSS 授權頻道註冊使用

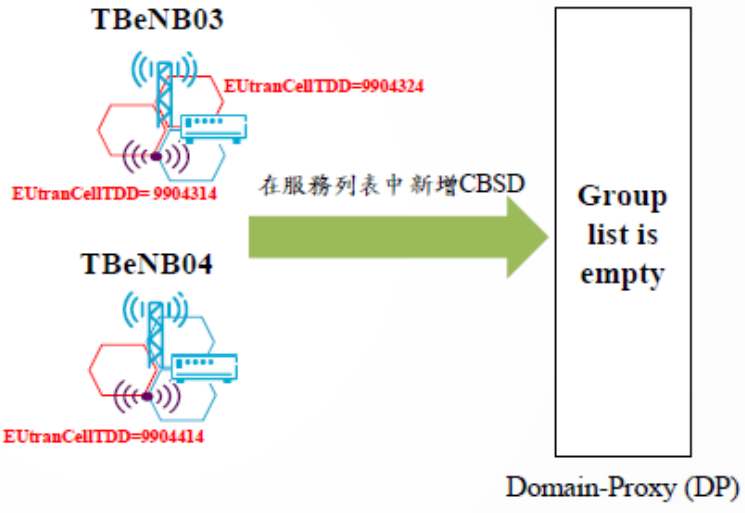


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

情境展示 (三) – DP對CBSD的管理

室內基站：TBeNB 03
小區編號：9904314、9904324

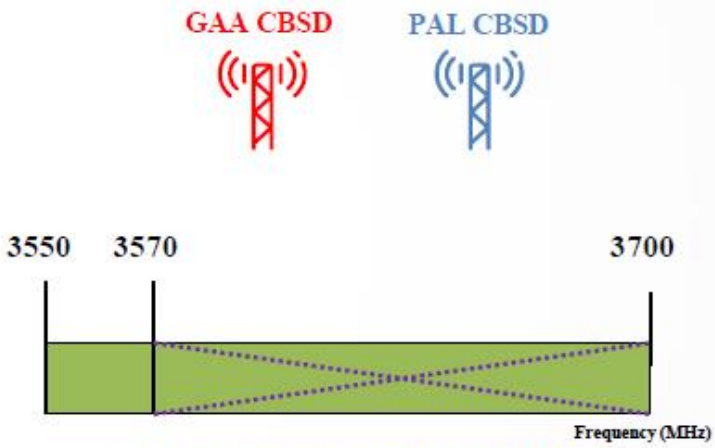
室外基站：TBeNB 04
小區編號：9904414



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS 情境展示 – 系統參數

- cbsdSerialNumber
  - ✓ CF86993592 (GAA CBSD)
  - ✓ E390000KSF (PAL CBSD)
- cbsdCategory
  - ✓ B type (室外型)

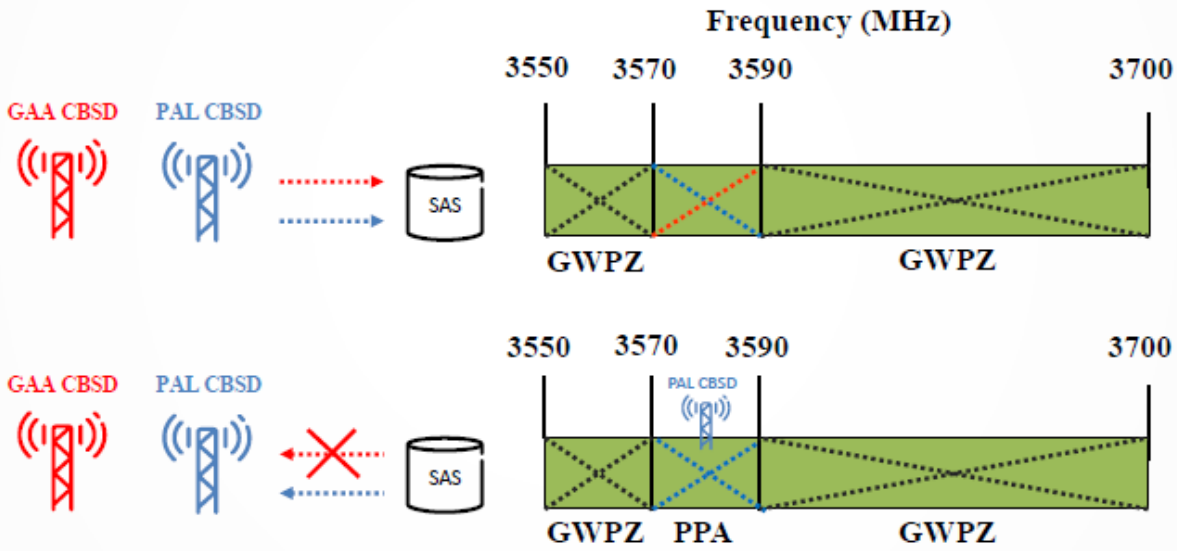


使用到的頻段為3570-3700 (MHz)

版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.



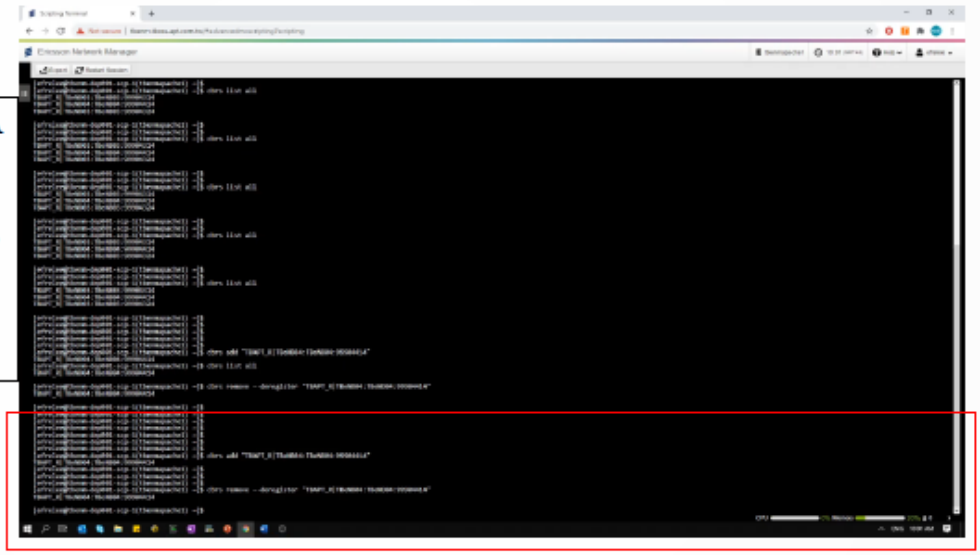
PAL 比 GAA 具有優先權



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 1：註冊 GAA CBSD

- 10:01:48:476 GAA 註冊上
- 重要參數有CBSD serial number CF86993592 以及 CPIsign的eData



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 1 : GAA 取得 3570-3590MHz

- 10:02:26:502 GAA CBSD 取得 3570-3590MHz 頻段

- 重要參數:

✓ grantID : 3570-3580-105
✓ grantID : 3580-3590-105
✓ cbsdID : CF86993592
✓ transmitExpireTime : 2020-08-18T02:06:26
✓ transmitExpireTime : 2020-08-18T02:06:26

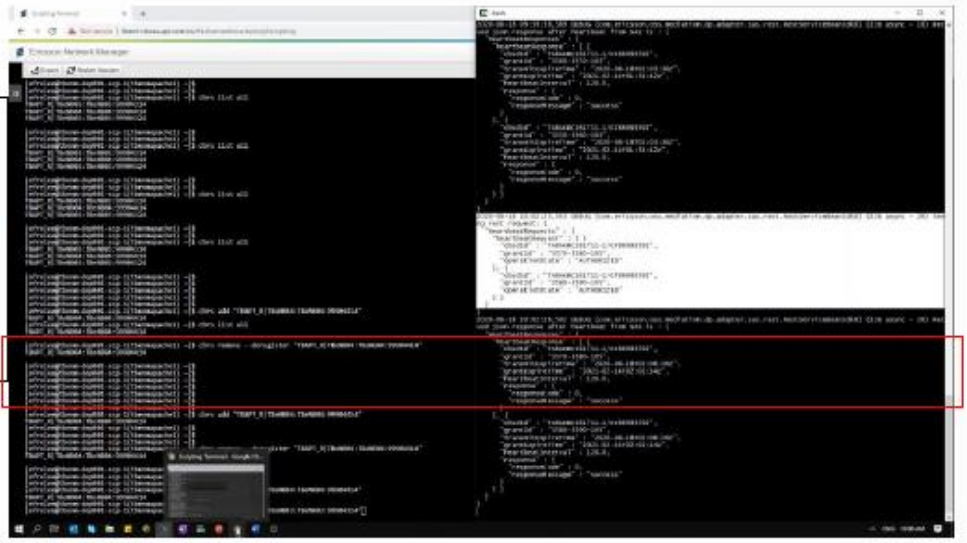


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 2 : 註冊 PAL CBSD

- 10:06:50:745 PAL註冊上

- 重要參數有CBSD serial number E390000KSF 以及 CPIsign的eData



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 2 : PAL 取得 3570-3590MHz

- 10:08:06:527 PAL CBSD 取得 3570-3590MHz 頻段

- 重要參數:

✓ grantID : 3570-3580-107
✓ grantID : 3580-3590-107
✓ cbsdID : E390000KSF
✓ transmitExpireTime : 2020-08-18T02:12:06
✓ transmitExpireTime : 2020-08-18T02:12:06

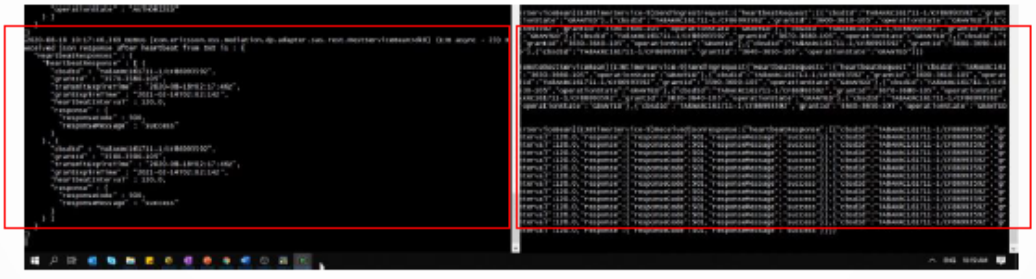


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 3 & Result : GAA 無法繼續使用原頻段; PAL 優先使用 3570-3590MHz頻段

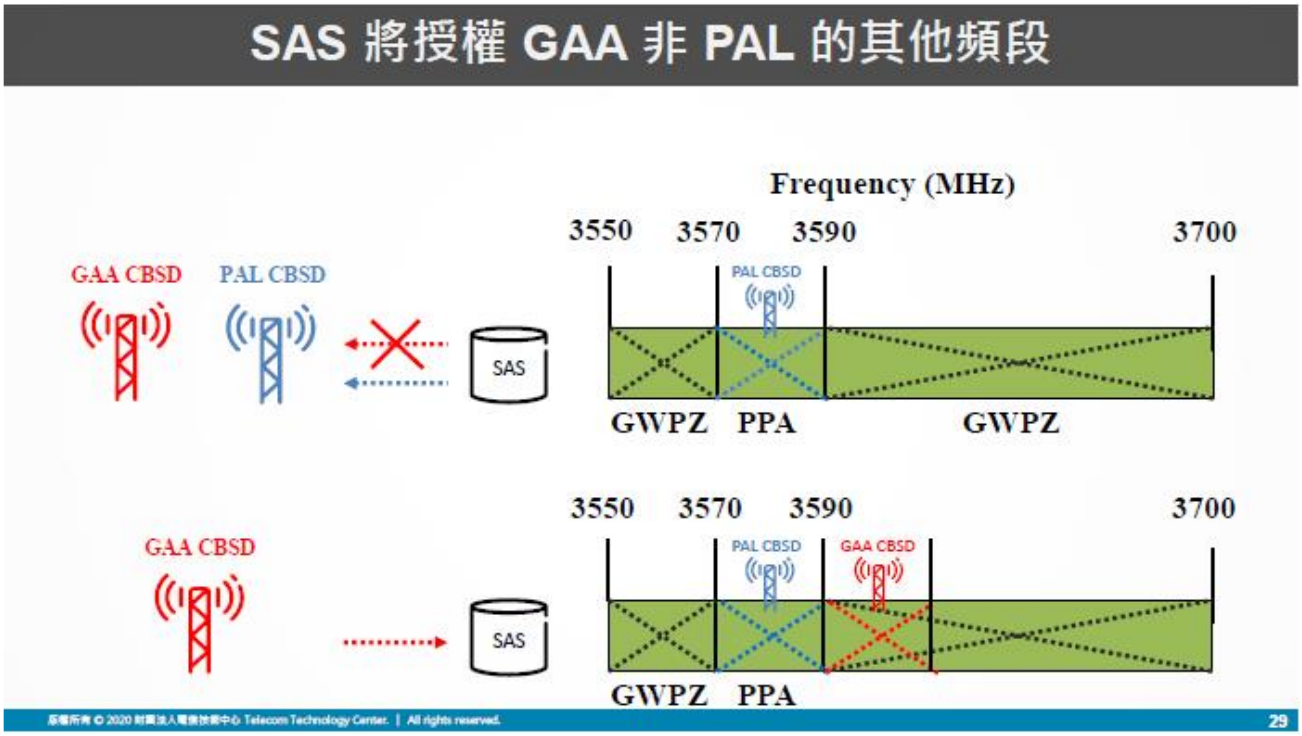
- 10:17:46:369 GAA 被 SAS terminate
- responseCode : 500

- 10:18:46:543 PAL擁有發射3570-3590MHz頻段的權力
- responseCode : 0



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

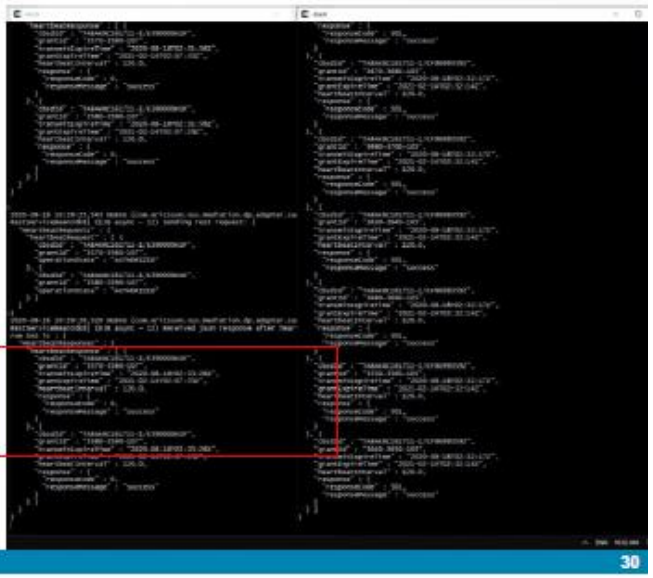

CBRS情境展示(一)
SAS 將授權 GAA 非PAL 的其他頻段
28


SAS 將授權 GAA 非 PAL 的其他頻段
Frequency (MHz)
3550
3570
3590
3700
GAA CBSD
PAL CBSD
SAS
PAL CBSD
GWPZ
PPA
GWPZ
3550
3570
3590
3700
GAA CBSD
SAS
PAL CBSD
GAA CBSD
GWPZ
PPA
29

Step 1 & Result：再次註冊 GAA CBSD，並確認 GAA CBSD 成功取得非 PAL 頻段

- 10:32:25:543 GAA CBSD 取得 3590-3610MHz 頻段

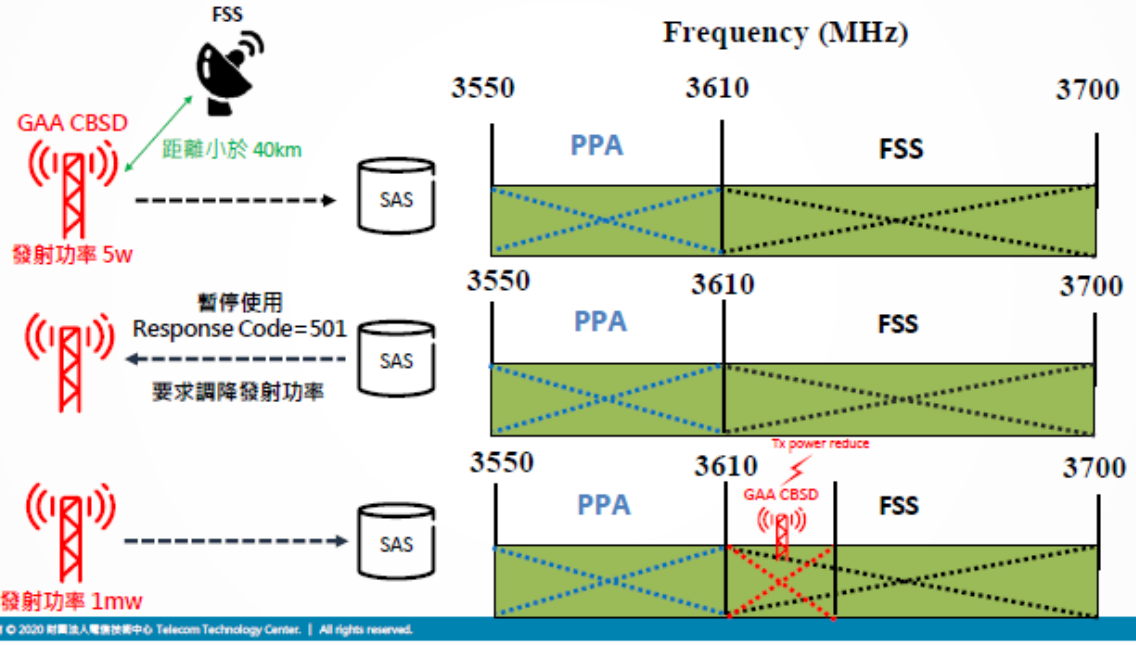
- 重要參數:
  - ✓ grantID：3590-3600-105
  - ✓ grantID：3600-3610-105
  - ✓ cbsdID：CF86993592



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS情境展示(二)
FSS 與 CBSD 距離小於 40 km 時

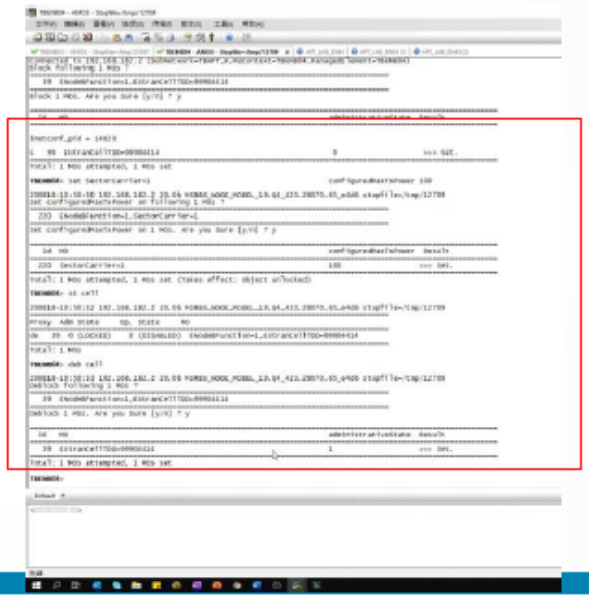
FSS 與 CBSD 距離小於 40km 時



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 1：將 GAA CBSD 設定發射功率為 5W

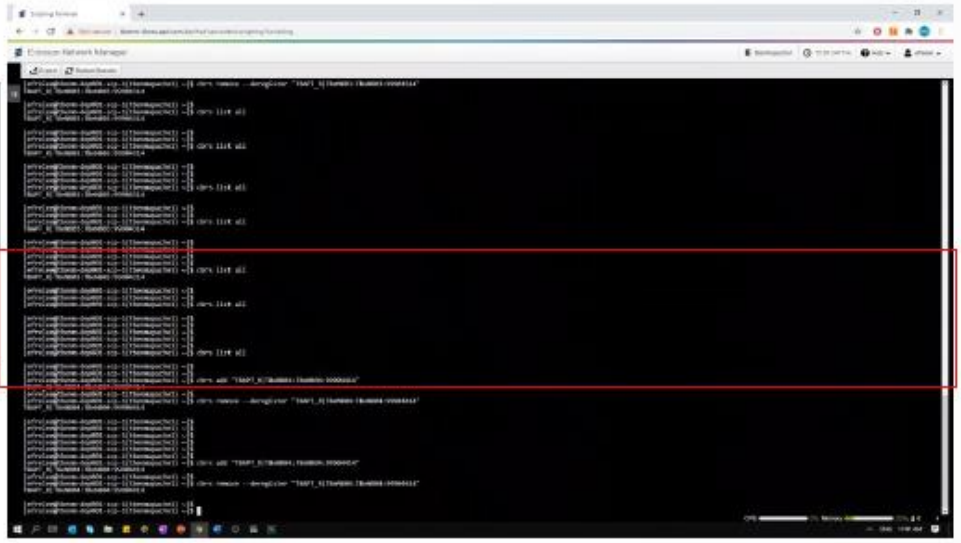
- 重要參數:
  - ✓ configureMaxTxPower=5000 (單位mw)
  - ✓ EutranCellTDD=99904414



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 1：將 GAA CBSD 註冊於距離 FSS 小於40 km 處

- 11:01:35:756 GAA 註冊上
- 重要參數有CBSD serial number CF86993592 以及 CPIsign的eData



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 2：確認 GAA CBSD 被 SAS 暫停使用

- 重要參數:
- ✓ cbsdId : CF86993592
- ✓ grantId : 3550-3700 (全頻段)
- ✓ responseCode : 501



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 3 : 調降 GAA CBSD 功率

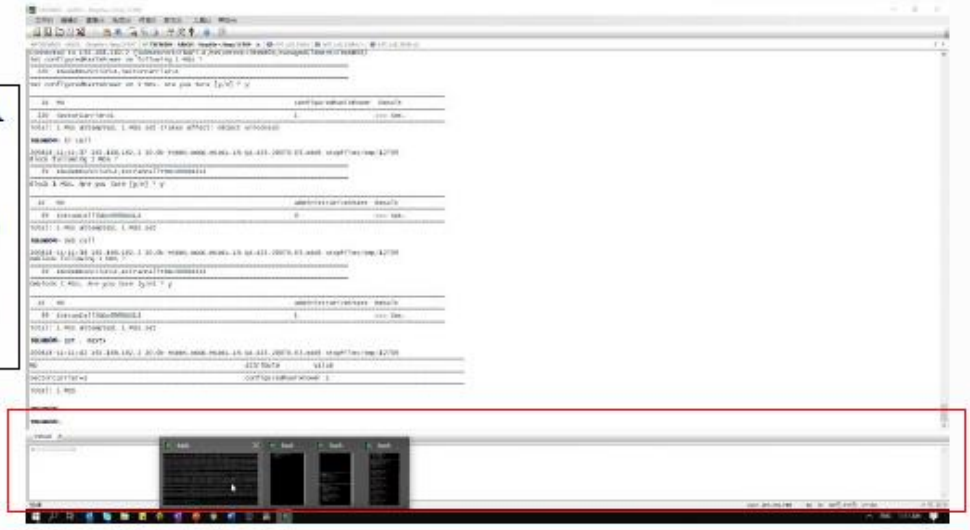
- 重要參數:
  - ✓ configureMaxTxPower=1 (單位mw)
  - ✓ EutranCellTDD=99904414



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 3 : 調降 GAA CBSD 功率

- 11:11:58:748 GAA 註冊上
- 重要參數有CBSD serial number CF86993592 以及CPIsign的eData



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 3 : Spectrum 功率測量



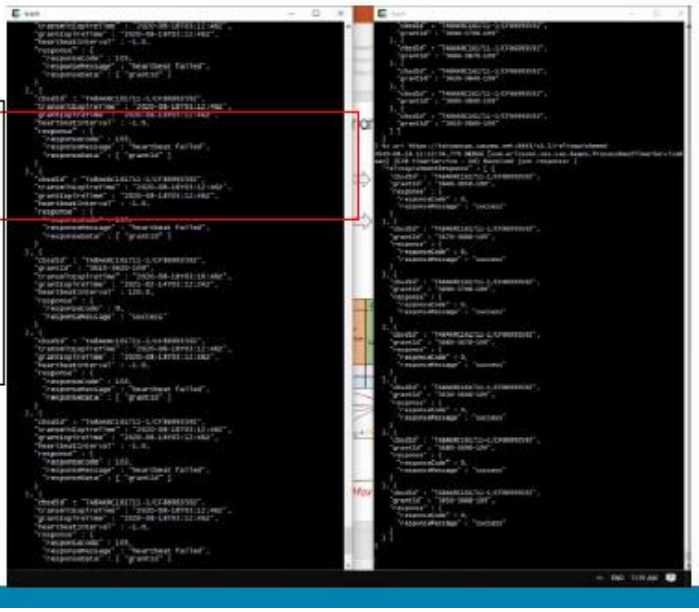
版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 4 : 確認調降功率後的 CBSD 可成功取得 FSS 頻段

- GAA CBSD 取得 3610-3630MHz 頻段

- 重要參數:

✓ grantID : 3610-3620-109
✓ grantID : 3620-3630-109
✓ cbsdID : CF86993592

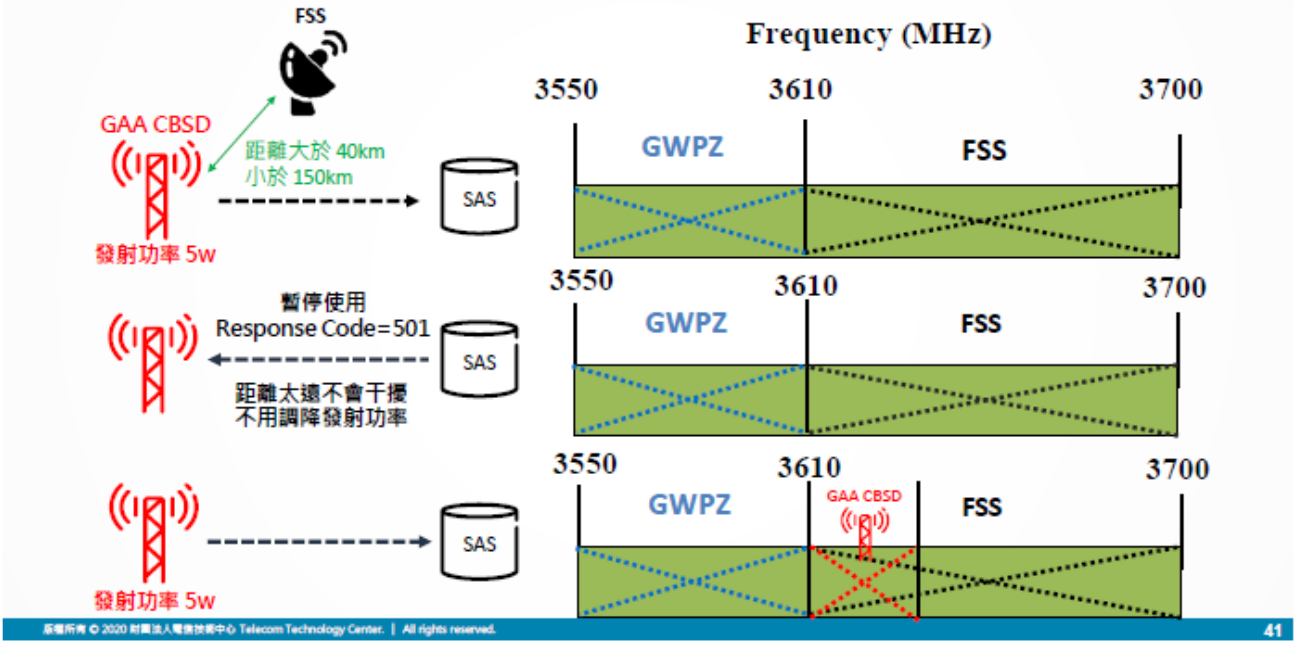


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

CBRS情境展示(二)
SAS 與 CBSD 距離大於 40 km 小於 150 km

40

FSS 與 CBSD 距離大於 40km 小於 150 km

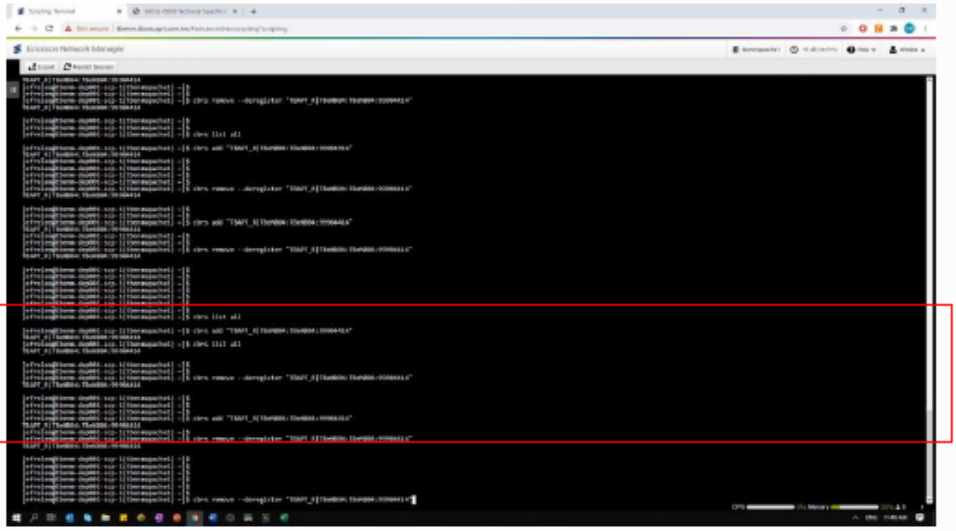


版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

41

Step 1：將 GAA CBSD 註冊於距離 FSS 大於 40 且小於 150 km距離內

- 10:49:45:749 GAA 註冊上
- 重要參數有CBSD serial number CF86993592 以及 CPIsign的eData



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 2：確認 GAA CBSD 被 SAS 暫停使用

- 重要參數:
  - ✓ cbsdId : CF86993592
  - ✓ grantId : 3550-3700 (全頻段)
  - ✓ responseCode : 501



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Step 3 & Result : 確認 CBSD 可成功取得 FSS 頻段

- GAA CBSD 取得 3610-3630MHz 頻段

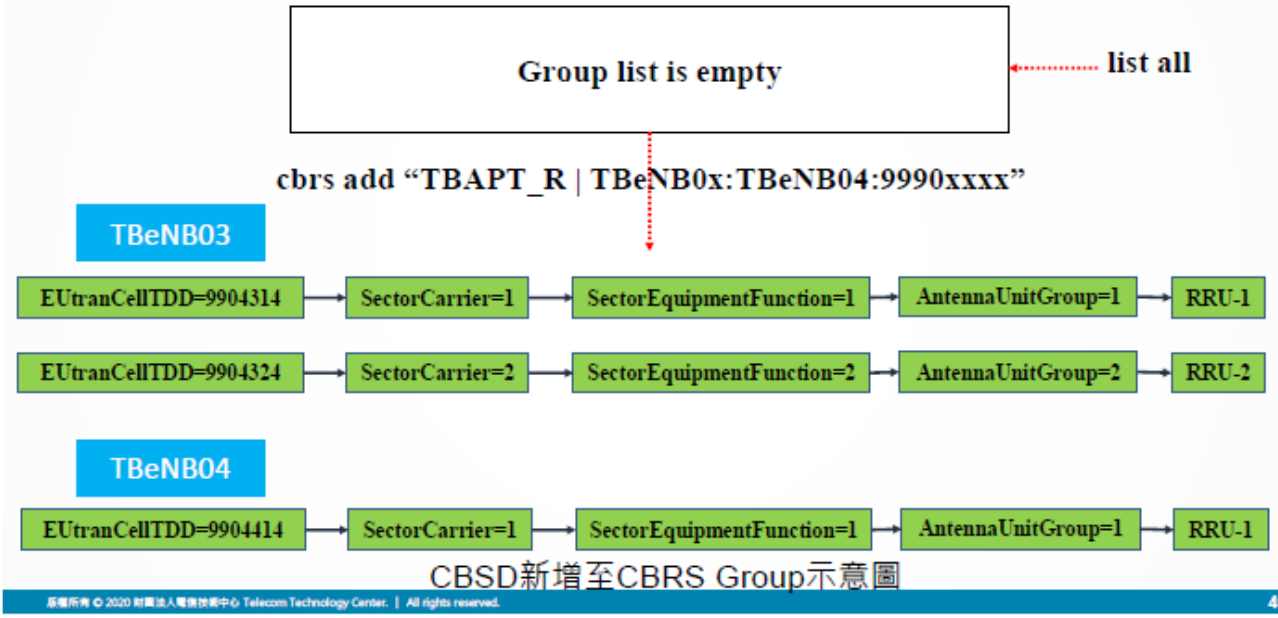
- 重要參數:
  - ✓ grantID : 3610-3620-109
  - ✓ grantID : 3620-3630-109
  - ✓ cbsdID : CF86993592



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.



Domain Proxy 對 CBSDs 的管理 (1/2)



CBSD新增至CBRS Group示意圖

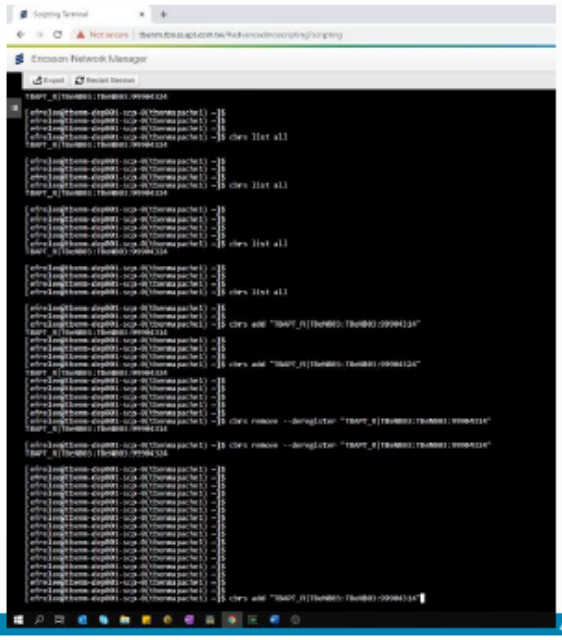
版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

Domain Proxy 對 CBSDs 的管理 (2/2)

- cbrs add “TBAPT_R | TBeNB03:TBeNB03:99904414
cbrs list all -> TBeNB03 : 99904314

- cbrs add “TBAPT_R | TBeNB03:TBeNB03:99904324
cbrs list all -> TBeNB03 : 99904324

- cbrs add “TBAPT_R | TBeNB04:TBeNB04:99904414
cbrs list all -> TBeNB04 : 99904414



版權所有 © 2020 財團法人電信技術中心 Telecom Technology Center. | All rights reserved.

■ 簽到表

財團法人電信技術中心

會議簽到單

會議時間：109年10月15日(星期四)上午09:30

會議地點：亞太電信內湖總部（台北市內湖區基湖路32號）

NO	公司名稱	簽名	備註
1	聯瑞科技	李信志	
2	聯瑞科技	謝知仁	
3	聯瑞科技	王俊賢	
4	正文科技	黃明富	
5	NCC	徐端陸	
6	TTC	王彥中	
7	亞太電信	高尚貴	
8	〃	陳璽卉	
9	TTIDA	劉寶亭	
10	TTC	王宗和	
11	台大电机	張時中	
12	正文科技	莊順賢	
13	ITRI	曾祥偉	
14	ITRI	邱瑞貴	
15	〃	陳仁豪	
16			

財團法人電信技術中心

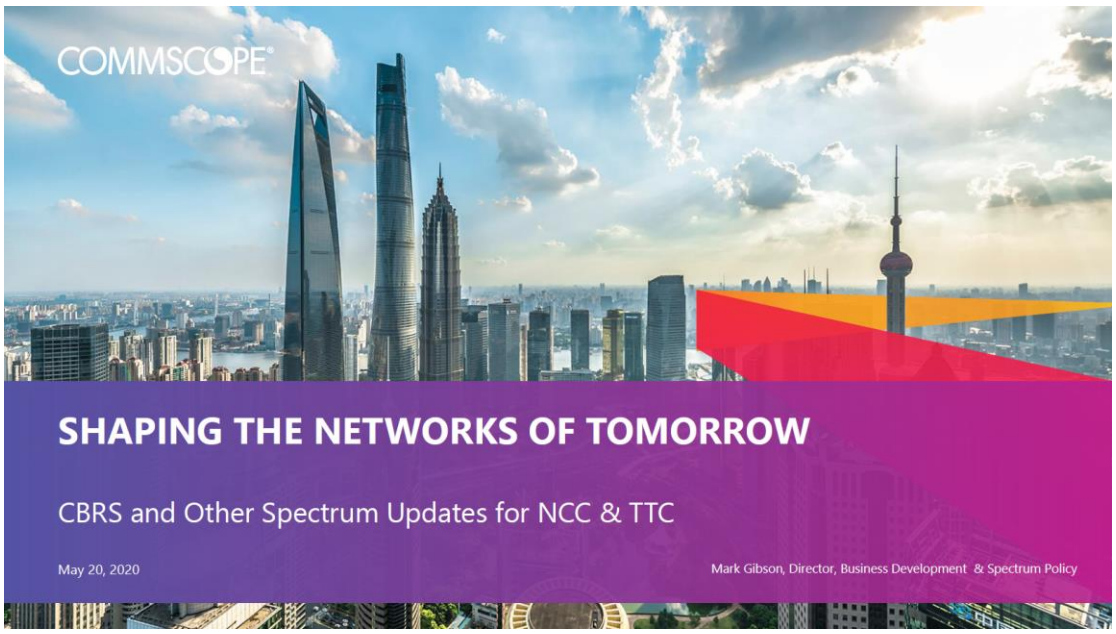
會議簽到單

會議時間：109年10月15日(星期四)上午09:30

會議地點：亞太電信內湖總部（台北市內湖區基湖路32號）

NO	公司名稱	簽名	備註
1	亞太電信	Eric	
2	TTC	王[illegible]旭	
3	ACTS	楊松穆	
4	ACTS	王俊潮	
5	Gemteks	黃順賢	
6	ERT	李明霖	
7	ERT	葉廷承	
8	ERT	施非陰	
9	ERT	陳名宏	
10	ERT	周[illegible]宇	
11	TTC	柯[illegible]也	
12	TTC	洪[illegible]惇	
13	TTC	簡[illegible]誠	
14	TTC	王[illegible]建	
15	TTC	[illegible]鄉[illegible]文	
16	TTC	許[illegible]有	

附錄九：專家講座資料、簽到表



Agenda

- **Welcome & Introductions**
- **CBRS Updates & Technical Considerations**
- **CBRS Use Cases & Examples**
- **Applications in 3100-3350 MHz**
- **Update on 6 GHz in the U.S. and Automatic Frequency Coordination**
- **Applications in the 4.8-4.9 GHz band in Taiwan**
- **Questions and Wrap-Up**

COMMSCOPE®

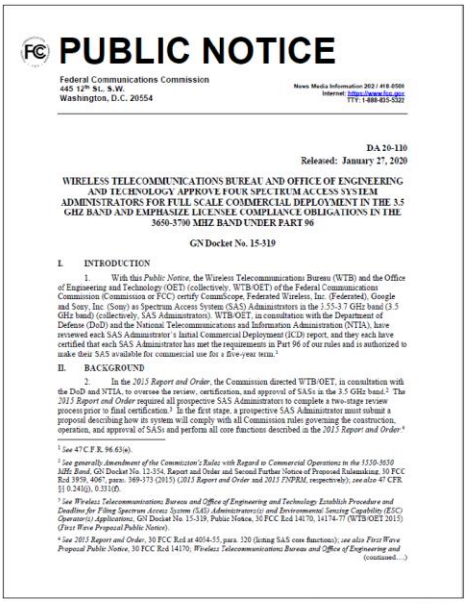
Welcome & Introductions

COMMSCOPE®

General Updates on Activities

CBRS is Full Speed Ahead!

- FCC issued Public Notice for Full Commercial Deployment
  - All ICD deployments automatically converted to Full Commercial
- No limitations to deployment
- CBRS can now proceed as a full commercial service under GAA
- PAL auctions slated now for July 23, 2020
- FCC reminded Pt. 90 licensees of the April 17, 2020 transition deadline (now Oct 17, 2020)



PUBLIC NOTICE

Federal Communications Commission
445 12th St., S.W.
Washington, D.C. 20554

News Media Information 202 / 418-0500
Internet: https://www.fcc.gov
TTY: 1-888-835-5322

DA 20-110
Released: January 27, 2020

WIRELESS TELECOMMUNICATIONS BUREAU AND OFFICE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY APPROVE FOUR SPECTRUM ACCESS SYSTEM ADMINISTRATORS FOR FULL SCALE COMMERCIAL DEPLOYMENT IN THE 3.5 GHZ BAND AND EMPHASIZE LICENSEE COMPLIANCE OBLIGATIONS IN THE 3650-3700 MHZ BAND UNDER PART 96

GN Docket No. 15-319

I. INTRODUCTION

1. With this *Public Notice*, the Wireless Telecommunications Bureau (WTB) and the Office of Engineering and Technology (OET) (collectively, WTB/OET) of the Federal Communications Commission (Commission or FCC) certify CommScope, Federated Wireless, Inc. (Federated), Google and Sony, Inc. (Sony) as Spectrum Access System (SAS) Administrators in the 3.55-3.7 GHz band (3.5 GHz band) (collectively, SAS Administrators). WTB/OET, in consultation with the Department of Defense (DoD) and the National Telecommunications and Information Administration (NTIA), have reviewed each SAS Administrator's Initial Commercial Deployment (ICD) report, and they each have certified that each SAS Administrator has met the requirements in Part 96 of our rules and is authorized to make their SAS available for commercial use for a five-year term.[1]

II. BACKGROUND

2. In the *2015 Report and Order*, the Commission directed WTB/OET, in consultation with the DoD and NTIA, to oversee the review, certification, and approval of SASs in the 3.5 GHz band.[2] The *2015 Report and Order* required all prospective SAS Administrators to complete a two-stage review process prior to final certification.[3] In the first stage, a prospective SAS Administrator must submit a proposal describing how its system will comply with all Commission rules governing the construction, operation, and approval of SASs and perform all core functions described in the *2015 Report and Order*.[4]

[1] *See* 47 C.F.R. 96.63(e).

[2] *See generally Amendment of the Commission's Rules with Regard to Commercial Operations in the 3550-3650 MHz Band*, GN Docket No. 12-354, Report and Order and Second Further Notice of Proposed Rulemaking, 30 FCC Rcd 3959, 4067, paras. 369-373 (2015) (*2015 Report and Order and 2015 FNPRM*, respectively); *see also* 47 CFR §§ 0.241(j), 0.331(f).

[3] *See Wireless Telecommunications Bureau and Office of Engineering and Technology Establish Procedure and Deadline for Filing Spectrum Access System (SAS) Administrator(s) and Environmental Sensing Capability (ESC) Operator(s) Applications*, GN Docket No. 15-319, Public Notice, 30 FCC Rcd 14170, 14174-77 (WTB/OET 2015) (*First Wave Proposal Public Notice*).

[4] *See 2015 Report and Order*, 30 FCC Rcd at 4054-55, para. 120 (listing SAS core functions); *see also First Wave Proposal Public Notice*, 30 FCC Rcd 14170; *Wireless Telecommunications Bureau and Office of Engineering and*
(continued....)

Heat Map of Current CBRS Deployments

CONFIDENTIAL

Total CBSD Count is over 15,000

(5/8/20)

Lite-Touch Leasing

- FCC working with industry to define how to handle leasing
- Light touch leasing is a, "… streamlined spectrum manager leasing process based on spectrum manager leasing rules, tailored for the leasing Priority Access Licenses"
  - Doesn't apply to *de facto* leasing
- Priority Access Licensees can lease any portion of their licensed geographic area for any bandwidth or any period of time within the scope of the Priority Access License but outside its PAL Protection Area
- Role of SASs
  - Act as a "conduit" for the Priority Access License lessor and lessee
  - Confirm the lessees meet certain criteria and the parties meet certain eligibility requirements
  - Provide the FCC with an electronic report of the leasing notifications on a daily basis (this will be done through an API that interfaces into the ULS)

WInnForum & CBRS Alliance Activities

WIRELESS INNOVATION FORUM

Release 2 components

PAL channel selection

PAL leasing

CA changes

ALLIANCE cbrs

Release of Specification to support 5G NR

Continued work on device cert and Coex

Some work on PAL channel selection

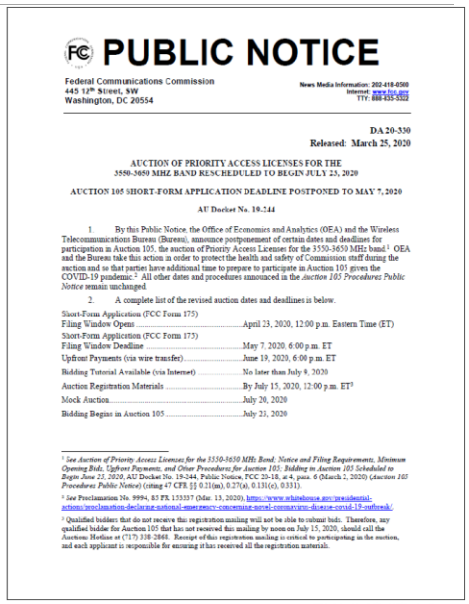
OnGo Test & Certification

COMMSCOPE®

PAL Auctions

PAL Auction Update

- New Timeline:
  - Short Form Filing Window: April 23 – May 7
  - "Quiet Period": May 7 until post-auction down payment deadline
  - Upfront Payments: June 19
  - Bidding Tutorial: No later than July 9
  - Mock Auction: July 20
  - **Bidding Starts: July 23**



PUBLIC NOTICE

Federal Communications Commission
445 12th Street, SW
Washington, DC 20554

News Media Information: 202-418-0500
Internet: www.fcc.gov
TTY: 888-835-5322

DA 20-330
Released: March 25, 2020

AUCTION OF PRIORITY ACCESS LICENSES FOR THE 3550-3650 MHZ BAND RESCHEDULED TO BEGIN JULY 23, 2020

AUCTION 105 SHORT-FORM APPLICATION DEADLINE POSTPONED TO MAY 7, 2020

AU Docket No. 19-244

1. By this Public Notice, the Office of Economics and Analytics (OEA) and the Wireless Telecommunications Bureau (Bureau), announce postponement of certain dates and deadlines for participation in Auction 105, the auction of Priority Access Licenses for the 3550-3650 MHz band.[1] OEA and the Bureau take this action in order to protect the health and safety of Commission staff during the auction and so that parties have additional time to prepare to participate in Auction 105 given the COVID-19 pandemic.[2] All other dates and procedures announced in the *Auction 105 Procedures Public Notice* remain unchanged.

2. A complete list of the revised auction dates and deadlines is below.

Short-Form Application (FCC Form 175) Filing Window Opens	April 23, 2020, 12:00 p.m. Eastern Time (ET)
Short-Form Application (FCC Form 175) Filing Window Deadline	May 7, 2020, 6:00 p.m. ET
Upfront Payments (via wire transfer)	June 19, 2020, 6:00 p.m. ET
Bidding Tutorial Available (via Internet)	No later than July 9, 2020
Auction Registration Materials	By July 15, 2020, 12:00 p.m. ET[3]
Mock Auction	July 20, 2020
Bidding Begins in Auction 105	July 23, 2020

[1] *See Auction of Priority Access Licenses for the 3550-3650 MHz Band; Notice and Filing Requirements, Minimum Opening Bids, Upfront Payments, and Other Procedures for Auction 105; Bidding in Auction 105 Scheduled to Begin June 25, 2020*, AU Docket No. 19-244, Public Notice, FCC 20-18, at 4, para. 6 (March 2, 2020) (*Auction 105 Procedures Public Notice*) (citing 47 CFR §§ 0.131(m), 0.27(a), 0.131(c), 0.331).

[2] *See* Proclamation No. 9994, 85 FR 15337 (Mar. 13, 2020), https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/proclamation-declaring-national-emergency-concerning-novel-coronavirus-disease-covid-19-outbreak/.

[3] Qualified bidders that do not receive this registration mailing will not be able to submit bids. Therefore, any qualified bidder for Auction 105 that has not received this mailing by noon on July 15, 2020, should call the Auctions Hotline at (717) 338-2868. Receipt of this registration mailing is critical to participating in the auction, and each applicant is responsible for ensuring it has received all the registration materials.

Incumbents



Navy Shipborne Radar (SPN-43)
- 3550-3650 in coastal areas
- On only 19 ships
- To be replaced in 2025(?) with SPN-50



Military Ground-Based Radars
- Protected at three sites: Pensacola, FL; Pascagoula, MS; St Inigoes, MD
- Operations can extend below 3550 MHz at several sites
- Over 50 total GB radars

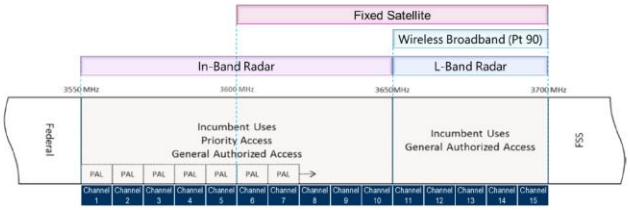


Fixed Satellite Systems (FSS)
- In band (3600-3700 MHz) at 35 sites
- Adjacent-band operation (3700-4200 MHz) at thousands of sites, but only TT&C sites protected

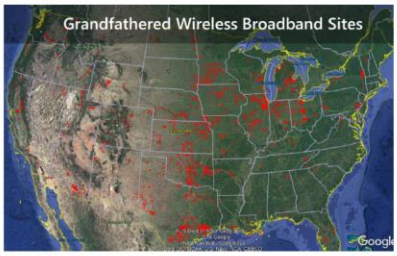


Wireless Broadband and Utility Services (Part 90, subpart Z) (3650-3700 MHz)
- Many thousands around the country (~4700)
- Will be transitioned to PAL or GAA operation in 2020 (most) through 2023 (few)

Incumbent Encumbrances



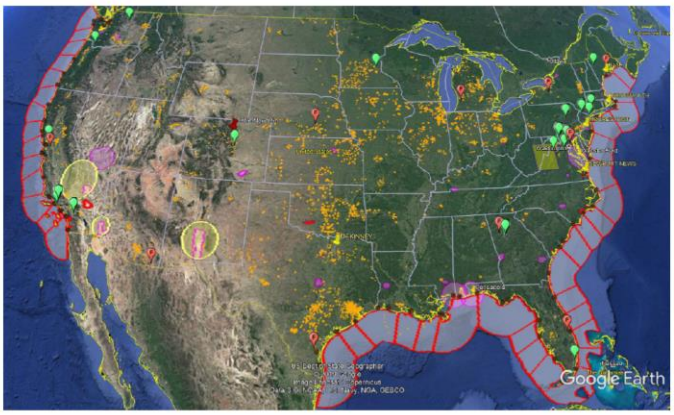






Incumbent Primary Access

- US Military Ship-borne Radar
- US Military Ground-borne Radar
- Fixed Satellite Sites
- Grandfathered Wireless Broadband
- Federal Quiet Zones
  - FCC Field Offices
  - Table Mountain, CO
  - NRAO/NRRO, WV
- Exclusion Zones



COMMSCOPE®

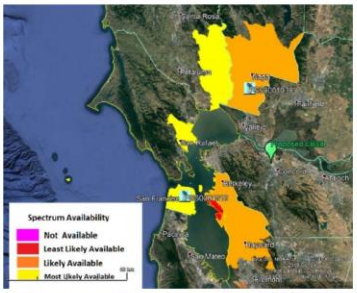
Spectrum Availability

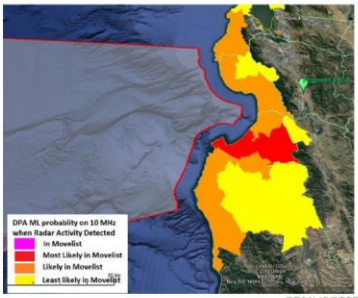
Spectrum Availability Analysis

Provides key information about areas affected by the presence of incumbents and potential future CBSDs.

Results provide:

- Analysis of spectrum availability at a granular level to understand operational frequency and power ranges
- Statistical information on spectrum availability for both current and future market conditions as CBSD penetration increases
- Prediction of actual areas affected by dynamic incumbent activity and provides backup channel planning
- PAL auction planning support
- Guidance to optimize installations based on spectrum availability





COMMSCOPE

GAA CBSD Deployment

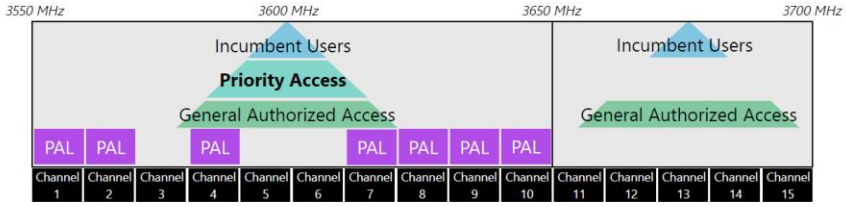
- Both greenfield and mature deployment analyses are important
  - In mature market conditions, density of CBSDs may impact spectrum availability near incumbents
- Statistical analysis reveals spectrum availability due to potential incumbent impact in static and dynamic incumbent situations
  - Static incumbents GAA protects:
    - GWPZ
    - FSS
    - PPA
    - ESC
  - Dynamic entities GAA protects
    - E-DPA
    - P-DPA
- Actual impacted area will depend on many components
  - Terrain
  - Proximity
  - CBSD density
  - Protection criteria
  - Frequency used by entities

COMMSCOPE

COMMSCOPE®

PAL Channel Assignment

Priority Access License & General Authorized Access



GAA

- Basically unlicensed except…
- Must be eligible to hold a license in U.S.
- All 150 MHz available when not claimed by PPA
- No rights to spectrum…no interference protection among other GAA
- No guarantees to spectrum
- GAA must protect PALs and incumbents

PAL

- To be auctioned in 10 MHz channels
- License areas are counties (22,631 total licenses)
- Ten-year license term
- No more than 70 MHz of PAL per county
- Max of 4 channels per licensee per county
- Spectrum rights claimed through PAL Protection Area (PPA)
- PALs must protect incumbents
- Auctions slated for July 23, 2020

PAL Channels

- Not all PAL Channel are same
  - Due to Tier 1 incumbent protection
    - FSS and DPA and exclusion zones
  - Due to ESC protection
  - Indirect impact of aggregate interference from GAA
  - UE transmission mask
- Impacts to PAL channels varies in dimension
  - Spatial- Impact is always present
    - FSS, ESC, Exclusion Zone, OOB DPA always ON
  - Temporal – Impact only during Radar detection
    - DPA
      - ESC and Portal
  - Spatial and Temporal
    - Latitude in reassignment



PAL Channel Assignment

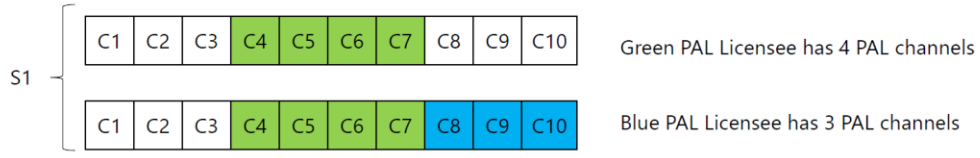
- Mapping of Logical PAL channel to physical channel is after auction
- §96.25 Priority access licenses
  I. (b)(1)(i). **Contiguous geographic areas:** An SAS must assign geographically contiguous PALs held by the same Priority Access Licensee to the same channels in each geographic area, to the extent feasible. The SAS may temporarily reassign individual PALs held by the same Priority Access Licensee to different channels, so that geographical contiguity is temporarily not maintained, to the extent necessary to protect Incumbent Users or if necessary to perform its required functions under subpart F of this part.
  II. (b)(2)(i). **Contiguous channels:** An SAS must assign multiple channels held by the same Priority Access Licensee to contiguous channels in the same License Area, to the extent feasible. The SAS may temporarily reassign individual PALs to non-contiguous channels to the extent necessary to protect Incumbent Users or if necessary to perform its required functions under subpart F of this part.
  III. (b)(2). **Channels:** Each PAL consists of a 10 megahertz channel within the frequency range set forth in §96.11. Channels must be assigned by the SAS. Priority Access Licensees may request a particular channel or frequency range from the SAS but will not be guaranteed a particular assignment.

Background: WInnForum Discussions

- Based on member contributions in WG5 regarding:
- Empowering the PAL Licensees to select the physical PAL channels (rule change)
- Providing priority to the largest PAL channel owner or largest area covered by a licensee to break tie if the number of "viable PAL Channels" is less than number of PAL licenses in that county
- Carriers first priority is to avoid channels requiring transmit power reduction, or closure, to protect incumbents (federal or FSS)
  - Channel contiguity in a county takes next precedence
- Same assignment per user in contiguous counties complicates PAL assignment and in some cases no solution can be found
  - Independent PAL channel assignment on county basis
  - If the contiguous channel cannot be guaranteed for a licensee having multiple PAL channels
  - If the same channel cannot be guaranteed with PAL owner having license in adjacent counties

Observation: Recognizing Contiguity in PAL Impairments

- For a given county, there is a contiguity in spectral dimension in terms of impairment
- PAL channel assignment problem can be simplified by recognizing this contiguity in the PAL impairment
- In most cases, contiguity in impacted PAL channel can be observed as
  - All channels are free of incumbent
  - Or ALL channels are equally impacted
  - Or A block of channels in lower portion is impacted and impacted channels are encumbered similarly
  - Or A block of channels in upper portion is impacted and channels are encumbered similarly



COMMSCOPE®

GAA

Spectrum Partition for Coexistence

- Debate around SAS control of GAA use centers on 47 C.F.R. §96.35:
  - "General Authorized Access Users operating Category B CBSDs must **make every effort to cooperate** in the selection and use of available frequencies provided by an SAS to minimize the potential for interference and **make the most effective use of the authorized facilities**. Such users shall coordinate with an SAS before seeking station authorization, and make every effort to ensure that their CBSDs operate at a location, and with technical parameters, that will minimize the potential to cause and receive interference among CBSDs. Operators of CBSDs suffering from or causing harmful interference are **expected to cooperate and resolve interference problems** through technological solutions or by other mutually satisfactory arrangements."
- Part 96 is RAT neutral, must address LTE & non-LTE alike
- Fair bandwidth partition
- Minimum bandwidth allocation in congested situations

CBRS Coexistence Status in the Standards

WInnForum

Release 1 – Published 2018

- No Coexistence mechanism
- INTERFERENCE_COORDINATION group
  - Deprecated in Rel-2
- All future groups will be defined in SSC-10

Release 2

- Coexistence TR(s) published 5/31/19
  - Provides a framework for inter-CxG but has outstanding issues
  - Grouping defined in TR- not in protocol yet
    - Single Frequency Group
    - Common Node (CNG)
    - Node Edge Group(NEG)

CBRS Alliance

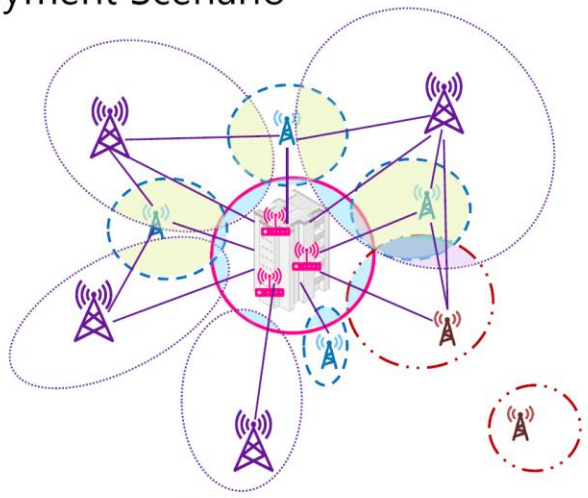
Release 2 –Published 1/11/19

- CBRS Alliance Coexistence Technical Specification (CBRSA-TS-2001 V2.0.0)
  - LTE-TDD specific coexistence
  - Addresses information exchange between CBSD and SAS for LTE-TDD coexistence
  - CBRS-A CxG object defined in SAS-CBSD protocol.
  - Defines preferred TDD config and method to select TDD config
  - Provides a framework for intra-Coexistence group

Release 3 -2020

- Published Feb 18, 2020
- NR and LTE coexistence
- Support of mandatory NR LTE-TDD configuration for coexistence with LTE-TDD

Deployment Scenario



Operator 1
Outdoor – high power

Operator 2
Outdoor – low power

Operator 3
Outdoor – low power

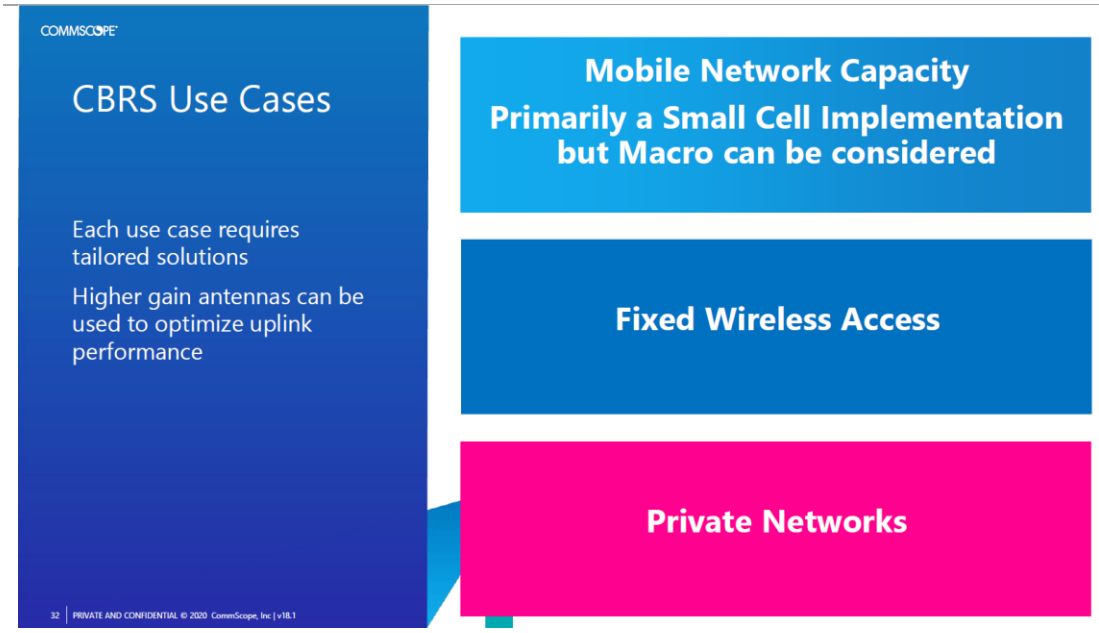
Operator 4
Indoor – low power

Lines are drawn between CBSDs which overlap in coverage

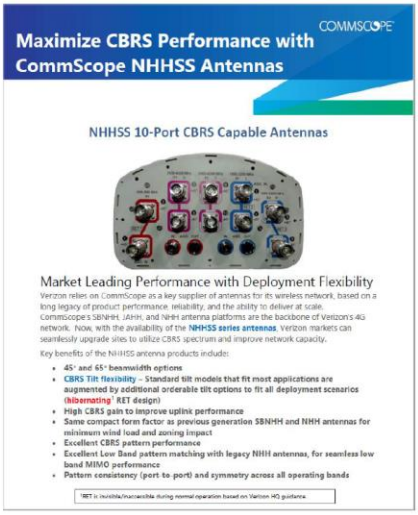
COMMSCOPE®

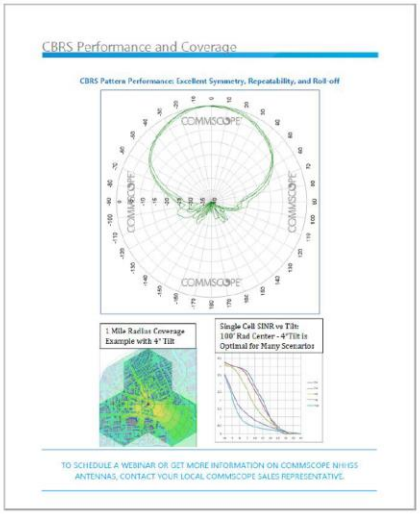
CBRS Use Cases

- MNO, MSO and other verticals
- Mobility
- Fixed Wireless Access



Mobility Use Case Example: Macro







COMMSCOPE

Example Antenna Solution for CBRS FWA

Split beam application provides 2 sectors of coverage (33° each) using an 8T8R radio

Radio operates in "soft split" mode



- ❑8-port (4.3-10 conns.) sector antenna, 1.0m
- ❑4 column 3400-3800MHz, 90°, 15.3dBi
- ❑1x Integrated RET Motors
- ❑AISG ports: 1 male / 1 female
- ❑1015 x 295 x 145mm

Mobility Small Cell or FWA Node Concealment



Top of the Pole



Middle of the Pole

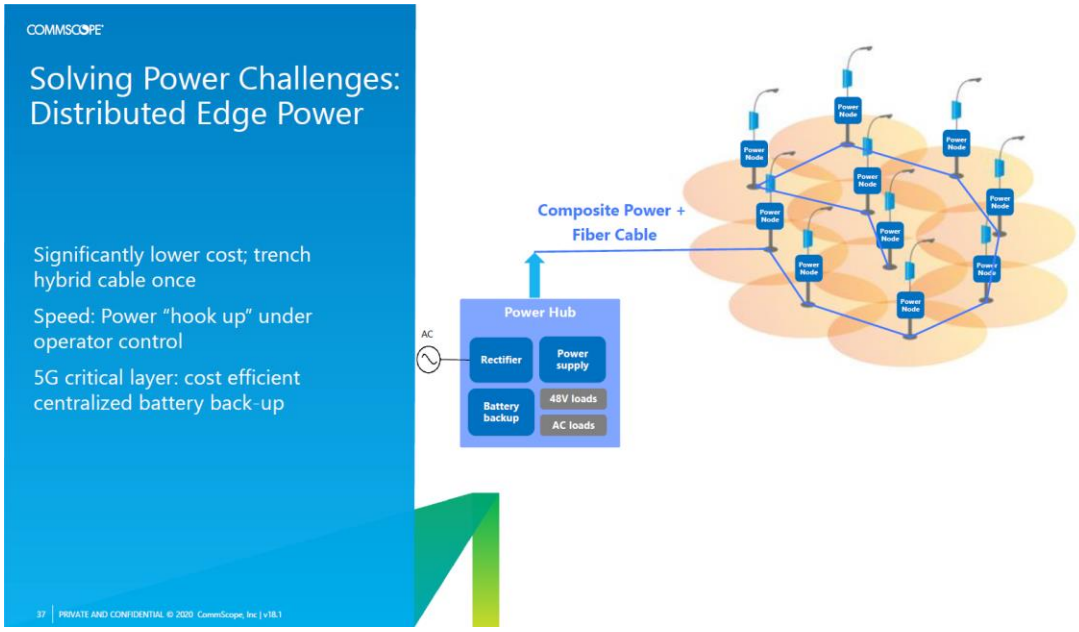


Pole Cab



Strand-Mound Coming Soon

COMMSCOPE



Technical Discussion

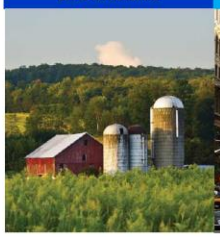
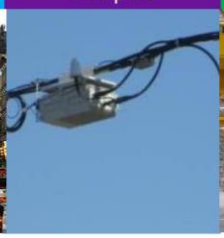
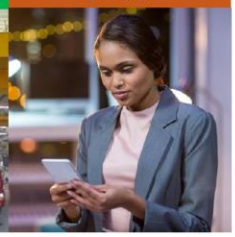
- Limitation on coverage due to EIRP restrictions (47 dBm/10 MHz for Class B CBSD)
- CA: We do expect CBRS to be used in CA on LTE Networks, primarily in the small cell layer
- CBRS will migrate to 5GNR
- Adjacent Bands
- No guard band with C-band – may require coordination/synchronization across networks
- 3.4-3.55 GHz – Military radar use (NTIA investigating spectrum sharing in this band)

COMMSCOPE®

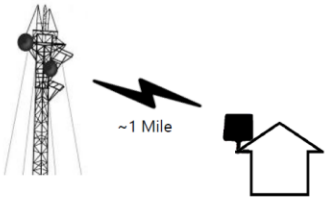
CBRS Use Cases & Examples

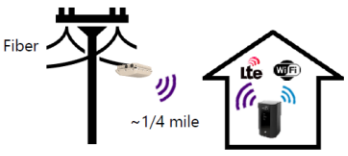
- MNO, MSO and other verticals
- Mobility
- Fixed Wireless Access

CBRS Application Landscape

Fixed Wireless Broadband	Mobile Capacity Augmentation	Alternative Mobile Footprint	Private LTE	In-Building Cellular
				
• Broadband to homes and SMB • Extension of wired network when uneconomical • Mostly rural or un/under -served	• Relatively low cost spectrum for existing MNOs, even with cost of PAL license • Able to aggregate licensed spectrum with CBRS	• MVNOs can use own CBRS networks to offload traffic from MNO networks • Mostly MSOs	• Operational use cases • Network owner also controls the devices • High-value use cases that can't be solved with Wi-Fi	• Operational use cases • Network owner also controls the devices • High-value use cases that can't be solved with Wi-Fi

FWA: Two General Approaches

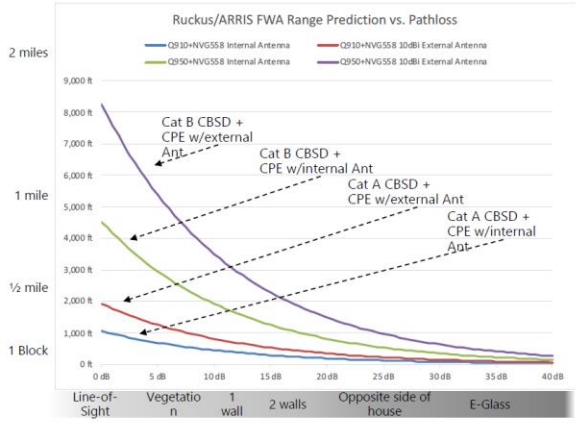




- **Rural "Last Mile"**
  - Unserved Customers
  - Macro Cells, tower or building -mounted
  - Coverage-driven
  - No backhaul/mounting/power assets
  - Line-of-Sight (LoS)
  - Primarily Outdoor CPEs
  - Truck-Roll per CPE
- **Urban/Suburban "Last Block"**
  - Underserved Customers
  - Small Cells, pole or strand -mounted
  - Capacity-driven
  - Existing assets deep within coverage area
  - Non-Line-of-Sight (nLoS)
  - Primarily Indoor CPEs
  - Self-Install CPE

COMMSCOPE

FWA Range Prediction



➡Range is highly dependent on deployment environment!

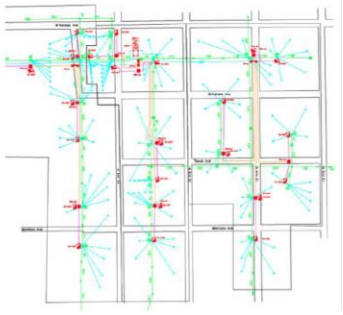
Assumptions: 25Mbps DL/3 Mbps UL target rate using 2 CBRS channels (50/5 with 4 CBRS channels), empirical outdoor propagation model based on 3.5GHz field measurements, 3m base station height, 2dB fade margin. Actual coverage and range will vary according to actual RF conditions.

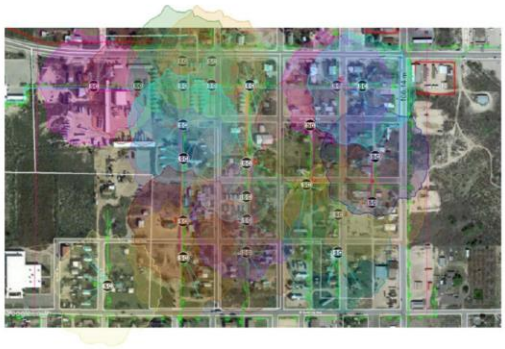
FWA with Strand-Mount RUCKUS Q910 + ARRIS NVG558



Last Block Prediction 1

Jal, New Mexico
25 Mbps DL, 3 Mbps UL
Aerial Fiber



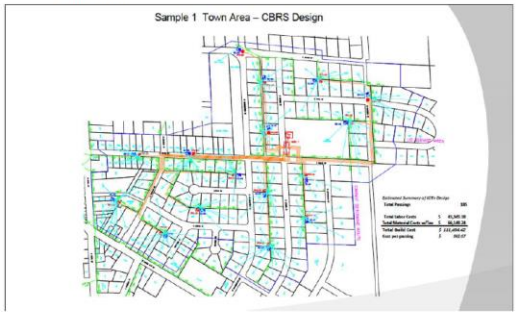


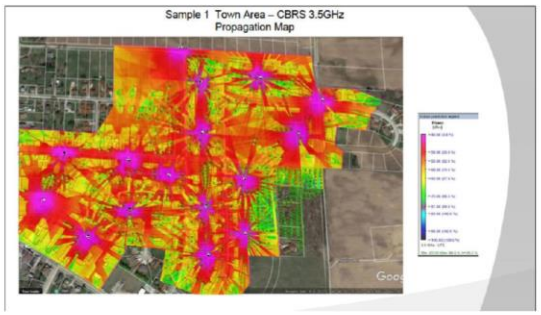
Access Network Cost: $500 per home passed!

Includes: design and installation labor, project management, nodes, PSU/battery, cabinet, splices, composite fiber, media converter, CBRS APs

Last Block Prediction 2

Belfast, GA
25 Mbps DL, 3 Mbps UL
Aerial Fiber





Access Network Cost: $602 per home passed!

Includes: design and installation labor, project management, nodes, PSU/battery, cabinet, splices, composite fiber, media converter, CBRS APs

PRIVATE AND CONFIDENTIAL © 2020 CommScope, Inc. | v18.1
COMMSCOPE

Mobility Case Study: Tampa, FL



46 | PRIVATE AND CONFIDENTIAL © 2020 CommScope, Inc. | v18.1
COMMSCOPE

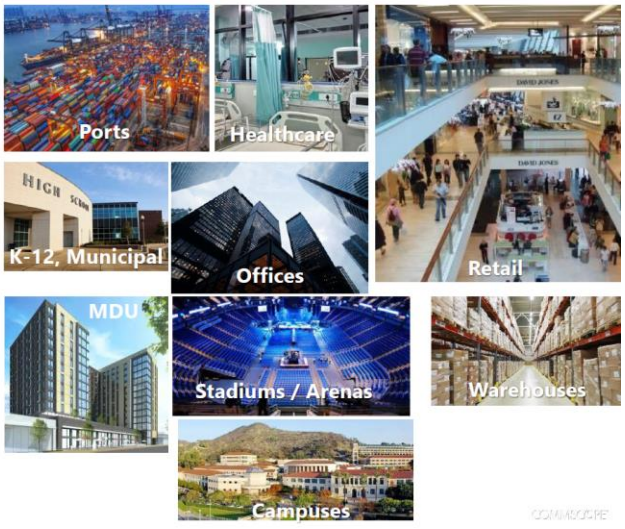
Private LTE

Advantages vs Wi-Fi	Advantages vs mobile operator LTE service
Higher reliability	Enterprise access to user data
Better QoS	Full enterprise / organization control
Proven, consistent security	Network available where you need it
Seamless mobility	Coverage where you need it
Longer range, non-LOS	Low latency
Longer device battery life	No monthly subscription fees

CBRS complements, not replaces, Wi-Fi and mobile operator LTE service

Private LTE Use Cases and Vertical Markets

- Critical enterprise connectivity needs that can be addressed with CBRS LTE
- Cross-vertical opportunities:
  - IP Video camera backhaul
  - IoT Gateway
  - Equipment / Asset Tracking
  - Kiosks / Digital Signage
  - PTT / Critical Communications
  - Temporary broadband access
- Industry-specific opportunities (representative)
  - Mobile Point Of Sale
  - Bar Code Scanners / Mobile Computers
  - Nurse Call
  - Remote operations
  - Mining / Agriculture / Oil and Gas
  - Police/Ambulance video upload
  - Traffic control
  - Wi-Fi on buses



CBRS (B48) Device Ecosystem

Routers, Gateways, Bridges


Cradlepoint


Inseego


Sierra Wireless


MultiTech


ARRIS NVG558


BEC


Encore


Amit Wireless

Phones



- iPhone 11, SE
- Samsung Galaxy S10, S20, XCover Pro
- Pixel 3, 4
- LG ThinQ G8
- One Plus 7 Pro
- Motorola Moto z3 w/5G mod

Push to Talk


Motorola SLN1000
Two-way Radio

Scanners


Koamtac

Tablets / Laptops


Dell 7212, 7220
LTE Tablets

Zebra L10 Windows
Rugged Tablet


iPad Pro 2020


Getac

PLTE Case Study: NASCAR Raceway, Phoenix, AZ

Race Team Connectivity

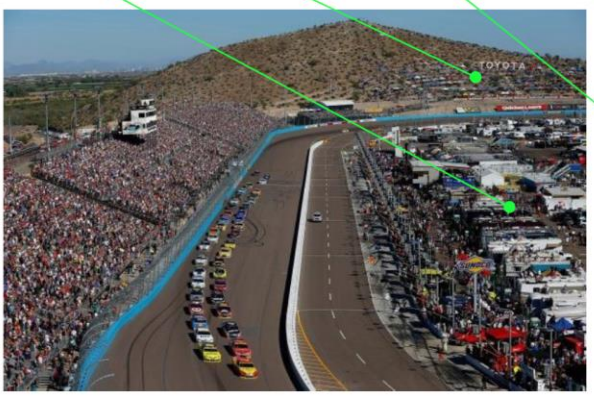
Camping Area Connectivity

Vendor PoS Connectivity

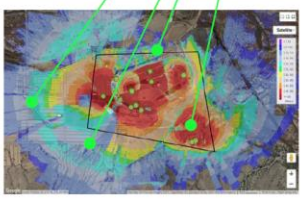
Ticket Scanning

Interactive Kiosks

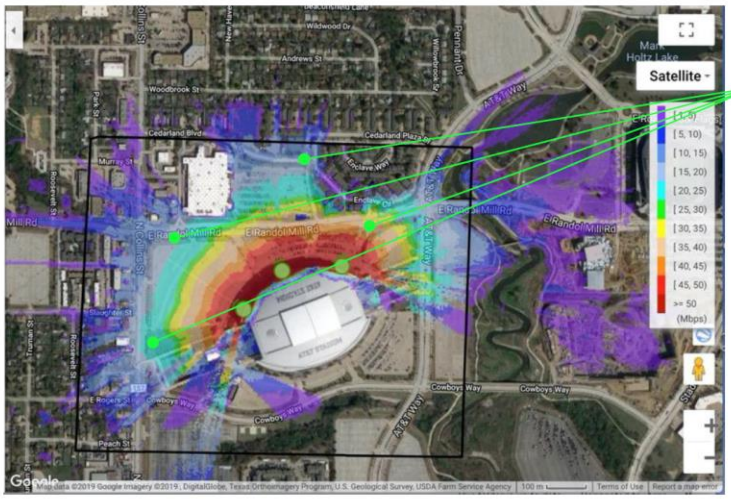
Security Cameras







PLTE Case Study: Stadium Parking Point-of-Sale



- Ticket scanning and credit card processing by Parking vendor

COMMSCOPE

CBRS for COVID-19 Triage Centers

DUKE UNIVERSITY MEDICAL CENTER

RUSH UNIVERSITY MEDICAL CENTER

- Initial deployments at Duke and Rush Medical Centers
- Delivers broadband to Triage tents
  - Easy to deploy
  - Uses existing devices
  - Secure, long range connection
  - Plenty of capacity for critical use cases
- Using Cradlepoint and MiFi clients



More Info at: www.aglmediagroup.com/private-lte-network-supports-hospital-staff-during-pandemic/

CBRS for COVID-19 School Network Extension

- Response to COVID-19 stay-at-home mandates
- Home broadband for Video Classroom and Homework
  - Closes the Digital Divide
    - Pew Study: High percentage of low-income students live within 1 mile of school
  - All content, security and privacy filters of the school network are extended to the home network
  - Avoids school becoming ISP
- Using Cradlepoint or ARRIS NVG558 at the home

MCSD
MURRAY CITY SCHOOL DISTRICT



PLTE Case Study: Airport Operations

Boingo's CBRS trial at Dallas Love Field gets updated commercial deployment status

Nov 2, 2018 12:22pm



The CBRS trial at Dallas Love Field in Texas is the first known CBRS deployment at a major U.S. airport. (Pixabay)

As much of the industry gets ready to celebrate what's become of the Citizens Broadband Radio Service (CBRS) 3.5 GHz band, Boingo Wireless Chairman and CEO David Hagan took the opportunity during the company's third-quarter conference call to note a couple key achievements in which his company has been involved.





PLTE Case Study: Railroad Operations

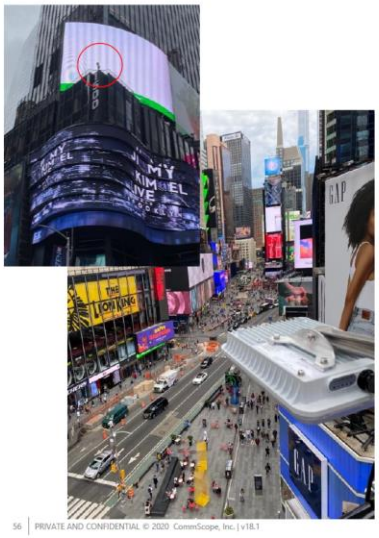


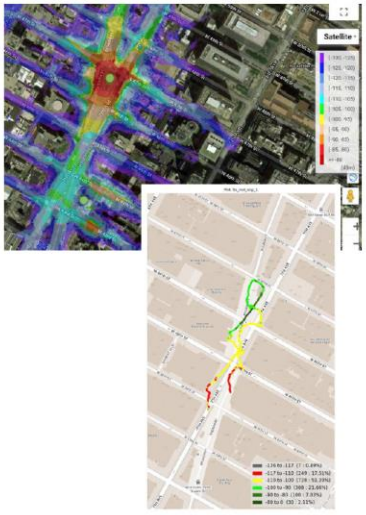




COMMSCOPE

PLTE Case Study: Times Square

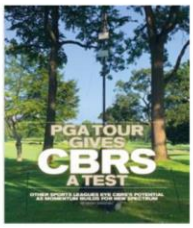






COMMSCOPE

PLTE Case Study: Temporary Networks













- Securely capturing golf scores and other player statistics by an army of volunteers

PLTE Case Study: Medical Center







Doctor/Nurse/Staff Communications



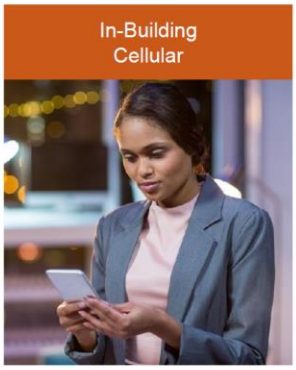
Track Costly Mobile Diagnostic Equipment



Upload Ambulance Data Prior to Arrival

Future: In-Building Cellular / Neutral Host Market

- Large opportunity…
  - Huge user demand
  - Addresses poor indoor coverage
  - Economical even for smaller buildings
- …But gated by
  - Penetration of B48 phones
  - Mobile operator support
    - Accept roaming from 3rd party CBRS networks
    - Include band 48 in phone profile
  - Mobile operator roaming / hub services



RUCKUS CBRS is Neutral Host ready!

Over 100 RUCKUS CBRS Deployments!

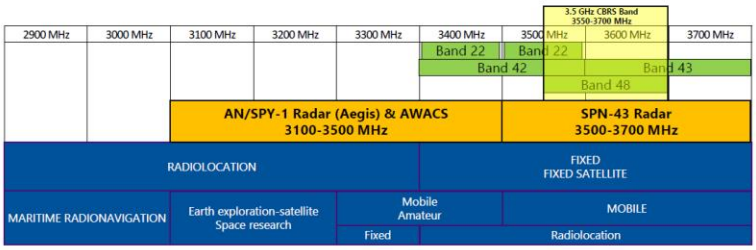


COMMSCOPE®

Applications in 3100-3550 MHz

- FCC
- Industry
- WInnForum & CBRS Alliance

3100-3550 MHz Spectrum Allocation




AWACS Radar


Station Keeping


Aegis Shipboard Radar


Aegis Ashore Radar


AN/SPN-43 Radar

3100-3450 MHz: Current Uses (Federal Only)

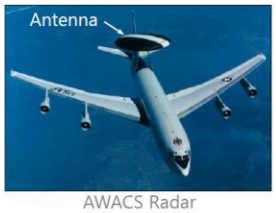
- Shipborne Radiolocation (3100-3500 MHz)
  - Navy AN/SPY-1 (Aegis)
- Land-Based Radiolocation (3100-3300 MHz)
  - Army transportable radars (information on artillery, rockets, missiles, mortars and other threats)
- Airborne Radiolocation (3100-3300 MHz)
  - Air Force (near-surface and high altitude airborne objects, tracking of airborne objects)
  - U.S. Air Force Station Keeping Equipment



Aegis Ashore Radar



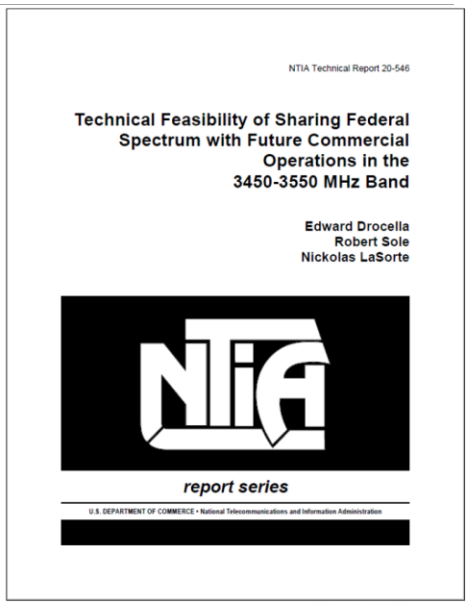
Aegis Radar



AWACS Radar

NTIA Report on 3450-3550 MHz

Sharing Scenario	Maximum Allowable EIRP		
	Outdoor Base Stations	Indoor Access Points	User Equipment
No change to the nationwide airborne systems and Shipborne, ground-based, and the local airborne systems implement a spectrum sharing mechanism	32 dBm/10 MHz	36 dBm/10 MHz	23 dBm/10 MHz
Nationwide airborne systems vacate the 3450-3550 MHz band and Shipborne, ground-based, and the local airborne systems implement a spectrum sharing mechanism	61 dBm/10 MHz	47 dBm/10 MHz	23 dBm/10 MHz



NTIA Technical Report 20-546

Technical Feasibility of Sharing Federal Spectrum with Future Commercial Operations in the 3450-3550 MHz Band

Edward Drocella
Robert Sole
Nickolas LaSorte

NTIA

report series

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE • National Telecommunications and Information Administration

3450-3550 MHz: Current Uses (Federal Only)

- Shipborne Radiolocation (3450-3650 MHz)
  - Navy AN/SPY-1 (Aegis)
  - Navy AN/SPN-43 ATC (3500-3700 MHz)
- Airborne & Ground-based Radiolocation (3450-3510 MHz)
  - U.S. Air Force Station Keeping Equipment (ground and airborne)



Aegis Shipboard Radar


Aegis Ashore Radar


AN/SPN-43 Radar

3100-3550 MHz: Sharing

- DoD is looking for information on how to develop sharing mechanisms to share with equities in these bands
- Part of the "5G-Next G" program to accelerate implementation of advanced wireless communications with applications
- National Spectrum Consortium
  - Draft SoW: 5G Operate Through - Dynamic Spectrum Sharing (DSS) Project
  - Feasibility of SAS/ESC "like" sharing
- FCC NPRM for Dec 12 meeting
  - WT 19-348
- WInnForum activity
  - Continue to refine characteristics in TR1001; issue future interim releases



Aegis Radar

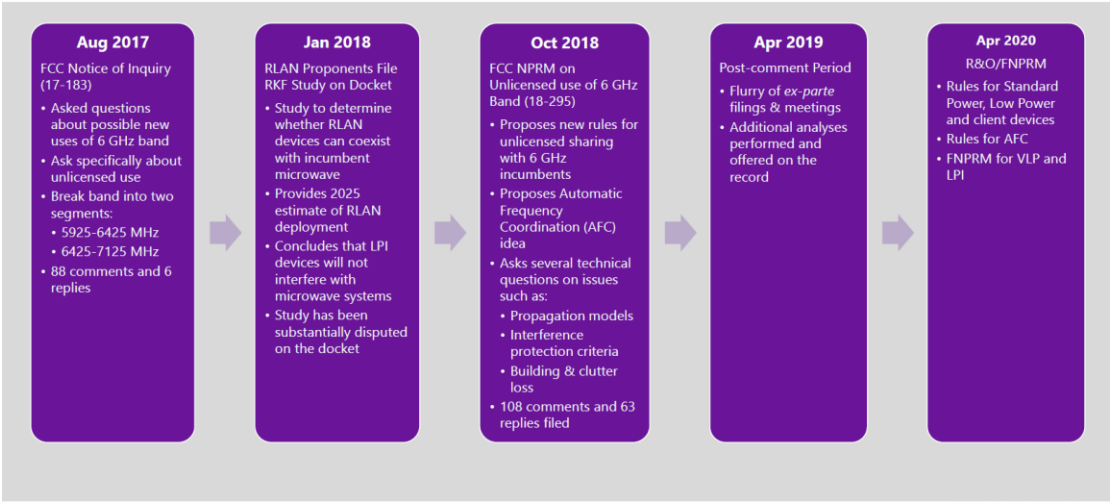


AWACS Radar

COMMSCOPE®

Updates on 6 GHz and Automatic Frequency Coordination (AFC)

U.S. Regulatory Timeline & Background



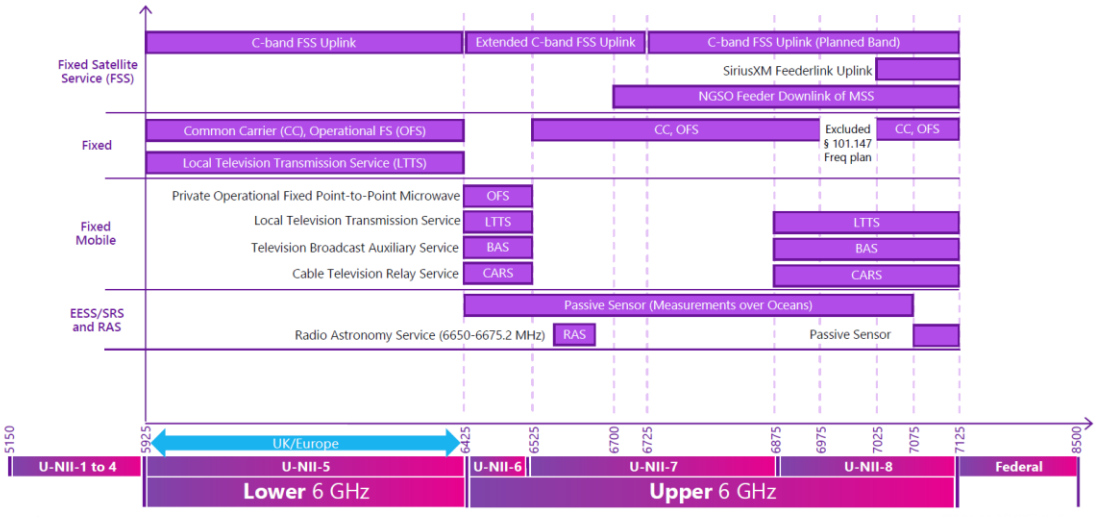
Basics of the U.S. Rulemaking

- Report & Order (R&O)
  - Allocates 1200 MHz for unlicensed
  - **Low Power Indoor (LPI)** can operate without AFC (5 dBm/MHz, capped at 30 dBm/320 MHz)
  - **Standard Power** APs can operate both indoors and outdoors and must use **AFC** (Automated Frequency Coordination – i.e. geolocation database of available frequencies/powers based on incumbent usage)
  - No mobility permitted for Standard Power (part of the FNPRM) or LPI but,
  - Can operate in aircraft above 10,000 ft (except UAS)
  - Suggests a new multi-stakeholder group (MSG) to study issues and support development of AFC requirements

- Further Notice of Proposed RuleMaking (FNPRM)
  - Can **Very Low Power (VLP)** operate indoor and outdoor across the band without AFC?
    - 14 dBm EIRP / -8 dBm PSD
    - Can a contention-based protocol protect incumbents, including mobile incumbents in UNII 6/8?
  - Increase LPI EIRP from fixed 5 dBm/MHz to fixed 8 dBm/MHz?
    - 33 dBm (2W)/320 MHz, 30 dBm/160 MHz, 27 dBm/80 MHz, 24 dBm/40 MHz, 21 dBm/20 MHz
  - Permit Standard Power APs to be mobile?
  - Permit Standard Power APs to operate at higher power?
    - Using higher gain antennas (WISPA ask)
    - Require professional installation
    - Changes to AFC to support

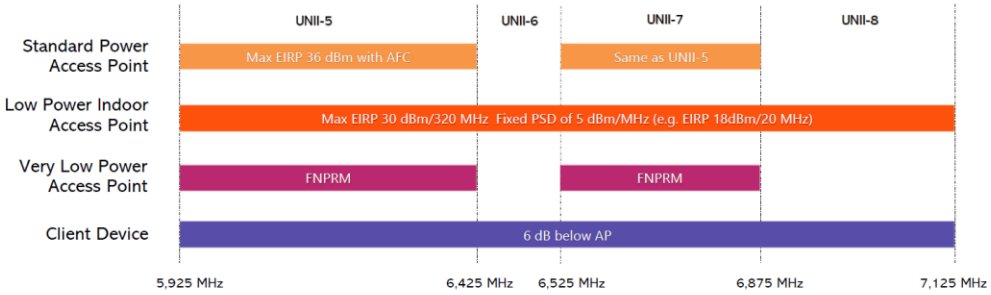
PRIVATE AND CONFIDENTIAL © 2020 CommScope, Inc. | v18.1

6 GHz Band



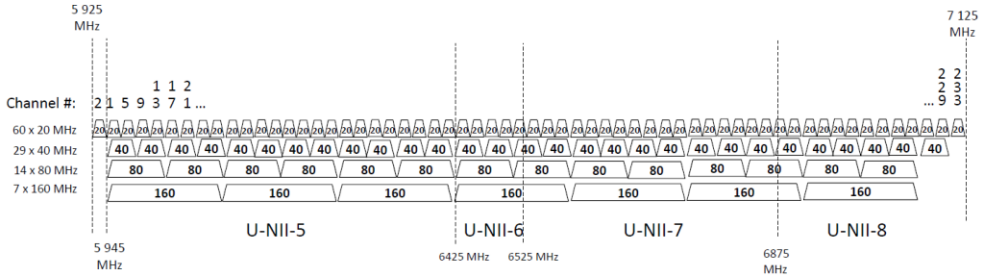
70 | PRIVATE AND CONFIDENTIAL © 2020 CommScope, Inc. | v18.1

FCC Report & Order Power Specification



Notes: (1) AFC = Automated Frequency Coordination (Cloud Database for spectrum/power available at a specific location) AFC threshold maintains interference 6 dB below noise floors.
(2) Mobile APs are prohibited for both Standard Power and LPI, with an exception for LPI in passenger aircraft operating above 10K ft.
(3) Standard power device must maintain less than 21 dBm/MHz for >30° above horizon.
(4) Standard Power is Indoor and Outdoor. Very Low Power is TBD, but proposed for Indoor, Outdoor, and Mobile uses.
(5) The FCC also created a category of equipment called LPI "subordinate devices" for things like mesh extenders and certain other devices that operate under the control of an LPI AP. Subordinate devices can operate at LPI AP power levels but have the same operational requirements and similar authorization requirements.

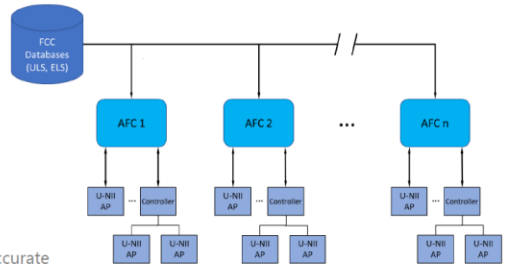
6 GHz Channel Plan



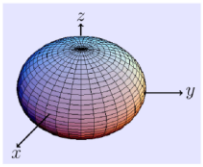
Operating Class	Channel width	Channel #s
131	20 MHz	1, 5, 9, ..., 221, 225, 229, 233 (as shown above)
132	40 MHz	3, 11, 19, ...
133	80 MHz	7, 23, 39, ...
134	160 MHz	15, 47, 79 ...
135	80 MHz (for 80+ operation)	7, 23, 39, ...
TBD	20 MHz (at 5925 MHz)	2 (only)

Basics of AFC From R&O

- Centralized approach
  - Similar to TVWS and CBRS/SAS
  - Facilitates FCC oversight
  - More simple / quicker to deploy
- Must use ULS
  - Contains all the necessary data
  - Licensees are responsible for maintaining accuracy and currency of data
    - PN coming from WTB reminding incumbents to maintain accurate information
    - Won't waive any related fees
  - FCC will require operators of temp fixed stations to register in ULS prior to transmission if they want protection
- Need to protect Canada and Mexico operations
  - FCC will work with them to get data into AFC
- Devices must be able to geolocate
  - Either using internal capability, or
  - External like a smart phone
    - Approach must be approved
    - Connection to geo capability can be wireless or cabled, but dist between AP and geo capability figures into location uncertainty



Possible Functional Architecture



Area of Location Uncertainty

Basics of AFC From R&O

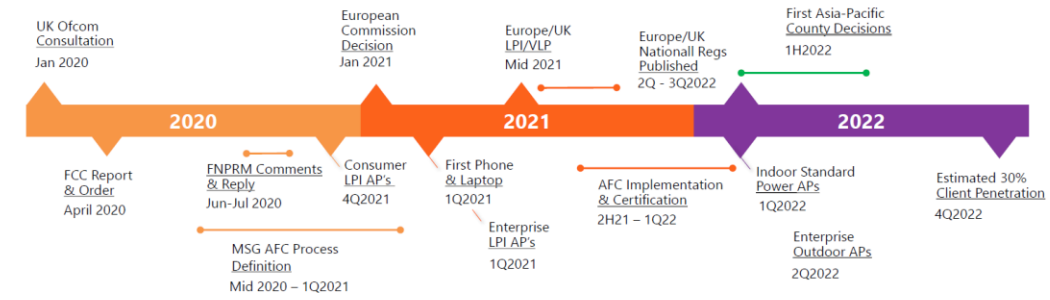
- No AFC-AFC data sync
  - No external data that needs to be shared
- Antenna Height AGL
  - Provided by installer, or
  - By geolocation capability
  - Industry groups can work on approach
- Recheck Interval
  - Daily
  - Up to 24 hr grace period if device loses connection to AFC (similar to TVWS)
- Technical stuff
  - Propagation models (multi-model approach
    - FSPL for short distances (>30m)
    - WINNERII for intermediate (30m – 1km)
    - ITM for longer (beyond 1 km)
    - Will require site-specific information as available (buildings, terrain) for determining LOS conditions
  - Clutter
    - ITU-R P.2108 for urban/suburban
    - ITU-R P.452 for rural
  - IPC: I/N = -6dB
  - No aggregation
  - Need to consider adjacent-channel (based on OOBE mask for RLAN device)
  - Didn't address BEL for indoor APs

Basics of AFC From R&O

- Security
  - AFC systems and APs must employ protocols and procedures to ensure that all communications and interactions are accurate and secure and that unauthorized parties cannot access or alter the database or the list of available frequencies and power levels sent to an access point
- Device Registration
  - APs must register
  - AFC will authenticate device (serial num & fccid)
  - Information will be used for interference mitigation & enforcement
  - AFC must store registered information until an access point ceases operation at a location, which is defined as a device not contacting the AFC to verify frequency availability for more than three months
  - AFC operators must respond to FCC requests
  - Kicked some of the effort to MSGs for interference identification and mitigation
- Need to protect radio astronomy in 6.6500-6.6752 GHz at certain locations (FN 220)
- No protection for FSS satellites via AFC
  - Max EIRP of outdoor standard-power access points to limited to 21 dBm above a 30 degree elevation angle

COMMSCOPE

Estimated Best Case Timeline to Market



Notes: (1) Most significant risk is to AFC/Standard Power due to MSG process.

COMMSCOPE

COMMSCOPE®

Spectrum Management in the 4.8-4.9 GHz Band

Allocation/Sharing

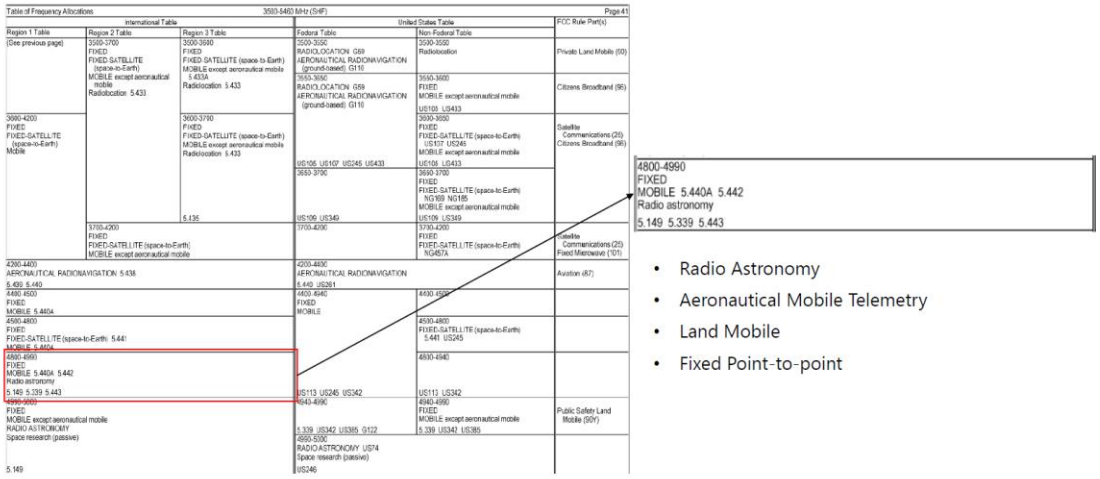


Table of Frequency Allocations — 3500-5460 MHz (SHF) — Page 41

International Table			United States Table		FCC Rule Part(s)
Region 1 Table	Region 2 Table	Region 3 Table	Federal Table	Non-Federal Table	
(See previous page)	3500-3700 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE except aeronautical mobile Radiolocation 5.433	3500-3600 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE except aeronautical mobile 5.433A Radiolocation 5.433	3500-3550 RADIOLOCATION G59 AERONAUTICAL RADIONAVIGATION (ground-based) G110	3500-3550 Radiolocation	Private Land Mobile (90)
			3550-3650 RADIOLOCATION G59 AERONAUTICAL RADIONAVIGATION (ground-based) G110	3550-3600 FIXED MOBILE except aeronautical mobile US103 US433	Citizens Broadband (96)
3600-4200 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) Mobile		3600-3700 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE except aeronautical mobile Radiolocation 5.433	US105 US107 US245 US433	3600-3650 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) US157 US245 MOBILE except aeronautical mobile US105 US433	Satellite Communications (25) Citizens Broadband (96)
		5.435	3650-3700 US109 US349	3650-3700 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) NG169 NG185 MOBILE except aeronautical mobile US109 US349	
	3700-4200 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE except aeronautical mobile		3700-4200	3700-4200 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) NG457A	Satellite Communications (25) Fixed Microwave (101)
4200-4400 AERONAUTICAL RADIONAVIGATION 5.438 5.439 5.440			4200-4400 AERONAUTICAL RADIONAVIGATION 5.440 US261		Aviation (87)
4400-4500 FIXED MOBILE 5.440A			4400-4500 FIXED MOBILE	4400-4500	
4500-4800 FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) 5.441 MOBILE 5.440A				4500-4800 FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) 5.441 US245	
4800-4990 FIXED MOBILE 5.440A 5.442 Radio astronomy 5.149 5.339 5.443				4800-4940	
4990-5000 FIXED MOBILE except aeronautical mobile RADIO ASTRONOMY Space research (passive) 5.149			4940-4990 US113 US245 US342	4940-4990 US113 US342	
			4990-5000 5.339 US342 US385 G122	4940-4990 FIXED MOBILE except aeronautical mobile 5.339 US342 US385	Public Safety Land Mobile (90Y)
			4990-5250 RADIO ASTRONOMY US74 Space research (passive) US246		

4800-4990
FIXED
MOBILE 5.440A 5.442
Radio astronomy
5.149 5.339 5.443

- Radio Astronomy
- Aeronautical Mobile Telemetry
- Land Mobile
- Fixed Point-to-point

COMMSCOPE®

Thank You!

Mark Gibson
mark.gibson@commscope.com

財團法人電信技術中心

會議簽到單

會議時間：109年05月21日(星期四)上午08:50~10:30

會議地點：聯瑞科技股份有限公司, ACTS Asia Room, 台北市中山區長安東路一段18號9樓

會議名稱：109年度CBRS座談會

所屬單位	簽名處
國家通訊傳播委員會 (NCC)	曾之子 柳忠元 陳瑞隆

財團法人電信技術中心

會議簽到單

會議時間：109年05月21日(星期四)上午08:50~10:30

會議地點：聯瑞科技股份有限公司, ACTS Asia Room, 台北市中山區長安東路一段18號9樓

會議名稱：109年度CBRS座談會

所屬單位	簽名處
財團法人電信技術中心	賴昌池 林翔勇 單鄉敏 [illegible] 沈希真 王宗中 黃宋明 黃志雯 王國豪 陳冠榮

財團法人電信技術中心

會議簽到單

會議時間：109年05月21日(星期四)上午08:50~10:30

會議地點：聯瑞科技股份有限公司, ACTS Asia Room,台北市中山區長安東路一段18號9樓

會議名稱：109年度CBRS座談會

所屬單位	簽名處
聯瑞科技	

財團法人電信技術中心

會議簽到單

會議時間：109年05月21日(星期四)上午08:50~10:30

會議地點：聯瑞科技股份有限公司, ACTS Asia Room, 台北市中山區長安東路一段18號9樓

會議名稱：109年度CBRS座談會

所屬單位	簽名處
正文科技	莊順賢

附錄十：美國 6GHz 頻段開放政策說明

仰賴 Wi-Fi 和其他技術標準的未授權頻段設備已成為在美國消費者使用的無數產品中提供低成本無線上網不可或缺的工具。FCC 於 DOC-363490A1 文件所發布報告和命令中說明，將在 5.925-7.125 GHz（6 GHz）頻段中提供 1200MHz 頻譜，供設備使用於未經授權頻段，同時確保現有的授權服務能夠在整個頻段中蓬勃發展。《進一步通知(Further NPRM)》提議擴大未授權頻段用戶接取 6 GHz 頻段的方式，並就使用更高功率級別的可能而徵求意見。擴大未授權頻段設備的頻譜使用範圍將推動委員會為所有美國人，特別是鄉村和通訊服務欠缺地區的美國人提供寬頻連接的努力。

該報告與命令 (Report and Order) 重點摘要如下：

- 允許為保護在 6 GHz 頻段不同部分中運行的既有用戶服務而量身定制的兩種未授權頻段操作：
- 在 6 GHz 頻段的整個 1,200MHz 中，無需使用自動頻率協調（AFC）系統，將允許未經授權的接入點(access points)在室內以較低功率運行。低功率和室內運行的結合將保護所有 6 GHz 頻段授權服務（包括點對點微波鏈路以及廣播輔助(broadcast auxiliary)和有線電視轉播執照(CATV relay licenses）免受有害干擾。
- 在 5.925-6.425 GHz 和 6.525-6.875 GHz 子頻段(sub-bands)中，將在 AFC 系統的控制下，在 5 GHz 頻段當前允許的標準功率級別下，允許未授權頻段 AP 設備在室內和室外運行。這些頻率的已授權的點對點微波鏈路上大量使用。AFC 系統將識別未授權頻段 AP 設備可用的頻率，而不會對固定的點對點微波接收器造成有害干擾。已授權之固定衛星系統可在地對空(earth to space)方向上使用這些頻率運行。該規範

將通過限制室外設備天線的仰角以確保它們不指向對地靜止衛星弧(static satellite arc)來保護這些操作。

- 僅在標準功率（室內或室外）或低功率室內 AP 的控制下允許用戶端設備在 6 GHz 頻段上運行。

Sub-band	Frequency Range (GHz)	Primary Allocation	Predominant Licensed Services
U-NII-5	5.925-6.425	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks)
U-NII-6	6.425-6.525	Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks)
U-NII-7	6.525-6.875	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks/downlinks)
U-NII-8	6.875-7.125	Fixed Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Fixed Microwave Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks/downlinks) (6.875-7.075 GHz only)

表：目前 6 GHz 頻段的主要使用者



圖：U-NII-5 ~ U-NII-8 使用規劃

Device Class	Operating Bands	Maximum Conducted Power (dBm)	Maximum EIRP (dBm)[33]	Maximum Power Spectral Density (dBm/MHz) EIRP
Standard-Power (AFC Controlled)	U-NII-5 U-NII-7 *(Sought comment on also permitting in U-NII-6 & U-NII-8)*	30 dBm	36 dBm	23 dBm
Low-power (indoor only)	U-NII-6 U-NII-8 *(Sought comment on also permitting in U-NII-5 & U-NII-7)*	24 dBm	30 dBm	17 dBm
Client (Anywhere)	All	18 dBm	24 dBm	11 dBm

表：6 GHz 免授權頻段之規劃

茲分段詳述如下：

第一節　、室外於 UNII-5 及 UNII-7 頻段以標準功率運行

該通知中，根據技術規範，FCC 建議使 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段（分別為 5.925-6.425 GHz 和 6.525-6.875 GHz）可用於未授權操作，該頻段可與現有 U-NII-1 和 U-NII-3 頻段（分別為 5.150-5.250 GHz 和 5.725-5.850 GHz 頻段）未授權設備所運行技術規範一致。根據該建議，標準功率 AP 設備所允許的功率級別將設置為 36 dBmEIRP，基於 23 dBm / MHz 最大 EIRP 的功率頻譜密度（PSD）。為了保護這些頻段中的現有固定微波設備運行，FCC 建議僅在自動頻率協調（AFC）系統的控制下，允許在這些功率級別下的未授權設備接取頻譜使用，這將在未授權設備無法操作的地方建立禁區(EZ)。FCC 建議，在發射之前，將需要一個標準功率 AP 設備，以從 AFC 系統中獲得能允許發射的頻率列表或禁止發射的頻率列表。FCC 還提議允許無執照用戶終端設備(client device)的運行(用於連上標準功率 AP 設備)，其將基於 30 dBm 最大 EIRP，且最大 EIRP (PSD) 為 17dBm/MHz；這些設備將需要從標準功率 AP 設備獲得允許的工作

頻率列表，並將操作限制在這些頻率上。FCC 在該通知中初步得出結論，即使用 AFC 系統保護固定微波鏈路服務。

Device Class	Operating Bands	Maximum EIRP	Maximum EIRP Power Spectral Density
Standard-Power Access Point (AFC Controlled)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-7 (6.525-6.875 GHz)	36 dBm	23 dBm/MHz
Client Connected to Standard-Power Access Point		30 dBm	17 dBm/MHz
Low-Power Access Point (indoor only)	U-NII-5 (5.925-6.425 GHz) U-NII-6 (6.425-6.525 GHz) U-NII-7 (6.525-6.875 GHz) U-NII-8 (6.875-7.125 GHz)	30 dBm	5 dBm/MHz
Client Connected to Low-Power Access Point		24 dBm	-1 dBm/MHz

表：擴大 6 GHz 未授權頻段之規劃

1. 以 AFC 系統為基礎之接取並保護固定微波服務

根據 FCC 通知(NPRM)中提出的框架，AFC 機制與我們(指：FCC 聯邦通訊委員會)正在採用的技術和操作規則結合，可以保護現有 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中固定微波操作免受未授權頻段上標準功率操作所產生的有害干擾。使用自動化系統控制頻譜接取已非新技術，FCC 以前曾使用這種方法來保護電視接收免受電視頻段中未經授權空白設備(white space device)的干擾，並保護衛星地面站和政府雷達免受 3550-3700 MHz 頻段中公民寬頻無線電服務設備(CBSD)的干擾。一般認為，在 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中設計合理的 AFC 系統將保護既有用戶(incumbents)，儘管它們在該系統的特定設計和功能上通常會有所不同。

基於 AFC 的系統允許 6 GHz 頻段內的未授權設備以標準功率運行，AFC 將由幾個部分組成，這些部分加在一起將可保護既有用戶運行的特定禁區(exclusion zone)。這些部分包括：（1）AFC 系統的框架，設計和操作；（2）我們針對標準功率 AP 設備制定的操作要

求（例如，地理位置定位功能，與天線相關的限制）；（3）保護現有固定服務(incumbent fixed service)運作的干擾保護參數(interference protection parameter)。

根據該通知(NPRM)中的建議，將要求AFC系統在計算和建立禁區(EZ)時應依靠 FCC 的通用釋照系統（Universal Licensing System, ULS）取得固定的微波鏈路數據，以保護這些微波鏈路免受有害干擾。通用釋照系統(ULS)是 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段微波鏈路的官方資料庫，其中包含基於站點授權(site-based licensing)的大量技術數據，包括發射機和接收機的位置、頻率、頻寬、天線極化(polarization)(即天線輻射時形成的電場強度方向)、發射機 EIRP，天線高度、以及天線和設備的品牌型號。因此，通用釋照系統(ULS)包含 AFC 系統保護固定微波服務鏈路所需的資訊。為了為確保 AFC 系統具有有關固定微波服務鏈接的最新資訊，FCC 要求 AFC 系統每天下載更新資料庫。

AFC 系統計算操作頻率和頻道可用性時，須利用標準功率 AP 設備位置和天線高度的數據。AFC 系統將應用特定干擾保護參數，以保護固定微波操作免受有害干擾。這些包括在計算排除區域時使用指定的傳播模型和保守的干擾保護準則，以及解決相鄰頻道干擾的方法。

AFC 系統必須具有在 36 dBm 的最大允許功率和標準功率 AP 設備的較低功率級別下確定頻率可用性的能力。由於除其他因素外，與固定服務接收機的最小所需間隔距離(separationdistance)是 AP 設備發射功率的函數，因此，較低功率的設備不必滿足與較大功率的設備相同的保護距離即可滿足要求的間隔距離。對於功率級別低於最大功率的 AP 設備，可能會有更多頻段可用，特別是在擁擠的地區，在這些地區固定微波服務頻譜使用的頻率更高。此操作與 FCC 的 TVWS 規範一致，在 TVWS 規範中，以低於最大功率的發射功率運

行的 WS 設備(white space device)與受保護服務的間隔距離更短，並且 TVWS 資料庫為 WS 設備提供了可用頻率和最大允許功率的列表。

AFC 系統需要設備的地理坐標（以及這些坐標的精確度）以及設備在地面上方的天線高度，以確定可以在其位置使用的頻率。考慮到採用設備的地理位置要求，不需要專業安裝。設備製造商可以將各種低成本 GPS 定位技術整合到他們的設備中，所以不需要專業安裝要求。要求專業安裝所有標準功率的 AP 設備相當不便，設備必須具有自動回報地理位置，以確保設備能準確提供訊息給 AFC 系統。

為了使 AFC 準確計算禁區(exclusion zone)，以保護固定服務接收器，天線的高度應高於標準功率 AP 設備的地面高度。與 WS 設備的規則一致，訊息應由 AP 設備自動提供給 AFC，或者由設備的安裝程序或操作員手動提供給 AFC。由於如 GPS 之類的自動回報地理位置方法可能無法在所有情況下均準確地提供高度訊息，因此，FCC 將允許設備安裝人員手動確定地面上的天線高度並將其提供給 AFC 系統。由於未來技術的改進可能使設備能夠以更高的精度自動確定天線在地面上的高度，因此 FCC 為標準功率 AP 設備提供了自動執行此操作的選項。

NPRM 通知亦建議要求設備定期驗證頻率可用性(frequency availability)是否已更改，並就可驗證頻率可用性的最大允許間隔徵求意見。隨後，FCC 要求標準功率 AP 設備至少每天一次與 AFC 系統同步，以取得其所在位置的最新可用頻率列表。每天一次是一個適當的重新檢查間隔(re-check interval)，因為 AFC 系統每天與 FCC 的 ULS 系統進行一次同步以更新相關數據。

在某些情況下，由於斷電、Internet 中斷或其他情形導致設備無法聯繫 AFC 系統，FCC 允許在任何給定日期無法聯繫 AFC 系統的 AP 設備能繼續運行，直到隔天晚上 11 點 59 分。該設備直到與 AFC 系統重新建立聯繫並重新驗證其可用頻率列表後，始可運行。

根據 TVWS 和 CBRS 建置的情況，FCC 要求工程技術辦公室（Office of Engineering and Technology, OET）指定 AFC 系統營運商並監督其系統的運行，OET 將使用類似於指定 TVWS 資料庫和 SAS 管理員所使用的多階段審核流程來指定 AFC 營運商。

使用 AFC 系統來保護固定微波服務免受有害干擾，該系統會在 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段工作的固定微波接收器周圍建立標準功率無執照設備的位置和基於頻率的禁區(exclusion zone, EZ)。在此 AFC 系統下，不允許無執照設備在禁區(EZ)內以某些頻率運行。

下面將討論 AFC 系統用於計算這些禁區(EZ)的技術參數。

- 傳播模型(Propagation model)

評估 U-NII-5 和 U-NII-7 無執照未授權的標準功率 AP 設備的潛在有害干擾取決於固定微波訊號和無執照設備的傳播模型。亦即所採用的傳播模型將被 AFC 系統視為確定禁區範圍的因素之一。

FCC 在 NPRM 通知中徵求有關不同傳播模型的意見，包括使用自由空間路徑損耗模型(free space path loss model)以及 WINNER II 模型和不規則地形模型(Irregular Terrain Model, ITM)以及 ITU-R P.2108 模型。在考慮之後，FCC 認為結合不同傳播模型的方法最適合評估固定微波鏈路與 6 GHz 無執照設備的必要間隔距離。更具體地說，由於已經開發了傳播模型以適應各種環境和不同距離，因此 FCC 發現結合針對各種傳播條件而優化的模型組合是平衡 6 GHz 頻段中無執照設備接取和保護現有微波服務用戶的最佳方法。此方法是使用一組以無執照設備與固定服務接收器之間的特定間隔距離為關鍵的傳播模型，以確定適當的禁區(EZ)大小。

在這種方法下，我們對短距離使用自由空間模型，該模型可以準確地預測訊號路徑損耗(path loss)，而對中距離使用 WINNER

II(Wireless World Initiative New Radio Phase II)模型，對較長距離使用不規則地形模型(ITM)，以便更實際地考慮地形和背景干擾(clutter)損耗。在一般方法下，對於 30 公尺或更小的間隔距離，自由空間路徑損耗模型是合適的模型。自由空間路徑損耗模型會產生最大的路徑損耗，可能可解釋從標準功率 AP 設備到微波接收器的直線視距(line of sight, LOS)。自由空間路徑損耗模型雖然理論上很簡單，但適用範圍有限，因為它忽略了環境背景干擾(clutter)，並且長距離傳輸可能導致極其保守的計算，從而無法預測實際的路徑損耗量。

無執照設備到微波接收器的距離長達 30 公尺以上，長達一公里時，我們發現最合適的傳播模型是適用於城市，郊區和鄉村環境的 WINNER II 模型。在這些距離下，WINNER II 模型解決了城市和郊區混亂造成的障礙，是自由空間模型無法達到的。WINNER II 模型是一種世界上使用最廣泛的通道模型(channel model)。此模型是根據 WINNER 組織進行的測量以及學術文獻的結果導出，需要使用基於特定站點的資訊，包括建築物和地形數據，來決定 WINNER II 模型中關於直線視距/非直線視距路徑部分的資訊。為了評估那些無法取得此資訊的路徑，則需要將直線視距和非直線視距路徑(LOS/NLOS)機率組合成一個路徑損耗(single path-loss)。根據經驗，以及之前記錄中各種技術分析的評估，結論是對於這些間隔距離，使用眾所周知的 WINNER II 傳播模型能最佳預測對無執照設備與固定服務接收器之間實際路徑損耗，因為它考慮了自由空間模型中未考慮的環境資訊。

不規則地形模型(ITM)是一種傳播模型，專門考慮了地形對無線電傳播的影響，但不包括背景干擾損耗。該模型考慮了一公里至兩千公里之間距離的傳輸損耗與自由空間損耗的關係。對於大於一公里的距離，則結合不規則地形模型與背景干擾模型(clutter model)是最合適的模型。與 FCC 在其他程序中對傳播模型的使用一致，我們將要求使用 1 弧秒(arc-second)數值高程地形數據(digital elevation

terrain data)。對於無法獲得此類數據的位置，我們將要求使用最精細的數值高程地形數據。在城市和郊區環境下，考慮到背景干擾(clutter)如建築物和樹葉等雜物的影響，則結合不規則地形模型(ITM)與統計背景干擾模型(statistical clutter model) ITU-R P.2108163，在鄉村環境下，則改用 ITU-R P.452-16 背景干擾模型與 ITM 模型結合。不規則地形模型是目前用於確定頻譜接取系統(SAS)中頻譜可用性的傳播模型，該系統用於管理公民寬頻無線電服務(CBRS)中 3550-3700 MHz 頻寬。結合不規則地形模型與 ITU-R P.452 並用於三十公尺至一千公尺距離的鄉村環境，而非單獨採用不規則地形模型，因為不規則地形模型僅適用於一公里至兩千公里之間的距離。

- 干擾防護標準(Interference protection criterion)

根據收集的大量記錄及資料來看，FCC 將要求 AFC 系統使用 I / N(ratio of Interference to noise power)指標而不是 C / I(ratio of Carrierto Interference power)指標來確定禁區(EZ)範圍。其中干擾 I 來自無執照 AP 設備的訊號，載波 C 是所接收的固定服務的訊號強度，雜訊 N 是背景雜訊級別。大多數評論者在分析中都將 I / N 比值用作干擾防護指標，並且更易於實施。

至於特定的干擾防護標準，FCC 將 I / N 值指定為 -6 dB。一些微波營運商支持使用此特定 I / N 指標，通過指定 AFC 禁區的計算將基於此特定的干擾保護標準，FCC 按照評議者的建議採取了一種保守的方法，以確保將有害干擾的可能性降至最低，並確保 6 GHz 頻段內的重要固定微波服務能受保護。但是，依然無法確定 I / N 大於-6 dB 的任何接收訊號都將構成“有害干擾”。沒有評論者提供使用特定 I / N 級別作為保護固定微波接收器免受有害干擾所必需的實際級別的技術依據。

- 總干擾(Aggregate interference)

FCC 沒有提出建議，也沒有發現有必要考慮 AT&T、CTIA 和 Comsearch 提出從多個 AP 設備到點對點微波鏈路的總干擾(aggregate interference) 影響。如固定無線通訊聯盟(Fixed Wireless Communications Coalition)指出，來自大量標準功率 AP 設備的干擾風險並非歸因於來自多個未授權設備的訊號聚合，而是來自微波鏈路接收天線的主波束(main beam)內或附近的一個標準功率 AP 設備訊號聚合所產生的小干擾。固定無線通訊聯盟進一步指出，如果兩個或多個 AP 設備可能對同一個微波接收器造成干擾，則來自最近的 AP 設備的訊號將決定微波接收器是否受到干擾，同時此干擾將與其他 AP 設備的較弱訊號無關。FCC 同意且不會要求 AFC 系統在確定禁區(EZ)時考慮彙整所有干擾。

- 鄰近頻道保護(Adjacent channel protection)

儘管認為對固定服務微波接收器相鄰頻道干擾的風險較低，但是 FCC 仍將採取一些保護措施，採取保守的方法來啟用 6 GHz 頻段的新未授權設備。因此，除了要求 AFC 系統計算同頻道禁區(co-channel exclusion zone)外，還將要求 AFC 系統確定相鄰的頻道禁區(adjacent channel exclusion zone)。為達此目的，FCC 將要求 AFC 系統根據無執照設備採用的帶外發射波罩(out-of-band emission mask)來確定相鄰頻道禁區，其目的是將無執照設備的工作頻道外的能量保持在較低級別，同時與確定同頻道禁區的防護標準相同；即 I / N 比值必須為-6 dB 或更小。此要求將保護固定微波接收器免受由於無執照設備帶外發射(out-of-band emission)引起的有害干擾。

2. 無線電波天文台(radio astronomy observatories)

U-NII-7 頻段的現有業務包括位於偏遠地區的幾個無線電波天文台(radio astronomy observatories)，它們以 6.65-6.6752 GHz 之間的頻

譜觀測。美國國家科學院無線電頻率委員會(National Academy of Sciences' Committee on Radio Frequencies)要求 AFC 系統進行保護這些天文台使用特別建議的禁區(EZ)，這取決於未授權設備和電波天文台天線的高度。由於這些觀察對科學界相當重要，FCC 決定將採用禁區(EZ)，以保護它們免受指定頻率的干擾。由於這些天文台位於偏遠地區，因此我們認為，從這些地區的 25.2MHz 頻譜中排除標準功率 AP 設備不會給無執照設備運行帶來巨大負擔。根據美國國家科學院無線電頻率委員會的建議，AFC 系統將根據電波天文台天線與未授權 AP 設備之間的無線電直線視距(radio line-of-sight)來確定禁區(EZ)的大小。

3. 固定衛星服務

FCC 在該 NPRM 通知中初步得出結論，建議的輻射功率限值(radiated power limits)將防止單一無執照設備對在 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段運行的現有 FSS 太空站(space station)接收機造成有害干擾，保護此類接收機不必使用 AFC 系統。這些既有用戶(incumbent)運行僅限於地對空(earth to space)傳輸，標準功率無執照 AP 設備發出的訊號強度太低，以至於對地球同步衛星太空站接收機的影響可以忽略不計。AFC 系統不需要為 FSS 太空站提供特定保護。FCC 注意到它預期標準功率 AP 設備可能會使用全向或寬波束寬度的天線（例如 60 至 120 度），而不是高度定向的天線（例如固定微波站所使用的那些天線），因此，FCC 研究是否需要會通過採取限制措施來防止天線指向對地靜止弧(geostationary arc)，來保護衛星接收器，類似於室外 U-NII-1 設備所要求的一樣。

最後採用的規則支持 FCC 的初步結論，即不需要 AFC 系統來保護現有的衛星固定服務運行免受 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段的標準功率 AP 設備運行的影響。考慮到在這些子頻段(sub-bands)中衛星接收的僅限於對地靜止軌道(geostationary orbits)，即距赤道約 35800 公里，

我們認為相對低功率的無執照設備不太可能對太空站接收器造成有害干擾。Intelsat 和 SES Americom 的文件顯示，人們普遍關注低功率設備的潛在有害干擾，包括低功率設備的總體干擾，因為衛星接收器波束覆蓋較大地理範圍，其中可能會收到大量無執照設備的干擾。

Apple 與 Broadcom 提出了一份研究報告(“RKF 研究”)，該研究報告提到截至 2025 年對地靜止衛星的預計總 I / N，來自無執照設備的 I / N 永遠不會超過-20 dB。Intelsat 和 SES Americom 認為，如 RKF 報告的頻譜共享研究中輸入變量(input variables)的變化會產生廣泛的結果，有些結果說明，未授權的設備部署將超出 FSS 防護標準，而設備僅佔預測總數的一小部分而已。儘管 FCC 不同意他們的分析，但作為預防措施，規則將要求室外標準功率 AP 設備將 30 度仰角以上的最大 EIRP 限制為 21 dBm，FCC 在 NPRM 通知中指出的內容與在 U-NII-1 頻段中要求保護固定衛星業務的內容類似。這項限制措施應解決 Intelsat 和 SES 的問題。我們採用此限制措施而不是用總功率限制有兩個原因。首先，室外 AP 設備沒有理由向天空輻射大量功率，因此我們認為此要求不會給標準功率 AP 設備製造商和用戶帶來負擔。其次，設計一個 AFC 系統進行總功率限制監看將非常複雜，要求 AFC 知道每一個未授權設備向靜止弧(geostationary arc)的每一個部分發射了多少能量。反過來說，這將需要 AFC 知道每一個室外 AP 設備的天線方向圖(antenna pattern)、方向(orientation)、實際發射功率級別、發射時間百分比(percent of time it transmits)以及室外運行未授權客戶端設備(client device)的類似訊息。鑑於 EIRP 的天空限制，於是對 AFC 控制的室外無執照設備施加了限制，並且 RKF 研究顯示總干擾(aggregate interference)的可能性很小，因此 FCC 認為沒有理由在 AFC 系統中要求這種級別的複雜性。

第二節　、室內以低功率 AP 跨全 6GHz(UNII5~8)頻段運行

在 NPRM 通知中，FCC 提議允許無執照的 AP 設備在 U-NII-6 和 U-NII-8 頻段的室內以輸出傳導功率 24 dBm（11 dBm / MHz）和 30 dBm 最大 EIRP（17 dBm/MHz PSD）的運行，通過使用多達 6 dBi 增益的天線可以實現。該通知徵求關於是否應在 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中允許使用這種室內類型的評論，結果此類設備皆可使用整個 6 GHz 頻段。同意無執照操作的支持者廣泛支持在相同的規則下 FCC 授權在整個 6 GHz 頻帶內進行這些低功率室內操作。他們斷言，允許這些操作將使下一代 Wi-Fi 能夠以整個功率級別在整個頻段上的多個 160HMz 頻道上進行部署，從而有效地減少干擾各種現有授權服務的可能性。各種現有授權服務的代表對可能干擾其業務表示關注。一些無執照低功率營運的支持者和現有服務的代表將技術分析遞交給 FCC。

根據評論者遞交的記錄，我們讓整個 6 GHz 頻段，可進行無執照的室內操作，而無需 AFC 控制頻率接取。通過這樣做，我們在這些頻段中創造了新的非授權使用機會-包括優化利用 160 MHz 頻道的下一代 Wi-Fi 應用-同時保護該頻段中的各種現有授權服務，包括固定微波服務，各種其他固定和行動服務，以及衛星固定服務。

因為將沒有 AFC 系統來防止對授權服務的干擾發生，所以我們在規則中採用了三項限制，旨在防止有害干擾。設備是：

- 限於室內操作；
- 要求使用基於競爭式協定 (contention-based protocol)；
- 低功率運行。

首先，這些低功率 AP 設備只能在室內運行。這些未經授權許可的設備傳輸的訊號穿過建築物的牆壁時會大大衰減。傳統建築的訊號損耗中值(median signal loss)是 17 dB，而更新的高效建築則提供了

更高的訊號衰減。沒有人反對傳統建築中 ITU 訊號損耗中值(median signal loss)。這種衰減對於提供必要的訊號衰減至關重要，因為可以防止對現有執照用戶產生有害干擾。

其次，FCC 要求室內低功率設備(AP 設備及其關聯的客戶端設備）均採用基於競爭式協定。CableLabs，Comcast，Charter 和 Cox 建議採用這種要求，以確保現有營運不會受到損害。競爭式協定提供不同用戶皆有合理的傳輸機會，允許多個用戶共享頻譜。由於當今 Wi-Fi 網路的加權平均上網時間利用率(weighted average airtime utilization)為 0.4%，因此 Wi-Fi 設備係使用基於競爭式協定的方式共享頻譜。在 IEEE 802.11 中，基於載波檢測多重存取附碰撞偵測（CSMA / CA）協定的“先聽後說(listen before talk)”媒體存取機制(media access scheme)即是一種基於競爭的演算法，可提供對所有流量的存取。在啟動任何數據封包傳遞之前，站點(station)監聽無線媒介(wireless medium)，如果該媒體(medium)閒置，則該站點可以發送；否則，站點必須等到當前傳輸完成後再進行傳輸。為了確保頻譜的有效和合作共享，FCC 要求所有未經授權的室內低功率操作都使用包括基於競爭式協定的技術。除了為未授權設備提供平等的頻譜接取權限外，基於競爭的協定還可以用於避免與共享該頻段的其他服務產生同頻干擾。因此，可以利用此要求來促進與該頻段中現有的固定和移動服務的頻譜共享。另外，由於需要與其他設備共享頻譜，因此需要限制低功率無執照設備傳輸的時間。這將限制發生干擾時的傳輸時間。

第三，我們將低功率室內 AP 設備功率限制為比 AFC 控制下的標準功率 AP 設備稍低的功率級別。與 FCC 針對現有 U-NII 頻段的方法一致，我們同時針對 EIRP 指定了最大功率譜密度(PSD)和絕對最大發射功率。具體來說，我們將允許最大輻射功率頻譜密度為每 1MHz 5 dBm，對於最大允許的 320 MHz 頻道（或對於 160 MHz 頻道為 27 dBm），絕對最大輻射頻道功率(absolute maximum radiated

channel power)為 30 dBm。此外，為確保客戶端設備(client device)保持在室內 AP 設備附近，我們將其 PSD 和最大發射功率限制為低於 AP 設備允許的功率 6 dB。在規則中採用這些功率級別時，我們在確保室內未授權設備具有足夠的功率供公眾使用，同時還保護 6 GHz 頻段中的授權服務免受有害干擾，這兩者之間取得了平衡。根據此過程中開發的記錄，我們發現此功率級別可以滿足這些雙重目標。

在以下各節中，我們首先討論將這些低功率接 AP 設備保持在室內的規定。然後，我們討論該頻段內室內無執照業務的技術參數-各方要求的功率級別，我們今天採用的功率級別的依據以及此過程中的技術文件如何支持我們得出的結論，即干擾現有服務的潛力在 6 GHz 頻段內的工作可以忽略不計。然後，我們評估未授權設備對 6 GHz 頻段內的現有服務（固定服務、行動服務、FSS 和電波天文台）造成有害干擾的可能性。我們討論遞交記錄的技術研究，其中大多數採用不同的分析方法(analysis methodologies)，並且每一個方法的假設存在很大差異，導致得出不同的結論。某些研究基於統計模擬，而另一些則基於最壞情況。在評估這些研究時，我們討論了有關傳播模型、建築物進入損耗、天線方向圖(pattern)、無執照設備的高度、活動因子(activity factors)以及現有服務和無執照服務的頻寬重疊(bandwidth overlap of incumbent and unlicensed services)的方法和基本假設，以及相關的結果和結論。

1. 室內基站運行

由於建築物的衰減有助於減少室內低功率 AP 設備對授權服務接收器的有害干擾，因此，我們正在採取合理可行的措施，將低功率 AP 設備限制在室內運行。具體來說，我們採用了三種與設備相關的硬體要求，這些要求旨在將這些低功率 AP 設備保持在室內。

首先，正如波音公司所建議的，我們將要求 AP 設備不能抵抗風雨(weather resistance)。我們將通過 FCC 的設備認證計劃強制執行此要求。其次，如 Wi-Fi 聯盟建議的，我們將要求低功率 AP 設備具有整合式天線(integrated antenna)，並禁止將其他天線連接到設備的能力，這將阻止設備被接上更高增益的定向天線，並使設備的能力降低或不適合室外使用。第三，與惠普企業和 Wi-Fi 聯盟的建議一致，我們將禁止這些低功率 AP 設備使用電池供電。此外，我們要求將這些 AP 設備的銷售方式定為“僅供室內使用”，並在設備上貼上標籤，註明“ FCC 規定僅限於室內使用”，從而告知消費者適當的使用方法。

2. 功率頻譜密度限制

在確定該頻段內低功率室內未授權設備的合適功率譜密度時，我們仔細審查了各個評論方遞交記錄中的研究。他們使用了各種分析方法，這些方法分為兩大類：（i）蒙特卡洛模擬(Monte Carlo simulations)，其中考慮了機率因素，例如建築物進入損耗(Building Entry Loss)，活動因子(activity factor)和同頻道機率(co-channel probability)，以及（ii）靜態鏈路預算(static link budgets)，其中因機率的變化，而有受限的考慮因素(with limited considerations of probabilistic dependencies)。這些研究得出了各種各樣的結論。儘管在現有服務用戶營運商提供的研究傾向於假設最壞的情況（而忽略了與最壞情況相關的極低機率），基於測量當前使用情況，無授權使用的支持者使用極低的機率作為活動因子，並且不將未來的增長納入評估範圍，在模型之間變化的其他假設包括：建築物入口損耗(Build Entry Loss)和傳播損耗(propagation loss)，現有營運商通常假定直線視距(line-of-sight, LOS)自由空間傳播(free space propagation)，而無執照設備的支持者則採用產業標準模型，這些模型若不是包括內建背景干擾損耗(clutter loss)，就是將這種損耗視為累加因子(additive

factor)，該因子由適用於環境的單獨統計背景干擾模型(separatestatistical clutter model)決定。

在考慮了所有研究以及所有 6 GHz U-NII 頻段的各種假設以及現有營運商的保護需求之後，我們採用 5 dBm / MHz PSD。根據我們在未經許可的運行和干擾分析方面的經驗以及我們的工程判斷，我們發現 5 dBm / MHz 的 PSD 既可以充分保護該頻段中的所有營運商，又可以為未授權的設備提供足夠的功率，與其他 U-NII 頻段的功率級別相當，尤其是在使用更寬的頻寬時，維持有意義的應用。在此功率限制下，加上對這些操作施加的其他限制，我們發現對現有服務運行造成有害干擾的風險微不足道。我們還注意到，該值低於 NPRM 中建議的 17 dBm / MHz EIRP 和無執照支持者所要求的 8 dBm / MHz EIRP，這是一個預防措施，在目前記錄的狀態下，我們在此時採取措施保護現有服務運行。由於更充實的記錄和進一步的研究可以減輕我們的擔憂，因此，我們在所附的《擬議規則制定的進一步通知(Further Notice of Proposed Rulemaking)》中尋求對此問題的進一步評論。

對於未經授權的客戶端設備(client device)，我們發現由於流量的非對稱性質，客戶端設備不必具有與 AP 設備相同的功率頻譜密度(PSD)。當客戶端設備在 AP 設備附近操作時，額外的 6 dB 餘量(margin)將為現有服務用戶提供保護。因此，我們得出的結論是，該頻帶中低功率室內客戶端設備的適當最大功率頻譜密度比 AP 設備的限制低 6 dB（或根據採用的 PSD 限制為-1 dBm / MHz）。

3. 保護現有服務營運

主要探討保護既有頻段使用者，包含：(1)固定微波服務，(2)行動服務，(3)固定衛星服務，(4)無線電波天文台，詳述如下：

(1). 固定微波服務

我們發現固定的微波接收器將受到保護，免於遭受無執照室內低功率設備的有害干擾即使該設備在我們授權功率級別下運行。我們審查兩項代表性技術的研究得出結論。首先，CableLabs 遞交的蒙特卡洛模擬(Monte Carlo simulation)為得出這一結論提供了有力依據。本研究假設了授權和非授權服務的實際操作條件。其次，對 AT&T 遞交的六種特殊情況的鏈路預算分析(link budget analysis)顯示，如果對傳播損耗做出現實的假設並考慮到無執照設備傳輸的機率特性(probabilistic nature)，則建議的功率級別不太可能發生干擾。

在室內低功率操作的支持者遞交的幾項技術研究中，顯示對固定微波接收器的干擾可能性極低，我們發現 CableLabs 研究最為重要。這些研究通常採蒙特卡洛電腦模擬，該模擬對低功率無執照設備的隨機部署(random deployment)進行模型建立，並計算關於微波接收器發生干擾可能性的統計數據。支持室內低功率運行的人主張，固定微波鏈路不會受到來自未授權設備的有害干擾。

固定無線通信聯盟(Fixed Wireless Communication Coalition)主張，固定微波鏈路通常旨在實現 99.999％或 99.9999％的可靠性，即使來自未授權設備的罕見干擾也會降低這種可靠性。他們反對未經授權支持者所使用的論證的統計特性，指出即使單個 AP 設備不太可能造成干擾，但部署數億個 AP 設備意味著將有大量微波鏈路將受到干擾。固定無線通信聯盟指出，它們關心的是異常 AP 設備，而這些設備位於微波接收器主波束內、沒有地面背景干擾的天線附近，並且在室外或牆壁品質不良的建築物之內。儘管這樣的 AP 設備可能很少見，但他們聲稱，數億個未經授權的設備將使這種情況到處都是，從而對大量微波鏈路產生有害干擾。

其他固定微波執照持有者也強調了保持高鏈路可靠性的重要性。公用事業公司主張它們的微波鏈路用於監視和控制電網，並且必須接近即時(real time)運行，以避免系統不穩定和電源中斷。美國國家公共安全電信議會(National Public Safety Telecommunications Council, NPSTC)主張，使用 6 GHz 微波鏈路與 911 中心通訊，以及公共安全無線電基地台(public safety radio base stations)和控制設施(control facilities)之間的連接。公共全通訊協會(the Association of Public-Safety Communications Officials,APCO)指出，公共安全組織使用的微波鏈路設計為每年停機時間不超過 30 秒。其他微波執照持有者，例如鐵路和電信提供商，也強調了其鏈接的關鍵特性。

一般而言，任何有關頻譜共享的技術研究都應考慮所涉及服務的特定行為以及服務運行所在的傳播環境的複雜性。例如，專注於靜態鏈路預算(static link budget)的研究忽略了大多數非授權傳輸的零星特性（活動因子）以及非授權設備和授權服務的同頻道操作機率的影響（例如一個 80MHz 非授權頻道覆蓋的範圍不到 6 GHz 頻段的 7%）。這些因素降低了干擾授權服務的可能性。一些基於鏈路預算的研究使用一個值(single value)作為建築物進入損失，而另一些研究則將建築物進入損失視為具有一定範圍建築物損失和相關概率的概率量(a probabilistic quantity with a range of building losses and associated probabilities)。一些研究對傳統建築和熱效應建築(thermally efficient buildings)提出了不同的結果，而其他研究則假設建築物類型混合在一起，並建立了單個衰減損耗(single attenuation loss)的組合分佈。為了更準確地取得 AP 設備傳輸零星特性和同頻操作的概率性，許多研究都基於蒙特卡洛型來模擬。無論分析類型如何，某些研究主要假設自由空間傳播(free space propagation)條件，而其他研究則使用產業標準的統計傳播模型來更準確地表示營運環境。

CableLabs 遞交了一項技術研究，該研究模擬了低功率室內未授權設備對微波接收器的潛在干擾，此蒙特卡洛模擬探討了對紐約市

地區微波固定鏈路的潛在干擾。該模擬使用 WINNER II 城市傳播模型，該模型是本報告中用於 AFC 系統中間距離的傳播模型。CableLabs 研究選擇的建築物入口損耗(building entry loss)在 10dB 到 30dB 之間，這與 ITUP.2109 建議一致。此外，該模擬使用基於從 500,000 Wi-Fi AP 設備取得數據的上網時間利用率分佈來建立模型，以模擬每個 AP 設備傳輸的頻率。模擬顯示，反映潛在干擾的 I / N 比值遠低於預期發生干擾的水平。實際上，CableLabs 研究顯示，I / N 比值遠小於-6 dB 的門檻(threshold)，而代表固定微波執照持有者利益的固定無線通信聯盟將其用作對固定微波鏈路產生有害干擾的門檻。

我們發現 CableLabs 的研究具有說服力，因為它使用了成千上萬個 Wi-Fi AP 設備的實際上網時間利用率數據以及用於建築物入口損耗的統計模型。由於該頻段內非 AFC 控制的無執照操作僅限於室內操作，因此所有技術研究都必須考慮由於建築物進入損耗而引起的訊號衰減，大多數技術研究使用的是 ITU P.2109 建議書中的數據，該數據基於測量結果顯示了傳統建築和熱效應建築的建築物入口損耗的累積分佈函數(cumulative distribution function)。這些累積分佈函數說明，對於熱效率高的建築物，建築物入口損耗衰減明顯更大；如果訊號與建築物牆壁的入射角不垂直於牆壁，則建築物入口損耗衰減會大大增加。一些分析僅使用一個值（例如平均值）來表示衰減。其他分析將建築物進入損失視為概率量，其中在蒙特卡洛模擬中使用累積分佈函數或使用一定範圍的建築物損失和相關概率。一些研究對傳統建築物和熱效應建築物提出了不同的結果，而另一些研究則假設建築物類型混合以建立一個衰減損耗的組合分佈。CableLabs 的研究不是使用一個平均值或中位數來表示建築物的進入損失，而是使用模擬中每個 AP 設備的機率分佈得出的衰減值，因此，與使用單個數字（例如中位數或平均值）進行建築物損失相比，更準確地模擬可以針對建築物損失的變化建立模型。

AT&T 聲稱 CableLabs 研究在他們的研究中使用了不切實際的 AP 設備功率分佈。 CableLabs 隨後遞交了其他模擬結果，假設所有 AP 設備的工作頻率均為 8 dBm / MHz，並且在所有情況下 I / N 均小於-6 dB，從而完全解決了 AT&T 的擔憂。

AT&T 提供了六種情況，即無執照的設備在靠近固定微波接收器的地方操作，或者無執照的設備在離微波接收器相對較遠的地方工作，但地形導致無執照的設備在主接收器波束內或附近的六種情況。AT&T 指出，在這種情況下，網路中的情況並不罕見，因為微波鏈路經常用於將流量從鄉村基站點回傳到可用光纖連接的城市化地區。

AT&T 的技術研究試圖通過引入圍繞建築物進入損耗的機率分佈來克服簡單確定性干擾(simple deterministic interference)計算的局限性，AT&T 聲稱，他們的示例使用國際電聯建議 ITU P.2109 的分佈將其作為概率量(probabilistic quantities)處理，從而適當地應用了建築物入口損失，並且先前的分析已將建築物入口損失簡化為單一值。但是，我們得出的結論是，此步驟並未完全彌補靜態鏈接預算分析限制的局限性。AT&T 鏈路預算中一些最重要的元素也是概率量。AT&T 的鏈接預算(link budget)做出以下假設：（a）在 80 MHz 頻道（11 dBm / MHz）中的 EIRP 為 30 dBm；（b）最大無執照設備 EIRP 朝向微波天線的方向；（c）干擾訊號的自由空間傳播；（d）零背景干擾(clutter)損失；（e）該地點的無執照設備能夠以 6 GHz 的頻率運行，並且與微波接收器同頻運行；（f）未授權設備的有 100％的工作週期(duty cycle)。顯然，AT&T 的鏈接預算中缺少大量具有相關機率分佈的參數。例如，AT&T 對自由空間傳播模型的使用忽略了通常圍繞發射機和接收機站點的背景干擾（這可能會大大降低有害干擾的風險）。

CTIA 遞交了一項技術研究（類似於 AT&T 的研究），顯示了涉及實際微波鏈路的五個場景的鏈路預算，它們所包含的內容將受到附近建築物中未授權設備的干擾。我們對 CTIA 研究進行了與 AT&T 研究相似的分析，並得出了相似的結果-一旦考慮了更現實的鏈接預算分析以及許多機率參數的影響，低功率室內運行的 AP 設備對現有服務用戶運行產生有害干擾的可能性很小。

蘋果、博通等的研究進行了兩項使用典型的微波鏈路特性來確定室內未授權設備是否可能對微波鏈路造成干擾的技術研究。他們得出結論，典型的微波鏈路特性使其不太可能受到有害干擾。一項研究裡檢查了紐約市地區的所有 292 條微波鏈路，將每個微波接收器天線的 3 dB 主波束內的每個高層建築物的光學雷達(Light Detection and Ranging)LIDAR 數據合併，光學雷達是一種光檢測與測量距離的技術，類似於雷達，可用於建立垂直精確度高達 10 公分的高解析度數值高程模型(digital elevation model, DEM)，通過鏈路預算分析，研究發現只有 2.7％的路徑的 I / N 會大於-6 dB，最壞的情況下 I / N 只有-0.47 dB，這些數字不包括活動因子和頻寬重疊機率(bandwidth overlap probabilities)，它們將減少這些鏈路上實際干擾的可能性。此外，本研究假設未授權設備的 EIRP 為 11 dBm / MHz，比我們允許的高 6 dB，並使用自由空間傳播模型，這使得結果極為保守。該研究很大程度上證實了我們的分析。像我們一樣授權低功率室內運行不會造成任何嚴重的有害干擾風險。

第二項研究裡檢查了洛杉磯水電局(Department of Water and Power)微波網路的 152 鏈路微波網路。該研究發現，在這些鏈路中的 39 個可能潛在遭受-6 dB 或更高的 I / N 的情況中，這些鏈路中只有四個鏈路會經歷 C / I，這顯示它們的性能可能會降低。但是，這些研究具有與上述 AT&T 研究相同的許多缺點，尤其是沒有考慮到微波鏈路和 AP 設備在同一頻道上工作的可能性以及兩個訊號之間的頻寬不匹配的問題。

我們完全相信，正如蒙特卡洛模擬和對鏈路預算研究的檢驗所顯示的那樣，固定微波鏈路將很少有機會遭受來自室內低功率無執照操作的有害干擾。此外，當今使用最廣泛的未授權系統（例如 Wi-Fi）的傳輸具有非連續性(non-continuous nature)，這使得發生有害干擾的可能性更低。我們要求低功率室內 AP 設備採用競爭式協定(contention-based protocol)的規則可確保所有未授權的設備都不會採用連續傳輸。CableLabs 遞交的從 500,000 個 Wi-Fi AP 設備收集的數據顯示，95%AP 設備的活動因子小於 2%，只有 1%的 AP 的活躍時間超過 7%。這說明大多數情況下，特定的 AP 將不進行傳輸。

Wi-Fi 傳輸的偶發性和突發性(sporadic and bursty nature)很重要，原因有兩個。首先，它說明了為什麼對來自 Wi-Fi 設備總干擾的討論不能簡單地增加從各個 AP 接收到的功率來計算接收到的干擾。取而代之的是，為了更準確地估計總干擾，應採用考慮了傳輸間歇性(intermittent nature)的蒙特卡洛模擬。

其次，只有在微波接收器從無授權設備接收到功率過高的傳輸同時發生深層大氣多路徑衰落(deep atmospheric multipath fade)的情況下，微波鏈路品質的潛在惡化才會發生，而因距離、背景干擾及地形產生的自然損耗(natural loss)不能減少從非授權設備接收的功率。當穩定的空氣團（例如溫暖和潮濕的空氣）導致大氣分層(stratification of the atmosphere)並在午夜後的 8 小時內最普遍時，會導致大氣多路徑衰落-與 7-11 PM Wi-FiAP 使用時間不重疊。在最有可能發生多路徑衰落與大量使用 Wi-Fi 設備之間的時間間隔意味著 Wi-Fi 傳輸將與多徑衰落事件重疊的可能性很小。電信產業協會（Telecommunication Industry Association, TIA）證實了這一主張，該電信產業協會（TSA）顯示了 TSB 10-F 中的一個例子，該例子僅在考慮個人通訊服務和專用營運固定微波服務之間的頻譜共享時，僅考慮午夜後的 8 小時時段具有重大影響。因此，與該建議一致，因為 Wi-Fi AP 設備的繁忙時間不在午夜後的 8 小時內，所以我們得出

結論，室內低功率 Wi-Fi AP 對固定服務微波鏈路產生有害干擾的可能性為無關緊要的。

(2). 行動服務(Mobile Service)

行動服務在 6 GHz 頻段中分配僅限於 U-NII-6 和 U-NII-8 頻段。在這些頻段中，行動服務營運商負責電子新聞蒐集(electronic news gathering, ENG)和其他第 74 部分(Part 74)廣播輔助服務(broadcast auxiliary service)，以及第 78 部分(Part 78)有線電視轉播服務(CATV relay service)和第 101 部分(Part 101)地區電視傳輸服務(local TV transmission service)，而現行微波通訊頻段為固定及行動廣播輔助服務業者（Fixed and Mobile Broadcast Auxiliary Service, BAS）及有線電視中繼服務業者（Cable TV Relay Service）於新聞採訪時節目傳輸使用。在體育場和室內以及大型場館，室內和室外的大型體育賽事中，行動服務營運商將可攜式攝影機中繼器連接到“巨型(jumbotron)”屏幕，以進行大型體育賽事；在新聞事件中使用該頻段將視訊中繼(video relay)到電視製作卡車(production trucks)；對於視訊多跳(video signal multi-hop)行動中繼(mobile relay)則從新聞事件到衛星新聞採訪車(satellite news trunk)、固定接收站點或臨時中繼站點(relay site)。低功率輔助台(Auxiliary Stations)也獲得了 U-NII-8 頻段許可，可在流動基礎(itinerant basis)上運行，並在大約 100 公尺的距離上傳輸，用於無線麥克風，提示(cue)和控制通訊以及電視攝影機同步信號。頻段在地面上的其他用途包括用於汽車和帆船比賽，政治大會(political convention)和高爾夫比賽視訊製作的短距離視訊中繼，由於它們的使用特性（突發新聞，事件報導等），這些輔助服務對該頻段特定部分的使用是不可預測的。

Sub-band	Frequency Range (GHz)	Primary Allocation	Predominant Licensed Services
U-NII-5	5.925-6.425	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks)
U-NII-6	6.425-6.525	Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks)
U-NII-7	6.525-6.875	Fixed FSS	Fixed Microwave FSS (uplinks/downlinks)
U-NII-8	6.875-7.125	Fixed Mobile FSS	Broadcast Auxiliary Service Fixed Microwave Broadcast Auxiliary Service Cable Television Relay Service FSS (uplinks/downlinks) (6.875-7.075 GHz only)

圖：U-NII-5 至 U-NII-8 既有服務使用概況

NAB 遞交詳細的技術研究，是唯一在 U-NII-6 和 U-NII-8 頻段進行行動營運的支持者。NAB 的研究著重於該頻段中行動電子新聞蒐集的營運，但是我們認為他們的研究結果可以推論到有線電視轉播服務(CATV relay service)的營運，類似於廣播輔助服務(broadcast auxiliary service)。此外，許多本地電視傳輸服務被歸類為行動台(mobile stations)，並且通常在臨時的固定位置運行，NAB 使用統計蒙特卡洛模擬來確定對電子新聞收集用途的潛在干擾。NAB 的研究使用光學雷達(LiDAR)數據來預測放置在 1.5 公尺高的室內未授權 AP 設備與電子新聞蒐集接收站點之間的直線視距(line of sight, LOS)。該研究僅假設在室內預測電子新聞蒐集接收器與建築物外部某個點之間直線視距的位置，並假定接收器方向上的無執照設備功率為 23 dBm，並基於 6 GHz 頻段中 U-NII-6 和 U-NII-8 的低功率室內設備，使用同頻道操作的機率分佈。NAB 的研究使用了建築物表面(building facade)與電子新聞蒐集接收器之間的自由空間路徑損耗傳播模型(free space path loss propagation model)，基於 70%傳統建築和 30%節能建築(energy efficient building)類型的建築入口損耗(building entry loss)，I / N <= -10 dB 是一個保守的干擾標準(interference criterion)，以及兩個活動因子(activity factors)（0.44%和 10%）。

NAB 預測每種使用情況下的干擾，它聲稱可能導致電子新聞採訪視訊的劣化或完全丟失(complete loss)。

儘管 NAB 研究提供了一些有關對電子新聞蒐集接收站點造成有害干擾可能的有價值資訊，但我們不同意其假設。我們不同意 NAB 基於直線視距(LOS)範圍的預測面積百分比(percentage of area)對所有路徑使用自由空間路徑損耗，而實際上無執照的設備將隨機放置，並且很可能所處建築物區域中，與電子新聞蒐集接受器並無直線視距(non line-of-sight, NLOS)。在更現實的條件下，我們注意到，在電子新聞蒐集接收器案例中，很少會超過 NAB 選擇的-10 dB I / N 基準。我們也不同意使用 I / N = -10 dB 作為評估有害干擾機率的衡量標準，考慮到我們採用的功率級別和基於競爭式協定限制，I / N =-6 dB 將會顯示出更好的結果。

Apple 及 Broadcom 等廠商在與 NAB 相同研究的情況下，使用 LiDAR 數據評估直線視距機率(LOS probability)，並得出結論，即使在 NAB 聲稱多達 90％至 100％的人口擁有直線視距(LOS)的地方，清晰的直線視距很少見，NAB 表示不同意，並作為回應從他們的一個電子新聞採訪中心的接收器遞交了一張圖片，該圖片顯示了周圍區域的一個方向，但是，Apple 及 Broadcom 也指出，儘管自由空間傳播模型(free space propagation model)在某些位置可能是適當的，但平均傳播損耗最好由適當的城市傳播模型(urban propagation model)來模擬，由於背景干擾、多路徑效應(multipath effects)和其他衰減源存在，這將導致更大的傳播損耗，所以我們同意 Apple 及 Broadcom 的觀點。用城市傳播模型可以更好地估算隨機放置的無執照設備的平均傳播損失。

NAB 使用兩個特定的活動因子，即 0.44％和 10％，其中顯示，較高活動因子的情況出比較低活動因子的情況超出其保守 I / N 門檻值(threshold)的機率高得多。相反，CableLabs 遞交了一項有關室內

無執照設備與廣播輔助服務接收器之間潛在干擾的技術研究。它根據從超過 500,000 個 Wi-Fi 用戶收集的經驗數據(empirical daa)使用兩種活動因子分佈，加權上網時間利用率(weighted airtime utilizations)分別為 0.4 和 4%。最終，NAB 的統計研究中包括了同頻道操作機率，但該機率是基於未執照設備被限制在 U-NII-6 和 U-NII-8 頻段中。NAB 的假設增加了同頻道操作的可能性，因此，過度預測了對電子新聞蒐集接收器產生有害干擾的可能性。

戶外電子新聞蒐集中心接收站點(Outdoor electronic news gathering central receive sites)

NAB 的研究預測，在較高活動因子的情況下，室內無執照設備將在所研究的電子新聞蒐集中心接收站點附近導致連續的總 I / N 比值高於-10 dB。

由於上述原因，我們認為 NAB 研究高估了超過這個非常保守 I / N 值的可能性，因此也高估了超過保守程度較低但仍具有保護性的 I / N 值-6 dB 的可能性。Apple 及 Broadcom 等提出了對相同場景的統計研究，該研究是基於 WINNER II、不規則地形模型(Irregular Terrain Model, ITM)與 ITU P.2108 傳播模型的組合。這項研究考慮了兩個活動因素以及根據 ITU P.2109 建議書中建築物入口損耗(building entry loss)70/30 的混和比例，我們發現 Apple，Broadcom 等的研究使用了更合適的傳播模型，因此更準確地表現出從室內無執照設備到電子新聞蒐集中心接收站點的有害干擾的風險，且發現這種風險微不足道。

對電子新聞採訪車接收器的干擾(Interference to electronic news gathering truck receivers)：

NAB 自己的研究結果顯示，在活動係數為 0.44%的情況下，室內未許可的設備不太可能導致 I / N 超過-10 dB。在活動因子為 10%的情況下，電子新聞採訪車接收器的結果顯示，總 I / N 超過-10 dB I / N 門檻值(threshold)的時間為 0.2 至 49.8%。

CableLabs 經驗活動因子數據顯示權重分佈(weighted distribution)為 0.4%。我們得出結論，電子新聞採訪車周圍區域中，每一個未許可設備將以 10%的高活動因子進行傳輸的假設，是非常不實際的。

NAB 研究還得出結論，電子新聞採訪車接收器看到的無用訊號的水平取決於非許可設備的高度、電子新聞採訪車天線的高度與周圍環境高度三者之間的關係。對於電子新聞採訪車發射器和接收器之間的所需鏈接、本地環境和天線高度之間存在相同關係，除了可以規劃好電子新聞蒐集鏈接，並且可以透過停好電子新聞採訪車位置以取得在發射器和接收器之間最佳訊號。鑑於潛在干擾對幾何(geometry)的敏感性以及 NAB 不切實際的假設，即電子新聞採訪車周圍區域中的每個未許可設備都將以高活動因子進行傳輸，我們得出結論，對於所示情況，有害干擾的可能性仍然微不足道（使用更合適的-6 dB 門檻值）。

CableLabs、Apple 及 Broadcom 等兩項研究均顯示，室內無授權設備對室外電子新聞蒐集接收器的有害干擾不太可能發生，CableLabs 描述了兩種密集的操作場景，其中可能存在電子新聞採訪車操作和未經授權的設備操作。一個室內案例檢查大中央車站的主廳，一個室外案例涉及梅西百貨的感恩節大遊行。CableLabs 的研究使用 10 dB 的訊號干擾加雜訊(signal to interference-plus-noise ratio, SINR)作為相關品質因數，CableLabs 研究了從室內和室外攝影機後向發射器到室外電子新聞採訪車接收器的路徑，發現電子新聞採訪車鏈路的訊號干擾加雜訊比值(signal-to-interference-plus-noiseratio, SINR)小於 10 dB 的可能性非常低。CableLabs 的廣播輔助服務

(Broadcast Auxiliary Service)研究主張，在進行的數百萬次模擬中，“幾乎在所有情況下，廣播輔助服務鏈路質量都保持在足以提供高質量視訊的水平上”。CableLabs 還研究了其結果對活動因子增加、建築物入口損失減少以及無執照設備 EIRP 增加的敏感性，並且發現在所有情況下，訊號干擾加雜訊比值降至 10 dB 以下的可能性都可以忽略不計。

Broadcom 同樣發現，後置攝像頭傳送器以 10 dB 或更高的訊號干擾加雜訊之比值向電子新聞採訪車提供高質量的視訊。Broadcom 發現，對於 10%的活動因子，需要電子新聞採訪車鏈接 2 至 9 dB 的訊號干擾加雜訊比值(SINR)，才能保持誤碼率(bit error rate, BER)小於 1e-8 並提供高質量的視訊，Apple 及 Broadcom 等研究了位於華盛頓特區大都會警察局總部的後置攝像頭發送器(camera-back transmitter)，該發送器將影像發送到街道上的電子新聞蒐集接收器。基於附近的四個室內未授權設備進行的這項研究檢視了電子新聞蒐集接收器的訊號干擾加雜訊比值(SINR)，Apple 及 Broadcom 等發現，最壞情況下的訊號干擾加雜訊比值為 18 dB。

NAB 反對使用訊號干擾加雜訊比代替 I / N 標準來確定有害干擾。它指出，與固定點對點鏈接(fixed point-to-point link)不同，電子新聞採訪車系統的時機不是為可靠性而設計的，並且通常以低於 10 dB 的 SNR 運行。NAB 指出，電子新聞採訪車訊號以隨機方式變化，通常是由於環境中移動物體引起的多路徑傳播(multipath propagation)。

我們同意 CableLabs、Apple 及 Broadcom 等的發現，認為室內無執照設備對室外電子新聞蒐集接收器造成有害干擾的風險可以忽略不計。我們注意到，在電子新聞採訪訊號中引起訊號變化的情況也一樣將作用於來自非授權設備的訊號。 CableLabs 指出，關於未經授權的室內設備對廣播輔助服務訊號有何影響，10 dB 的“訊號干

擾加雜訊”比值提供了準確的依據。Apple 及 Broadcom 等斷言“新聞卡車操作員(news truck operator)將能夠通過稍微調整卡車的位置或拍攝地點來改善其鏈接預算(link budget)”。我們還注意到，Apple 及 Broadcom 公司等和 CableLabs 的研究假設 EIRP 最高為 30 dBm，PSD 至少為 8 dBm / MHz，並且我們允許室內無執照設備僅以 PSD 最高 5 dBm / MHz 進行傳輸。3 dB 的差異進一步降低了未授權設備對電子新聞採訪車造成有害干擾的可能性。

對室內電子新聞蒐集接收器的干擾(Interference to indoor electronic news gathering receivers)

NAB 研究的最終方案是室內電子新聞蒐集發送器，(例如麥克風和後置攝像頭發送器)，與室內電子新聞蒐集接收器之間的通訊。儘管 Wi-Fi 聯盟試圖通過指出場地經營者(venue operators)可以通過屏蔽授權設備或在 AP 設備設置中禁用 6 GHz 非授權頻段來行使一些控制權，管理設施的射頻環境，從而消除這些擔憂。NAB 對此表示異議，指出大型場地(large venues)的頻率協調是通過僱用的頻率協調員(frequency coordinator)完成的，而不是由場地經營者完成的，NAB 補充說，大型場地不計劃通過嵌入式無線熱點(embedded wireless hotspots)來供手機使用。

我們同意 NAB 的觀點，即這種情形將帶來有害干擾的風險，而沒有我們今天採用的所有限制。但是，我們不允許將客戶端設備(client devices)用作熱點，並且我們要求 6 GHz 非授權設備使用基於競爭式的協定。我們得出的結論是，這樣的協定將允許未經授權的設備從附近的室內授權操作中感應能量(sense the energy)，並避免使用該信道(channel)，Apple 及 Broadcom 指出 802.11 規範規定設備檢測到信道中的能量並且如果檢測到的能量大於-62 dBm 則不發送。為了確認可以使用能量感應來減輕對室內電子新聞蒐集接收器的干擾，

Apple 及 Broadcom 等模擬了美國眾議院會議廳(US House of Representatives chamber)內 20 個未經授權的 AP 設備的電子新聞蒐集發射機的接收功率級別(received power level)。模擬結果顯示，即使在最低的電子新聞蒐集發射功率級別下，所有未授權的 AP 設備也將以大於-62 dBm 的頻率檢測電子新聞採訪訊號，因此不會發送同頻道(co-channel)。

(3). 固定衛星服務

整個 6 GHz 頻段也是 FSS(Fixed Satellite Service)分配的地方(Earth-to-Space,地對空)，而 U-NII-8 具有一些空對地(Space-to-Earth)MSS 饋線下行鏈路(Mobile Satellite ServiceFeeder Downlinks)。在 NPRM 通知中，我們得出結論是：由於低功率和室內限制會妨礙與衛星間的清晰直線視距(LOS)，因此低功率室內運行不會對衛星站造成干擾。

Sirius XM、Intelsat 和 SES 反對未經 AFC 控制的室外無授權使用，但同意室內使用對衛星的總干擾影響可忽略不計。運營在 U-NII-8 頻段地面接收站的 Globalstar 主張，允許未經授權在室內使用 U-NII-8頻段會對其現有的MSS饋線下行鏈路以及可能嚴重造成任何將來佈建的其他閘道器(Gateway)有害干擾。而Globalstar遞交了一份技術分析報告，顯示了位於其人口眾多的中心地帶總干擾的計算結果，這些人口中心位於佛羅里達州塞布林(Sebring, FL)、阿拉斯加州懷西利亞(Waisilla, AK)、德克薩斯州克里夫頓(Clifton, TX)和波多黎各拉斯帕爾馬斯市(Las Palmas, PR)，這些中心與閘道器地面站(gateway earth station)的距離約 10 公里左右。研究得出的結論是，如果在 U-NII-8 頻段引入無執照的室內低功率運行，則 Globalstar 的行動衛星服務(Mobile Satellite Service, MSS)將受到不利影響。

我們不同意 Globalstar 的分析，作為 Apple 及 Broadcom 等公司指出 Globalstar 的分析代表了一個不可能的最壞情況，因為它假定地面站天線在每一個干擾室內 AP 設備中都指向其最小可用仰角(minimum usable elevation angle)，從而導致地面站天線將以相同的天線增益同時接收來自各個方向的未經授權的設備傳輸。Globalstar 還假設所有無授權設備均在同一位置運行，其中建築物牆壁的入射角(incidence angle)始終為零，從而使建築物進入損失最小，Globalstar 使用保守的 10%活動因子(activity factor)，且所有無授權設備運行都集中在少數幾個站點，而假設未經授權傳輸將始終受到地面站增益 7 dBi 的影響並不太實際。但是，相對於設備和地面站接收器之間的路徑，所有室內未授權設備不太可能在相同的位置和方向上運行。取而代之的是，應將建築物立面(building facade)處的仰角(elevation angle)視為可變的，從而導致入射角(incidence angle)大於零，這將增加建築物進入損耗值(Building Entry Loss value)並使干擾的可能性最小化。Globalstar 假定所有路徑是直線視距(LOS)和自由空間傳播(Free-Space propagation)，我們不認為直線視距和自由空間傳播損失在隨機放置的未經授權設備與 Globalstar 的地面站之間的所有情況下都是適當的。

最後，Globalstar 的分析假設所有未授權設備都在建議的最大允許功率下工作，並且峰值天線增益(Peak Antenna Gain)指向其地面站，我們允許未授權室內設備在最大 5 dBm / MHz PSD 下工作，與 Globalstar 分析中假設的功率級別相比，至少降低了 3 dB / MHz。另外，當考慮非授權設備的隨機放置和非授權設備天線方向圖(antenna pattern)中的變化時，地面站方向的非授權設備 EIRP 不可能始終處於最大功率，因此有害干擾的風險會進一步降低。我們發現 Globalstar 的鏈路預算分析(link budget analysis)未能完全考慮所有必須一致的機率因素(probability factors)，以免發生干擾。因此，我們發現 Globalstar 地面站發生有害干擾的風險較低。

(4). 無線電波天文台

美國國家科學院無線電頻率委員會(National Academy of Sciences Committee on Radio Frequencies)在偏遠地區運營著四個觀測站，要求 FCC 委員會使用 AFC 系統來保護無線電天文觀測站(radio astronomy observatories)。對於無授權低功率室內操作，我們一般不採用基於 AFC 的任何要求，並拒絕在此處採用此類要求。在 6 GHz 頻段內接收的四個無線電天文觀測站位於偏遠地區，室內低功率無執照設備不太可能在附近運行。此外，這些天文台可以限制在其設施中安裝此類設備。我們認為，室內無授權設備不會對無線電天文台運行造成有害干擾。

第三節　、設備相關議題

1. 天線需求

在該通知(NPRM)中，FCC 委員會就是否應將天線整合到設備中或是否可以允許用戶為其應用選擇合適的天線徵求意見。委員會還徵詢了是否應要求未整合天線設備之設備授權受讓人(equipment authorization grantee)保留該設備允許的天線清單的意見。

固定無線通信聯盟(Fixed Wireless Communication Coalition, FWCC)、Sirius XM、圖森電力公司(Tucson Electric Power Company)和惠普企業（Hewlett Packard Enterprise）等多家公司都支持要求室內設備或所有設備的整合天線。但是，其他評論者反對整合天線的要求。Cambium 認為，允許使用設備連接天線可以使安裝人員具有更大的靈活性來選擇適合特定部署的天線，並且專業安裝人員可以將天線增益訊息輸入到設備中，以便正確計算發射功率以滿足 EIRP 限制。Mid Continent Communications 公司認為，要求整合天線和無

線電將不必要地限制生態系統(ecosystem)並扼殺製造商之間的健康競爭，它支持設備授權受讓人要求提供設備許可的允許天線列表，並在其網站上維護此類訊息。

低功率設備(Low power devices)

我們要求所有低功率設備都整合天線，並明確禁止在設備使用外部連接的天線。要求使用整合天線使一方更難以用更高增益的天線替換設備的天線，這可能會使設備的 EIRP 超出限制，從而增加設備引起有害干擾的可能性。

標準功率設備(Standard-power devices)

但是，我們不需要為標準功率 AP 設備安裝永久連接的天線。我們發現，要求標準功率 AP 設備上使用永久連接的天線可能過於嚴格。這些類型的設備通常由學校、企業和 WISP 等團體在戶外使用，並將天線安裝在桅杆或建築物上，用電纜連接天線與另外位置的發射器。對於這些配置，可能很難安裝永久連接的天線。此外，允許此類設備選擇合適的天線將提供滿足天線指向限制(pointing restrictions)的選項，這些限制將室外設備的天線仰角(antenna elevation angles)限制為小於 30 度（對於發射功率大於 21 dBm EIRP 的設備以保護頻段內的衛星運行而言）。此外，我們注意到其他 U-NII 頻段中的設備並不需要永久連接天線，因此增加對 6 GHz 頻段設備的要求可能會使製造商更加難以開發能夠在多個頻段上運行的設備。標準功率 AP 設備的設備授權申請人將被要求列出可與設備一起使用的天線，並證明設備符合所有天線的 EIRP 限制。

2. 最大通道頻寬

委員會在通知(NPRM)中徵求意見，說明應如何指定非授權設備的功率限制，例如最大功率、功率頻譜密度(PSD)以及確定最大功率

限制的合適基礎是什麼通道頻寬(channel bandwidth)，因為我們為低功率室內設備設置了 5 dBm / MHz 的功率頻譜密度限制，以限制其對現有服務造成潛在干擾，所以我們將允許這些設備以最大通道頻寬 320MHz 運行，並允許最大發射功率為 30 dBm，為了保持一致性，我們還將為 AFC 控制的標準功率 AP 設備指定最大頻寬為 320 MHz。

我們發現此頻寬要求是適當的，原因有幾個。許多評論者建議，這將使製造商能夠根據當前標準開發頻寬高達 160 MHz 的設備。另外，我們的理解是，正在考慮的 Wi-Fi 產業標準（例如 IEEE 802.11be）將指定高達 320 MHz 的通道頻寬。因此，我們正在採用的頻寬限制將允許在預期的標準下進行未來的設備開發，而無需進行其他規則更改。但是，我們為頻寬設置了 320MHz 的上限，以免取代 6 GHz 頻段的寬頻(wideband, WB)和超寬頻(ultra-wideband, UWB)操作規則。這些規則允許在大於 500MHz 的頻寬下工作，但功率頻譜密度低於-41 dBm / MHz。我們注意到，無執照的支持者並未要求通道頻寬大於 320MHz，並且 FCC 委員會未就寬頻或超寬頻規則的任何擬議變更(proposed changes)提供通知。

3. 發射功率級別

<u>鄉村地區的標準功率設備操作</u>

在該通知(NPRM)中，委員會徵詢了我們是否應允許在鄉村和服務欠缺地區以更高的功率運行的意見。若干無執照的支持者，包括 WISPA、開放技術研究所(Open Technology Institute)、動態頻譜聯盟(DSA)和 NCTA 要求我們提高鄉村地區的最大允許功率，或允許在 U-NII-3 頻段（5.725-5.85 GHz）允許的任何區域中點對點操作使用更高的天線增益，並主張 AFC 系統將保護既有用戶服務的操作。但是，APCO、FWCC 和 Sirius XM 反對允許更高的功率限制。

我們目前不允許在鄉村地區設置更高的功率限制，也不會針對 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中的更高功率的點對點或點對多點操作做出任何具體規定，我們雖然認識到為標準功率 AP 設備建立 36 dBm 的功率限制不同於允許固定點對點設備(fixed point-to-point devices)具有更高功率的 U-NII-1 和 U-NII-3 頻段的規則，也不同於允許固定設備(fixed device)具有更高功率的 TVWS 規則，我們認為，出於以下幾個原因，更高的功率限制是不合適的。首先，我們要注意的是，我們所採用的規則並未對天線增益設置上限。發射限制僅基於 EIRP，製造商可以使用發射機功率和天線增益的任意組合來達到該限制。我們將各方對更高天線增益限制的要求解釋為對更高 EIRP 限制的要求。雖然允許更高的功率可以鼓勵在鄉村和其他地區提供額外的服務，但同時也增加了可能對頻段內的既有服務用戶產生有害干擾的範圍。因此，我們目前採取保守的方法，不允許標準功率 AP 設備的功率級別大於 36 dBm。另外，僅在某些區域允許更高的功率將使 AFC 系統的建置與運作變得更加複雜，因為必須定義允許更高功率運行的標準，並將其納入 AFC 系統。如各方建議的那樣，考慮到標準功率 AP 設備發射天線的方向性，將使 AFC 系統計算更加複雜，並需要開發一種手段來確保天線指向正確的方向。

客戶端設備(client devices)：我們採用的規則是將客戶端設備的功率級別限制為比 AP 設備的功率限制低 6 dB。我們得出的結論是，這 6 dB 的降低是必要的，因為當客戶端設備在 AP 設備的控制下運行時，客戶端設備可能具有稍微不同的傳播路徑和對受害接收機(victim receiver)的潛在干擾。

正如一些評論者所建議的，我們拒絕將客戶端設備的功率級別提高到與 AP 設備相同的功率級別。例如，各方要求委員會採用更高的客戶端設備功率和功率頻譜密度（PSD）限制---對於不受 AFC 系統限制的設備，最大傳導輸出功率(conducted output power)為 250 mW，最大 PSD 為 21 dBm / MHz，對於受 AFC 系統限制的設備則最

大 PSD 為 27 dBm / MHz，Cambium 斷言，提議的功率限制不適當地限制了有效點對多點(ptmp)和點對點(ptp)部署選項的可行性，有效地預先確定(predetermine)了可以在頻段中提供的服務類型。還有其他評論者認為，委員會應允許在 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中以高達 18 dBm 傳導功率運行的固定客戶端設備在降低功率之前使用高達 18 dB 的天線增益。

我們意識到評論者擔心 AP 設備和客戶端設備之間的功率差異。然而，由於客戶端設備可以是可攜式的，如蜂窩電話(cell phone)，並且在其 AP 設備服務周圍的不同位置處操作，因此其發射的傳播路徑可能會變化。這可能會稍微改變任何特定客戶端設備對區域內既有服務營運產生干擾的可能性。因此，我們拒絕對與 AP 設備相對應的客戶端設備進行功率限制。然而，我們例外地容納了旨在與 AP 設備配合使用的 Wi-Fi 擴展器(Wi-Fi extenders)和網狀網路設備(mesh networking equipment)之類的設備，並共享相同的傳播路徑，因此具有相同的功率要求。我們將允許此類設備在與 AP 設備相同的功率級別下運行，前提是它們符合我們針對低功率室內 AP 設備所設定的所有要求（亦即該設備不能抵抗風雨(weather resistant)，必須具有整合天線並且不能具有連接其他外部天線的能力，不能使用電池供電，並且必須包括有關正確使用的標籤），並且終端設備會取得自己的設備認證。在這些要求下，這些模組(modules)不具備更高功率的資格，設備也沒有資格結合其他模組來提供連接。此外，這樣的設備只能在單一個結構(single structure)內使用，而不能連接至另一個建築物或結構。我們認為，這種措施是合理的，可以使設備消費者無需再覆蓋較大的房屋和建築物，也不會增加對既有用戶產生潛在有害干擾，因為這些設備的安裝和使用方式類似於 AP 設備。

我們認為沒有必要限制從客戶端設備向上輻射的功率(power radiated upward)，因為我們需要標準功率 AP 設備。相對低功率的未授權設備不太可能對赤道上方約 36,000 公里的對地靜止衛星

(geostationary satellites)上的接收器造成有害干擾。我們限制來自標準功率 AP 設備的向上功率(upward power)僅是一種預防措施，因為它們更有可能在戶外以高功率運行。我們注意到客戶端設備可以以高達 30 dBm 的 EIRP 運行，但是我們發現，由於客戶端設備的操作特性，它們與供電的室外 AP 設備相比，對衛星接收機造成干擾的可能性較小。首先我們注意到，客戶端設備的功率級別要比 AP 設備低 6 dB，但是我們希望它們通常以低得多的功率級別工作，以最大限度地延長電池壽命並符合 RF 暴露極限(exposure limits)。此外，客戶端設備以非對稱特性與 AP 設備通訊，因為與其中任何單一個 AP 設備可以服務許多客戶端設備的下行鏈路方向相比，在上行鏈路方向（即，從客戶端設備）發送的數據相對較少。而且，客戶端設備通常在低天線高度(at low antenna height)並以行動或可攜式模式（亦即，未安裝在永久的室外位置）下以全向天線(omnidirectionalantenna)運行。因此，我們期望向上定向(upwardly directed)的客戶端設備發射通常處於低功率級別，並在一定程度上受到建築物、樹葉或其他障礙物的屏蔽。

4. 頻譜波罩(Emission Mask)及帶外發射功率限制

U-NII-5 至 U-NII-8 頻段的限制

在該通知(NPRM)中，委員會徵求了關於要求未授權設備並保護在相鄰頻率上運行既有服務的頻譜波罩的評論，以及 RKF 工程公司(RKF Engineering Solutions, LLC)是否在 Apple 及 Broadcom 等遞交的技術研究中建議使用頻譜波罩是否合適。無線網際網路服務提供商協會(WISP)支持該提議的頻譜波罩，並聲明該頻譜波罩代表了訊號純度(signal purity)和成本之間的合理折衷，並且對於高質量的 Wi-Fi 和 WISP 設備包括在內並不困難。Wi-Fi 聯盟認為，無需監管 U-NII 設備的頻譜波罩來保護在 6 GHz 頻段內相鄰頻率上運行的既有服務，因為 RKF 公司證明，U-NII 設備的低功率傳輸將產生可忽略的帶外

功率級別，在 RKF 中，帶外發射(Out-of-Band Emission, OOBE)的最壞情況分析導致帶內(in-band)雜訊增加 0.01 dB。Tarana Wireless 指出，在接入系統密度(access system density)較高的情況下，應修改 RKF 工程公司建議的頻譜波罩以改善射頻共存(radio frequency co-existence)。

我們得出的結論是，經過某些修改後，RKF 工程公司建議的頻譜波罩將保護 U-NII-5 至 U-NII-8 頻段內的既有在未授權設備相鄰頻道中運行的微波鏈路和其他服務。因此，我們要求 U-NII-5 至 U-NII-8 頻段內的標準功率 AP 設備和低功率室內設備的發射功率應符合通知(NPRM)中建議的頻譜波罩。具體來說，我們要求在未經授權設備的通道邊緣(channel edge)外 1MHz 處抑制 20 dB(suppression)的功率頻譜密度，在從未授權設備的通道中心(channel center)起一個通道頻寬(channel bandwidth)處抑制 28 dB 的功率頻譜密度，並在距離未授權設備通道中心起一又二分之一倍通道頻寬的頻率處抑制 40 dB 功率頻譜密度。在未授權設備的通道邊緣外 1MHz 和距通道中心的一個通道頻寬之間的頻率上，所受到的抑制必須在 20 dB 和 28 dB 之間並採線性內插(linearly interpolated)，並且在未授權設備通道中心起一和一又二分之一倍通道頻寬之間的頻率上，所受到的抑制必須在 28dB 和 40 dB 之間並採線性內插。從通道中心外超過一又二分之一倍通道頻寬處且在 U-NII-5 和 U-NII-8 頻段內的發射，必須抑制至少 40 dB。

U-NII-5 和 U-NII-8 頻段以外的發射限制

我們對於所有 6GHz 未授權設備上的發射，採用通知中建議的-27 dBm / MHz 限制，即在低於 U-NII-5 頻段底部（5.925 GHz）且高於 U-NII- 8 頻段（7.125 GHz），但在子頻段(sub-bands)之間不需要限制(即 U-NII-5 和 U-NII-6、U-NII-6 和 U-NII-7 以及 U-NII-7 和 U-NII-8 之間頻段）。儘管高通(Qualcomm)公司，5GAA 協會(5G Automotive Association)和全球汽車製造商協會(the Association of Global Automakers)建議將在頻段底部附近運行的 UNII-5 設備的操作

限制在室內位置，以保護專用短程通訊技術(Dedicated Short Range Communications, DSRC)服務，但有幾方普遍支持-27 dBm / MHz 的發射限值。其他各方建議採用 U-NII-3 OOBE(Out-of-Band Emission)限制，該限制通常為-27 dBm / MHz，但在該頻段之上和之下的前75MHz 中更高。我們認為，要保護 U-NII-5 和 U-NII-8 頻段以外的服務（包括 U-NII-5 頻段以下的智慧交通服務(Intelligent Transportation Service, ITS)和聯邦政府運營的 U-NII-8 頻段以上），必須有-27 dBm / MHz 的限制。我們不要求設備達到 Sony 建議的子頻段之間的發射極限，因為我們正在尋求最大程度地利用頻譜，排除使用跨越子頻段的寬頻寬通道(wide bandwidth channels)的話（高達 320MHz），將扼殺創新。標準機構通常根據技術特徵（包括設備的帶外發射）為無執照設備製定通道計劃(channeling plans)。製造商將可以通過降低功率級別，通過濾波或通過其他方式（例如不啟用最接近 U-NII-5 和 U-NII-8 頻帶邊緣的通道）來自由決定如何達到此限制。

最後，我們介紹了 6 GHz 非授權設備的測量程序。為了保護低於 6 GHz 的頻段中的智慧運輸服務(ITS)，5GAA 指出，當我們採用均方根（RMS）測量結果時，我們採用的-27 dBm / MHz 標準足以保護這些服務免受室內設備帶外發射(OOBE)的侵害。RLAN(radio local area network, Radio LAN)支持者一致認為，應該使用 RMS 檢測器或其他用於測量平均功率的適當技術來驗證帶外發射(OOBE)。我們同意並會向進行設備批准測量的測試實驗室和電信認證機構提供指導，並監督使用 RMS 檢測器可能會進行 6 GHz 非授權設備測量。由於 RMS 測量代表的是從設備產生的連續功率，而不是峰值功率(Peak Power)，峰值功率只能偶爾在短時間內達到，因此我們認為 RMS 測量更為合適。我們注意到，這與委員會針對 5 GHz 頻段中類似設備的測量指南有所不同，在該指南中，委員會指定了峰值測量。但是，制定該程序的目的是減輕 5 GHz 頻段聯邦雷達的已知干擾問題。在 6

GHz 頻段中不存在這種情況。我們將根據此決定更新我們的知識資料庫指南。

5. 客戶端設備限制

根據通知(NPRM)中的建議，我們採用了一項要求，即客戶端設備必須在標準功率 AP 設備或低功率 AP 設備的控制下運行。該要求的目的是防止客戶端設備在室外進行室外傳輸，因它們可能會對微波接收器或其他既有設備造成干擾。當客戶端設備處於標準功率 AP 設備的控制下時，它們將非常靠近 AP 設備，並且只能在 AFC 系統確定不會對固定微波鏈路造成干擾的頻率上進行傳輸。當客戶端設備處於低功率室內 AP 設備的控制下時，它也應該在室內且靠近 AP 設備，因此可避免對授權服務造成干擾風險。但是，我們還對此情況採取了例外規定，以允許客戶端設備在嘗試加入其網路時向 AP 設備傳輸簡短訊息"探測請求(probe request)"，如下所述。

一些評論方對我們的建議發表了評論。惠普企業(HP Enterprise)請求允許客戶端設備傳輸簡短的探測請求，以使客戶端設備能夠加入網路，惠普企業指出，在 U-NII-2 頻段中，如果無法發送探測請求而沒有接收到啟用的 DFS(Dynamic Frequency Selection)訊號，則會導致客戶端設備的周期性(periodic)連接中斷(connectivity loss)。根據惠普企業的介紹，這些探測請求非常簡短，不會造成有害干擾。Wi-Fi 聯盟補充說，由於將有一些客戶端設備只能在 6 GHz 頻段上運行，因此發送這些探測請求的能力至關重要。FWCC(Fixed Wireless Communications Coalition)反對並主張這些探測請求將足夠長，以至於可能強烈干擾微波接收器。

我們認識到允許探測請求使客戶端設備能夠加入 AP 設備網路的效用。但是這些探測請求有可能對授權的操作造成有害干擾。因此我們僅允許客戶端設備在檢測到來自 AP 設備的傳輸後才向該 AP 設備發送探測請求。要求客戶端設備以與 AP 設備傳輸相同的頻率發送

探測請求。這與 TVWS 規則一致，該規則允許固定的 TVWS 設備建立網路，以便在從資料庫接收可用頻道列表之前，以其檢測到另一固定設備(fixed device)正在使用的頻率進行簡短傳輸。在這種例外情況下，由於客戶端設備將必須檢測到 AP 設備傳輸，因此客戶端設備僅在其距離 AP 設備足夠近以處於其控制之下並且在 AP 設備有權發送的頻率上進行傳輸，這樣可以防止有害干擾的發生。

在該通知(NPRM)中，委員會就是否應明確允許 UNII-5 和 U-NII-7 頻段的未授權設備作為行動熱點(mobile hotspot)或可攜式設備運行徵求意見，如果是這樣，可以製定什麼規則來允許這種操作，同時仍要確保授權的服務免受有害干擾。雖然沒有一方特別評論將客戶端設備用作可以授權其他客戶端設備操作的行動熱點，但我們發現我們應禁止此類使用。我們為非授權 AP 設備的 AFC 系統控制操作所採用的規則旨在通過僅允許在 AP 設備和與其直接通訊的 AP 設備和客戶端設備不會對授權站(licensed station)造成干擾的位置上進行操作來防止對授權站的有害干擾。允許在 AP 設備控制下運行的客戶端設備授權其他客戶端設備的操作可能會增加這些其他客戶端設備與 AP 設備之間的距離，並增加對固定服務接收者或電子新聞蒐集操作產生有害干擾的可能性。對於 U-NII-5 和 U-NII-7 頻段中的標準功率設備，熱點操作(hotspot operation)可以允許其他客戶端設備在位置上傳輸，否則 AFC 會阻止其進行傳輸，以保護既有的服務運行。關於低功率室內 AP 設備，我們的規則旨在防止低功率 AP 設備在室外使用，這也應將客戶端設備保持在室內。另外，如 APCO 所述，允許此類可攜式 AP 設備可能使識別和解決干擾變得困難。

第四節　進一步提出法規草案制定通知(Further NPRM)

報告和命令(Report and Order)採用的規則允許設備在 6 GHz 頻段的室內以 5 dBm / MHz 的功率頻譜密度 EIRP 運行，並且對絕對 EIRP 設置上限，將 320 MHz 的頻寬通道(bandwidth channel)限制為 30 dBm。

報告和命令進一步要求這些設備使用基於競爭的協定(contention-based protocol)進行操作，以便 6 GHz 非授權設備必須具有一定的頻譜感知能力(spectrum sensing capability)，以確保頻譜在傳輸之前不被使用並且不會連續傳輸。報告和命令發現，這些低功率室內未授權設備對包括固定微波服務鏈路(Fixed Microwave Service links)、廣播輔助服務(Broadcast Auxiliary Service)、固定衛星服務(FSS)和電波天文台(Radio Astronomy)在內的頻段內的既有服務造成有害干擾的可能性很小。

在進一步通知(Further NPRM)中，我們徵求有關在不使用 AFC 的情況下進一步擴展無執照業務的兩種選擇的評論。首先，我們建議授權不限於室內使用的操作，因此，必須具有非常低的功率以保護既有用戶。第二，我們徵求有關將低功率室內運行的功率頻譜密度 EIRP 從 5 dBm / MHz 提升到 8 dBm / MHz 的意見。

附錄十一：英國 6GHz 頻段開放政策說明

第一節　概述

頻譜提供的無線電波支持大眾和企業每天使用的無線上網服務，包括 Wi-Fi。英國 Ofcom 正在審查針對無授權頻譜的現有法規，以滿足未來的需求，解決現有的網路慢速和擁塞問題，並啟用新的創新應用。英國的大眾和企業越來越多地使用 Wi-Fi 支持日常活動，而新的應用程序推動了對更快、更可靠 Wi-Fi 服務的需求。為了滿足不斷增長的需求，Ofcom 提議增加 Wi-Fi 和其他相關無線技術的可用頻譜數量，並取消當前適用的某些技術條件。

Wi-Fi 是描述一種無線電局域網（Radio Local Area Network, RLAN）的簡寫。局域網為某一區域或場所（例如家庭或公共場所熱點）提供了無線連接。在本部分，我們使用 Wi-Fi 一詞，因為它是迄今為止最多且最常見的 RLAN 應用，儘管我們建議將為所有 RLAN 提供免許可證的更多頻譜可以滿足技術要求的技術。

Wi-Fi 的使用正在增長，這是由於已連接設備的數量不斷增加以及創新應用，例如增強現實（Augmented Reality, AR），虛擬現實（Virtual Reality, VR）和超高定義視訊(Ultra High Definition Video)。隨著客戶開始通過超快速和全光纖連接接取更快的寬頻，他們期望通過他們的 Wi-Fi 可以擁有更高的容量、更快的速度和更高的可靠性。這適用於住宅用途，也適用於商業用途和公共場所熱點。Wi-Fi 技術已經隨著時間的發展而向前推進，以更有效地利用頻譜，但是為了滿足這種不斷增長的需求，將需要更多且更寬的頻道。

Ofcom 提出以下措施，以改善個人和企業的 Wi-Fi 體驗：

(一)、Wi-Fi 設備可用於較低 6 GHz 頻段

該頻譜的釋放也將使非常低功率（very low power, VLP）的戶外使用成為可能。這將通過減少由大量設備引起的現有頻段擁塞來提高性能，並能夠開發更高頻寬的新應用程序。我們已經進行了技術分析，以評估Wi-Fi使用是否可以與現有用戶（固定鏈接和衛星用戶）共享頻段，而不會造成有害干擾。我們的研究顯示，對於250mW的室內和25mW的室外，頻率共享是可行的，我們建議將較低的6 GHz頻段（5925-6425 MHz）用於Wi-Fi和其他相關無線技術在免授權許可的基礎上實現了室內低功率（VLP）戶外使用。結合新Wi-Fi標準的開發，我們期望通過啟用新技術可以為用戶帶來利益。

(二)、要求從5.8 GHz之Wi-Fi頻道中刪除DFS機制

DFS(Dynamic Frequency Selection)機制需要Wi-Fi路由器掃描雷達並在檢測到傳輸訊號時切換頻道。因此，DFS 機制可能對設備製造商構成限制，並導致 Wi-Fi 用戶的連接延遲。英國是目前唯一對5.8 GHz（5725-5850 MHz）頻段實施這些要求的國家。修改此頻段的要求可以增加其在室內 Wi-Fi 中的使用，並減少其他Wi-Fi頻段的擁塞。

實施 DFS 機制可能會增加設備成本，而 Wi-Fi 用戶使用時會受到延遲的負面影響。此外，在該頻段可以免授權許可使用的國家中，5725-5850 MHz 頻段內是不需要 DFS 機制的，這進一步限制了該頻段在英國的使用，因為製造商必須製造出針對英國市場專用的設備。我們在2017年將5725-5850 MHz頻段提供給Wi-Fi使用，並表示將繼續審查法規。我們目前的分析顯示，英國的Wi-Fi路由器很少使用該頻段，部分原因是英國特定要求在該頻段中實施 DFS 機制， Wi-Fi 室內使用對雷達的干擾風險非常低。因此，我們建議僅從 5725-5850 MHz 頻段中刪除室內使用的 DFS 要求（最高 200mW），以增加對該頻段的使用並減少其他頻道的擁塞。

我們將進行諮詢直到 2020 年 3 月 20 日。我們打算在 2020 年晚些時候決定。我們認為 Wi-Fi 頻段需要在全球範圍內盡可能的統一。我們打算推動國際討論，並將在國際上參與並以協調統一技術要求並促進簡單監管制度的好處。

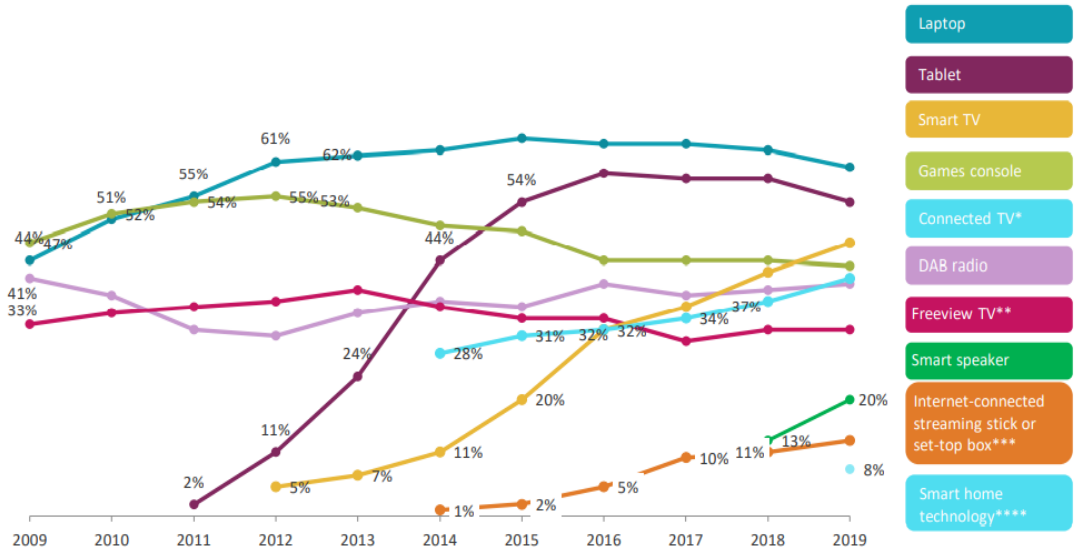
第二節　無線頻譜重要性

(一)、人類越來越依賴無線連接

英國將近 87%的成年人在家中可以上網，而 Wi-Fi 在啟用無線連接方面起著重要作用。它提供了一般大眾的路由器與具有無線功能的電子設備間最後連接，而家用電子連網設備也日益激增，包括智慧電視、智能設備及連接的控制台。

超快和光纖寬頻服務的日益普及和隨著越來越多的無線連接設備，正在推動 Wi-Fi 需求。個人和企業對使用 Wi-Fi 的期望正在提高，其中包括需要跨不同設備和位置時，一致且無縫的體驗(consistent and seamless experience)。

Wi-Fi 系統用於在一定範圍內提供室內和室外覆蓋，從住宅區到交通樞紐、醫院、運動場、購物中心、飯店及咖啡館等。Wi-Fi 還被用於在企業內部、商業和工業場所提供網際網路連接，許多組織現在轉移到純無線解決方案(wireless-only solution)，以提高生產和商品配送的靈活性。

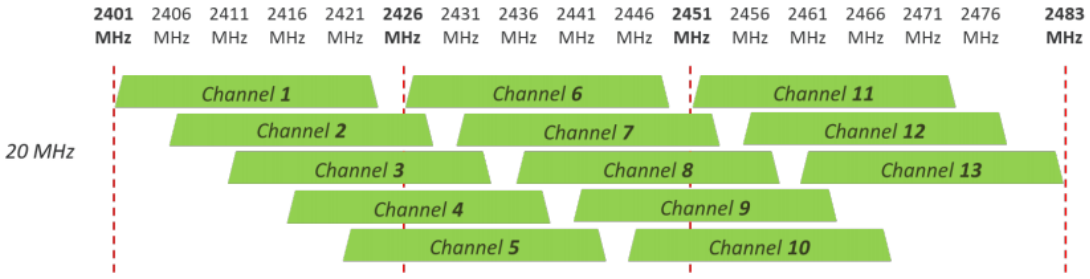


資料來源: Ofcom

圖: 家用連網設備趨勢

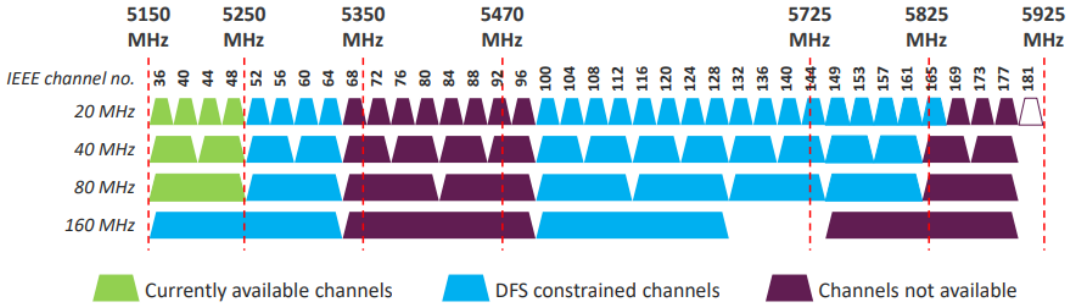
(二)、頻譜接取可提供更好的用戶體驗和實現創新

Wi-Fi 可以在世界大部分地區的 2.4 和 5 GHz 頻段中使用。在英國，2.4 GHz 的頻段中，Wi-Fi 使用 83 MHz 的頻寬，在 5 GHz 的頻段中， Wi-Fi 使用了 585 MHz 的頻寬。但是，各國在支持頻率和設備使用方式上存在差異。例如，在 2017 年，我們發布了將免授權許可 Wi-Fi 使用擴展到 5.8 GHz 頻段的決定，而在歐洲其他國家，該頻段不可用於 Wi-Fi。



資料來源: Ofcom

圖: 2.4GHz Wi-Fi 頻道



資料來源: Ofcom

圖: 5GHz Wi-Fi 頻道

由於堵塞，現有頻段內大量已連接設備可能會阻礙 Wi-Fi 性能，多個用戶嘗試共享相同的 Wi-Fi 頻道時會發生堵塞，通常導致用戶體驗品質下降，其中包括緩衝、降低速度甚至失去服務。隨著設備數量的增加以及隨著新應用的出現，對這些頻段的需求持續增長，會導致網路流量堵塞。

在非堵塞的環境中可以實現最高的 Wi-Fi 數據速率。例如，80 MHz 通道可以提供高達每秒 1G bps 的數據吞吐量，但如果同一頻道

有多個其他用戶，則上網速度會大大降低。堵塞增加了時間延遲（數據在網路上傳輸的時間）。因此，對於要求高數據速率或低時間延遲(low latency)的應用，必須有寬闊且不重疊的頻道。許多 Wi-Fi 設備可以接取 5 GHz 頻段中的非重疊頻道(non-overlapping channels)。但是，頻段下方的擁塞和沒有 DFS 機制要求的少量頻道可能會影響用戶體驗。啟動或簡化對其他頻段或 5 GHz 更高頻段的接取，將提供更廣泛的頻道可用性(availability of wider channels)。

Wi-Fi 技術的發展通過提供更大的效率和更好的體驗來減緩一些挑戰，但是解決頻譜可用性問題對於提高 Wi-Fi 功能和鼓勵新用途也至關重要。我們一直在國內外進行工作，評估將 6 GHz 頻段用於 Wi-Fi 技術的可行性。除了技術可行性研究之外，我們還與一些相關產業機構、供應商、內容提供商和網際網路服務提供商進行合作。

此外，我們的分析顯示，利益相關者指出，5725-5850 MHz 頻段很少使用的部分原因是英國特別要求在該頻段中實施 DFS，我們已經考慮了使它更有效使用的選項。

鑑於新的高容量應用對無線連接的需求不斷增長，有害干擾的可能性較低以及引入了新的 Wi-Fi 技術，我們建議開放接取 5925-6425 MHz 頻段中的新頻譜，並建議刪除在室內使用 5725-5850 MHz 頻段時的 DFS 機制要求。

第三節　Wi-Fi 技術現況與未來

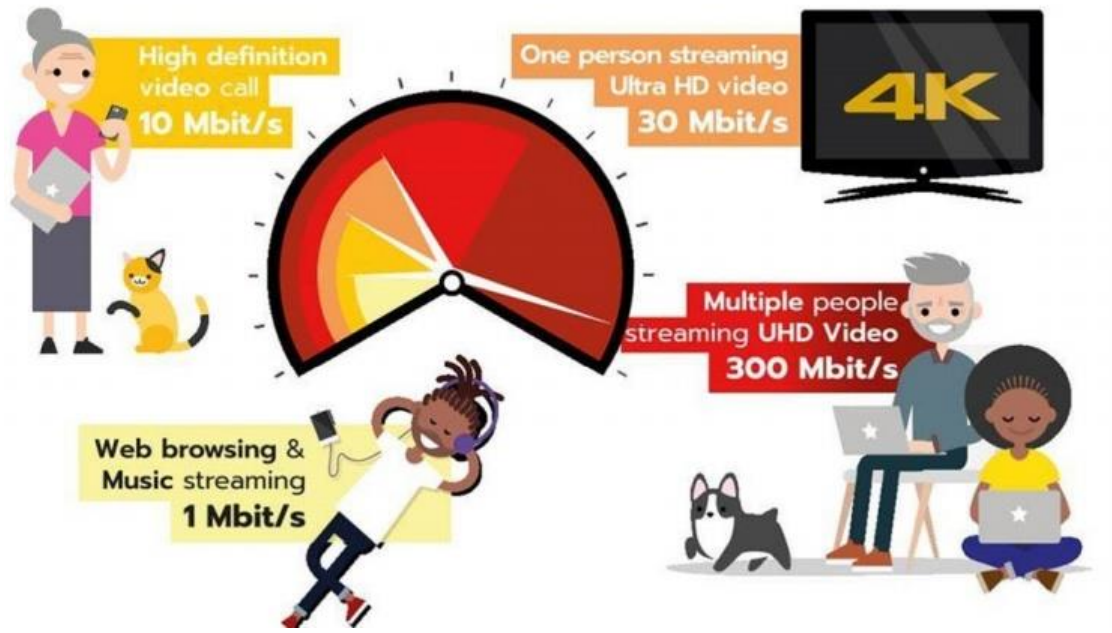
在本節中，我們介紹了市場分析和利害關係人參與的結果，這些結果有助於我們了解現有挑戰並評估當前和將來的 Wi-Fi 需求級別；我們還考慮如何通過技術發展和增加頻譜接取來滿足需求。

我們有興趣聽取利益相關者關於Wi-Fi的未來趨勢和需求驅動因素的進一步意見，以及技術進步可以在多大程度上幫助滿足這一需求。

(一)、大眾期望在家中和公司有更快的上網速度

Wi-Fi 上的無線寬頻不斷擴展，越來越多樣的設備接取網路。除了持久的電池需求（智慧設備、數字助理或健身追踪器）以及非常低的頻寬外，這些設備還可能具有更高的數據速率和延遲需求(latency needs)如遊戲或高畫質視訊串流(High Difinition Video Streaming)。隨著設備支持Wi-Fi通話，Wi-Fi在提供語音服務方面也變得越來越重要。

Ofcom的《互聯國家2019年報告(Connected Nations report 2019)》發現，英國所有場所中有 94％可以接收超高速寬 頻（superfast broadband, 30 Mbit / s 以上）。極超高速寬頻（ultrafast broadband, 大於300 Mbit / s）的接取佔家庭總數的53％，高於50％（2017年為36％）。



資料來源: Ofcom

圖: 家戶網路使用之實例

全光纖寬頻(full-fiber broadband)使用年增率約 100%，達到 300 萬個場所(premises)。我們了解到，Openreah 計劃到 2025 年覆蓋 1000 萬戶家庭，其他提供商也做出了擴展其光纖網路並提供千兆(gigabit)速度的承諾。

各種應用的無線功能正在成為標準(norm)。Ofcom 的《 2019 年線上國家報告, (Online Nation report 2019》觀察到，2018 年成年人平均每天線上消費 3 個小時 15 分鐘（前一年為 3 個小時 4 分鐘），並且有 75%的人上網時間是在行動設備（智慧手機或平板電腦）上）。超過一半的人認為他們的手機是他們接取網際網路最重要的設備。

此外，我們對英國大眾在家中、工作場所以及室內和室外公共場所使用行動服務的行為和體驗的分析《行動事項報告 2019 (Mobile Matters Report 2019)》發現，超過三分之二的時間大眾都連接到 Wi-Fi，而不是蜂巢式網路(cellular network) 2G、3G 或 4G。

大眾期望他們的家庭和企業中的無線速度能夠與其固定線路寬頻相匹配，而不會產生緩衝(buffering)。因此，獲得更快的寬頻速度意味著客戶越來越期望並依靠其 Wi-Fi 來處理各種高數據速率應用，例如 HD 和 UHD 電視。

5G 的推出也可能有助於增加對 W-Fi 服務的需求。行動數據服務性能的提高將增加大眾對隨時隨地可快速連接的總體期望，以及蜂巢式網路和 Wi-Fi 之間的無縫接軌(seamless transitions)，室內環境娛樂服務對行動數據服務的要求更高。

(二)、Wi-Fi 的工業用例正在增加

Wi-Fi 在許多工業部門（例如製造、企業、物流和運輸）中作為解決方案（現成的或客製化的）。越來越多的連接設備和傳感器正在擴展物聯網（Internet of Things, IoT）的用途。這些設備生成的大量數據量也推動了通訊需求。思科預測全球增長將從 2017 年的不到 10 億台設備增長到 2022 年的 39 億台。

企業用戶依靠 Wi-Fi 進行大多數公司連接，並使用基於網狀網路的系統(mesh-based system)來協調大量用戶的快速接取網際網路；網狀 Wi-Fi 系統由幾個路由器組成，這些路由器可以一起工作以擴大區域內的網路覆蓋範圍。

智慧工廠越來越多地使用包括 Wi-Fi 在內的無線技術來“切斷”生產設備中的所有電纜(cut all cables)，以提高靈活性並提高生產率。

除了工業物聯網(Industrial IOT, IIOT)連接之外，Wi-Fi 還用於許多個人物聯網設備，例如健身追踪器和數字助理。Wi-Fi 的其他用途包括無人機連接和車輛（火車、飛機和汽車）內部的不同訊息娛樂解決方案。

我們預計未來用例 (use case) 的數量和種類將增加，從而推動對頻譜的需求。

(三)、當前和將來的使用正在推動對 Wi-Fi 的需求

為了提供我們的分析訊息，我們與製造商、企業提供商、寬頻網路提供商、內容提供商以及其他利益相關者進行了交流，探討了當前的挑戰以及他們如何看待需求的變化。我們已經研究了頻寬和不同應用程序的延遲需求以及確保場所中一致的體驗品質(quality of experience)需求，詳細如下三點。

1. 更大的頻寬可以實現新的應用程序和數據吞吐量

Wi-Fi 網路的容量取決於其使用的頻道大小(channel size)。一個區域中的多個 Wi-Fi 網路限制了提供更大容量更大頻道的可用性。這種擁塞可能會給設備和服務提供商帶來挑戰，而他們試圖利用某些頻寬的頻道。

Wi-Fi 技術使用先聽後說（LBT）協議接取頻譜頻道。使用 LBT，用戶可以共享相同的頻譜頻道。當用戶正在傳輸訊息時，其餘的將等到訊息完成為止，依此類推。這在輕度擁擠(lightly congested)的環境中非常有效，但是會降低有許多用戶情況下的體驗品質(Quality of Experience, QoE)：較低的數據速率、較高的延遲、緩衝時間以及甚至連接中斷。許多現成的舊式路由器的預設設置是固定頻道配置，該配置會放大擁塞的負面影響：所有用戶將只使用幾個頻道，而不是在整個頻寬上進行擴展。來自使用相同或相鄰頻段其他系統的發射也會使 Wi-Fi 性能下降，這進一步限制了 Wi-Fi 在實際網路中可以實現的性能級別。

引入消費市場的新設備（例如智慧眼鏡）可能會在現有頻譜可用性內帶來以前未知的挑戰。儘管一些利益相關者建議需要更大的頻寬來充分利用此類產品，但一些內容提供商認為更廣泛的頻道並不那麼重要，因為他們已經建立了可以在當前頻譜可用性範圍內工作的產品。

一些寬頻網路提供商表示，住宅路由器設置在 80 MHz 頻道上，他們強調了目前可用的 Wi-Fi 可用頻道數量有限（其中六個中有五個對實施 DFS(Dynamic Frequency Selection, DFS)機制以保護其他用戶具有額外要求）。儘管 80 MHz 頻道可以提供高達 1 Gbit / s 的數據吞吐量，但是該速率可能會受到同一頻道多個用戶的擁塞影響。利益相關者認為，更多的 80 MHz 及以上頻道對於使高速服務能夠在家庭中無線使用並提供良好的體驗品質至關重要。高通公司的《 5 GHz 無執照頻段需求量化 (Quantificaiton of 5GHz Unlicensed Band Spectrum Need study)》研究還指出，在密集環境中更高的吞吐量覆蓋範圍需要廣泛使用 160 MH 頻道，並且整個家庭需要提供 500 Mbit / s 至 1 Gbits / s 的頻寬。

互聯設備的設計越來越緊密地協同工作，可以建立“智慧”房屋和更高效的工業自動化。單一個設備通常頻寬很低，但可能需要大量連接，需要更高的容量。隨著每個家庭中連接設備數量的增加，多密度或高密度外殼還會給擁擠的頻譜帶進一步施加壓力。

我們知道，在公共網路中頻譜可能會變得更加擁擠，尤其是在託管和非託管網路相結合的地方，例如在購物中心和機場。現代體育場館部署往往會更有效地利用頻譜，因為它們已經規劃並管理了部署。 然而，增加的容量可以使更多的人在所有這些擁擠的環境中可靠地連接。

容量也受到 DFS 的影響，因為與沒有 DFS 機制要求的頻道相比，有此要求的可用頻道數量更多。利益相關者認為使用 DFS 機制的頻

段未被充分利用，並且某些利益相關者的設備避免使用這些頻道。我們在第 5 節中進一步討論 DFS 機制。

通過審查 Wi-Fi 現有頻譜的可接取性和新頻段的選擇，將有助於滿足當前應用的需求，並為未來的應用提供機會。

2. 較低的延遲可以為創新用例提供機會

根據我們線上國家報告(Online Nation report)中的分析，視訊內容的消費正在上升，這一觀點得到了多個利益相關者的評論的支持。視訊應用包括住宅（廣播電視和串流媒體）和企業（視訊會議）情況下的 UHD（4k 和 8k 解析度）視訊以及視訊安全性。同時使用各種應用程序需要可靠的連接、高速和更大的容量。

利益相關者還指出，視訊內容的創新尤其需要降低等待時間才能充分發揮其優勢。這些包括即時(real-time)或雲端遊戲；360 視訊; “全息(holographic)”視訊； 和 VR / AR (Virtual-Reality/Augemented Reality)設備。

全光纖寬頻服務支持低延遲(low lantency)應用。隨著這些服務的使用量增加，我們預計這將推動家庭和企業中低延遲使用的增長。這也將導致 Wi-Fi 需求相應增加。

較寬的頻道（例如我們建議在 6 GHz 頻段中提供的頻道）將允許較低的延遲。

3. 覆蓋範圍和空間重新使用將提供更好的客戶體驗

在住宅、辦公室和公共 Wi-Fi 環境中，覆蓋範圍是利益相關者提出的主要問題之一。大眾在這些方面的期望也在發生變化：無論路

由器或他們使用的設備的位置如何，都可以從 Wi-Fi 獲得高質量的體驗。

即使新的 Wi-Fi 技術可以引入諸如多用戶 MIMO (MU-MIMO)和波束成形(Beamforming)之類的技術來增加住宅環境中更高吞吐量的覆蓋範圍，但這也可能不足以解決較大房屋的覆蓋範圍問題。利益相關者已經注意到在提高覆蓋率（特別是對於 Gbit / s 速度）方面，網狀系統(mesh network)的使用有所增長，特別是對於 Gbit / s 速度。網狀系統使用多個頻道，並且需要使用單獨的頻道來回傳到主接取點（Access Point, AP），因此利益相關者期望這會增加 Wi-Fi 擁塞。

高密度辦公室設備部署通常是受控制的環境，在該環境中可以控制頻道的選擇，並且有策略地安裝 AP 以最大化覆蓋範圍。企業提供商強調，他們管理密集部署的能力是市場中的重要競爭因素。他們通常必須使用 20 和 40 MHz 頻寬來設計部署設備，以增加可用的非重疊頻道的數量（因此要最大限度地利用其在整個辦公室中重新使用頻譜的能力）。這可能會限制他們可以提供給用戶的最高數據速率，從而影響企業應用程序，例如視頻會議(video conferencing)。

我們注意到，Ofcom 之前曾向數位部、文化部、媒體部和體育部提供有關鐵路連接的建議，指出大眾對火車或地鐵系統上的快速、高質量數據和 Wi-Fi 連接的期望越來越高。這涉及覆蓋範圍和容量方面的考慮，可以通過更好地利用現有頻譜和更多頻譜可用性來解決。

(四)、技術進步提高了現有頻段的效率

技術發展不斷改善 Wi-Fi 用戶體驗。即將在路由器和其他 AP 中使用的最新 Wi-Fi 標準，被稱為 IEEE 802.11ax 或 Wi-Fi 6。在下面的表中，我們比較了最新的 Wi-Fi 標準。Wi-Fi 6 建立在以前的 Wi-Fi 標準的基礎上，旨在提供更快的吞吐量、更低的延遲、更高的網路效

率（每 MHz 容量），在擁擠的環境中增強的性能以及更好的設備電源效率（電池壽命）。最近引入的 Wi-Fi 6 設備尚未在接取設備中廣泛部署。

	802.11ax (Wi-Fi 6)	802.11ac (Wi-Fi 5)	802.11n (Wi-Fi 4)
Year introduced	2019	2013	2009
Bandwidth (MHz)	20, 40, 80 ,160	20, 40, 80, 160	20, 40
Supported bands (GHz)	2.4, 5, 6	5	2.4, 5
Aggregate data rate (theoretical maximum)	9.6 Gbit/s	6.9 Gbit/s	600 Mbit/s
No. of client devices per access point	200-400	50-100	Fewer than 50
MU-MIMO support	D/L MU-MIMO U/L MU-MIMO	D/L MU-MIMO	No
Modulation scheme	1024 QAM	256 QAM	64 QAM
Access scheme	OFDMA	OFDM	OFDM
Spatial re-use	Yes	No	No

圖: Wi-Fi 標準之比較

資料來源: Ofcom

Wi-Fi 7（或 802.11be）的研究正在進行中，旨在將最大吞吐量提高到 30 Gbit / s，減少延遲並提高可靠性。這預計需要幾年研究時間才可能推出市場。

重要的是，要注意較舊的 Wi-Fi 標準將繼續在舊設備中使用，而舊設備仍保留在現有頻段中。如果沒有進一步的頻譜可用，則與 Wi-Fi 6 兼容的設備，也將與較舊的標準向後兼容(backwards-compatible with older standards)，並將添加到這一現有舊技術組中(add to this incumbent group of legancy technology)。

儘管新的 Wi-Fi 標準可以緩解現有 Wi-Fi 頻段中的一些頻譜挑戰，但它們並不是一個全面的解決方案。隨著技術的發展，頻譜的更有效利用是可能的，但是現有頻譜的兼容性(compatibility)將始終影響新設備與舊設備的性能，擁塞可能會緩解，但長期無法解決。

開闢一些額外的頻譜將提供一個機會，可以最大限度地利用新技術，而又不會使傳統產品降低網路速度的機會，2.4 GHz 和 5 GHz 頻段更可能出現這種情況。

(五)、額外頻譜和易使用現有頻段可滿足需求激增

我們估計顯示，家庭對 Wi-Fi 的需求在十年內可能會增加多達十倍，而公共場所的需求可能會增加多達 15 倍。 利益相關者的觀點（家庭、企業和家庭中的 Wi-Fi）都支持這一觀點。公共空間將繼續增加，並且要求更大容量、更低延遲和更好覆蓋的新興用途將對現有頻譜帶(spectrum band)提出更高的要求。我們注意到，其中一些用例僅在室內使用，而某些用例可能需要更廣泛的連接性，例如智慧眼鏡。

我們認為，開放新頻譜，擺脫傳統設備的束縛，可以從一開始就使用新 Wi-Fi 標準的更高效設備組，從而為 Wi-Fi 需求提供更具前瞻性的解決方案。此外，更容易使用現有頻段也將有助於支持 Wi-Fi 的更多使用。

第四節　開放 Wi-Fi 技術使用 5925-6425 MHz 頻譜

如上所述，目前已授權在 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段內使用 Wi-Fi。為了提高覆蓋範圍和容量，降低延遲並減少擁塞，並考慮到未來的創新，我們認為，隨著技術的發展，為 Wi-Fi 提供更多頻譜將是改善 Wi-Fi 用戶體驗的關鍵推動力。較低的 6 GHz（5925-6425 MHz）頻

段是理想的選擇，因為它與 5 GHz 頻段相鄰並且具有相似的傳播特性。

開放較低的 6 GHz 頻段供 Wi-Fi 使用，將使 500 MHz 的連續頻譜可用於 Wi-Fi，包括 24 個 20 MHz 的非重疊頻道，6 個 80 MHz 的頻道和 3 個 160 MHz 的頻道。

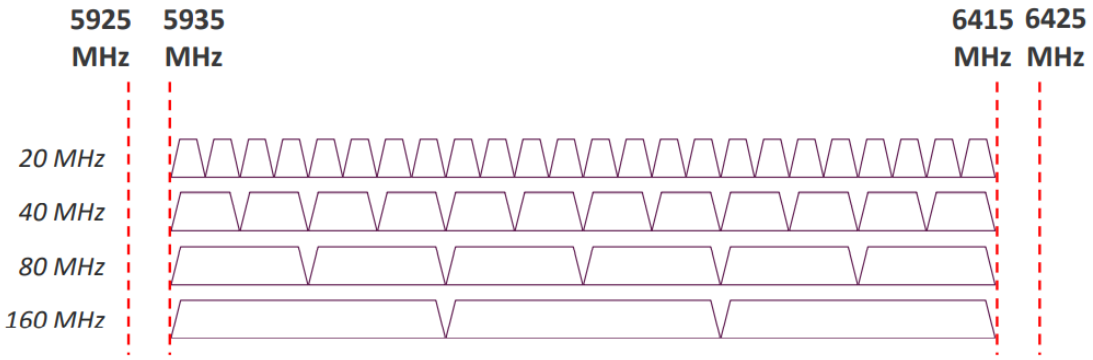


圖: 英國 5925-6425 MHz (500MHz)的頻道計畫

資料來源:Ofcom

(一)、規劃方向

根據我們對 Wi-Fi 中段頻譜需求的回顧以及與現有用戶共享的技術可行性，我們建議使較低的 6 GHz 頻段（5925-6425 MHz）可供室內使用的 RLAN 使用。最大等效全向輻射功率（Equivalent isotropically radiated power, EIRP）為 250mW，室外使用時最大 EIRP 為 25mW。

不允許航空行動使用(Aeronautical mobile use)，僅允許與同一飛機內的電台或設備建立連接，才允許在飛機上對相關設備進行空中使用。

我們認為，我們提案的技術規範將能夠實施簡單的監管解決方案，而無需採用更複雜的干擾管理方法。這將有利於廣泛的設備生態系統的發展，我們希望它將支持我們在第 3 節中重點介紹的當前和將來的 Wi-Fi 使用。

1. 6 GHz 頻段對 Wi-Fi 頻譜的需求

在第 3 節中，我們解釋了對於 Wi-Fi 使用的其他頻譜的普遍需求。 有幾個因素會特別推動 6 GHz 頻段的需求。

6 GHz 頻段中可用的大量頻譜將允許使用寬闊的、不重疊的頻道。較低的 6 GHz 頻段提供了開放 500 MHz 頻譜供 Wi-Fi 使用的機會，對於需要廣泛的、不重疊的 Wi-Fi 頻道應用而言，這是最佳選擇。

6 GHz 頻段與 5 GHz 頻段相鄰，而 5 GHz 頻段已經廣泛用於 Wi-Fi。 開放幾乎與現有 Wi-Fi 頻段相鄰的頻譜將允許在此範圍內採用一致且一致的方法來獲取 Wi-Fi 使用的免授權頻譜。此外，由於製造商將需要在新方法和基礎架構上投入更少的資源，因此這兩個頻段的路由器和天線設計存在相似之處，從而可以實現更快的實施和部署。

更高效的 Wi-Fi 技術將使用 6 GHz 頻段。從最早的具有 802.11a / b / n 的 Wi-Fi 路由器到最新的 802.11ac 標準，各種傳統設備(legancy devices)目前都在使用 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段。最新的 Wi-Fi 標準（Wi-Fi 6 或 802.11ax）將通過提高數據吞吐量，減少延遲和延長電池壽命的技術進步來更有效地利用頻譜。Wi-Fi 6 從一開始就被設計為使用新技術，例如多用戶 MIMO、OFDMA 和 BSS 著色(Basic Service Set Colouring)，在擁擠的環境（例如會議場所和運動場）中支持大量用戶。結果是從一開始就更好地利用頻譜，提高了吞吐量，降低了延遲，並更有效地解決了擁擠的環境。多用戶 MIMO(MU-

MIMO)和 OFDMA 改善了 Wi-Fi 頻道中頻譜資源的使用，從而增加了即時連接總數和數據吞吐量。基本服務集著色（Basic Service Set Colouring, BSS）是 802.11ax 中定義的一個新的功能，此功能允許 802.11 網路中的 Wi-Fi AP (Basic Service Set, BSS)，除了原本的 BSS ID 作為識別之外，還可以選定一個"顏色"，並允許在接收到不同"顏色"的封包時，可以不必要重設傳送等候計數器，而可以繼續傳輸，此功能可以減少在初始“先聽後說(Listen Before Talk, LBT)”協議期間建立連接的時間，並有助於連接到較少擁塞的 Wi-Fi 頻道。

我們與眾多利益相關者進行了會面，以就我們對 6 GHz 頻段內非授權頻譜的需求發表意見，其中包括企業提供商、設備製造商、寬頻網路提供商、線上平台和傳輸連接提供商。我們與之合作的組織廣泛支持將 6 GHz 頻段提供給 Wi-Fi 使用，並向我們強調，在此範圍內需要更多頻譜，以實現創新並減少現有 Wi-Fi 頻段中的擁塞，如我們在第 3 節中所述。

由於需求的增長，正在國際上進行一些有關頻段審查的研究和磋商，以使其可用於 Wi-Fi，我們在支持國際研究方面發揮了非常積極的作用。

2. 歐洲的發展

2017 年 12 月，歐盟委員會向歐洲郵電管理局會議（“CEPT”）發出了一項授權書，以研究共享可行性並確定 5925-6425 MHz 頻段無線接取系統（包括 RLAN）的協調技術條件，以提供無線寬頻服務。委員會注意到有興趣提供更多的中頻頻譜，並曾在 2013 年向 CEPT 發出授權，以識別 5350-5470 MHz 和 5725-5925 MHz 頻段的協調共享條件。由於 CEPT 報告 64（由 ECC 於 2016 年 11 月 18 日批准）得出結論，在歐洲範圍內無法確定適當的緩解技術(mitigation

techniques)來保護這些頻段的現有用戶，因此隨後在 6 GHz 頻段中發現了新的機會。

3. 美國的發展

在美國，Wi-Fi 也正在討論 6 GHz 頻段，以減少擁塞並促進創新。2017 年 10 月，美國聯邦通信委員會（FCC）發布了一份調查通知書，徵求有關在 3.7 至 24 GHz 頻段內的“彈性接取(flexible access)”（特別是未經授權的 Wi-Fi 使用）的意見，尋求對 3.7-4.2 GHz，5925-6425 MHz 和 6425-7125 MHz 頻段的詳細評論。

FCC 在 2018 年 10 月發布了《擬議規則制定通知》（Notice of Proposed Rulemaking, NPRM），以徵詢對其將 6 GHz 完整頻段（5925-7125 MHz）完全用於未經授權 Wi-Fi 使用的建議的評論，NPRM 的答覆階段於 2019 年 2 月結束。如果沒有需要第二個 NPRM 的問題，則這意味著從 2020 年末開始，美國可以使用 6 GHz 產品。

為了回應 FCC 的《調查通知(Notice of Inquiry)》，許多利益相關者發表了評論，支持和反對在該頻段使用 Wi-Fi。

我們認為，如果該頻段在國際上和英國為類似目的而開放，那麼人們可以從設備可用性和規模經濟中受益於新的創新技術。

(二)、現有 6GHz 頻段的使用

在英國，固定鏈路(fixed links)和衛星目前使用 6 GHz 頻段。這些是具有主要分配的授權用戶，這意味著確保在 Wi-Fi 和當前使用之間的頻段內實現兼容性很重要。

可移動地面站(Transportable Earth Stations)以及中，高容量（通常是長途固定鏈路）使用該頻段，以用於各種應用，包括行動寬頻

(Mobile Broadband)網路、公用事業、金融服務、廣播、地方政府和石油天然氣的回傳網路(backhaul)。我們的共存和共享分析著重於定義共享條件，以最大程度地減少干擾。

截至 2019 年 12 月，英國共有 5925-6425 MHz 頻段中的 72 個永久地面站執照持有人。CEPT 研究顯示，根據公認的 FSS 技術參數以及到 2025 年的一系列歐洲 RLAN 部署方案，RLAN 和固定衛星服務（FSS）之間的共享是可行的。為了改變研究中使用的假設，我們同意 CEPT 關於該頻段衛星共享條件的觀點。

截至 2019 年 12 月，英國共有 5925-6425 MHz 頻段中的 375 點對點固定鏈路(Point to Point Fixed Links)執照持有人。CEPT 已對 RLAN 與固定鏈接之間的技術共存進行了詳細的分析，包括對來自英國執照資料庫連接的分析。我們已經使用了 CEPT 研究中的模型來進行我們自己的分析（下面進一步解釋），重點關注我們認為更能代表英國固定鏈路幾何結構和 RLAN 部署的場景。CEPT 和我們自己的分析都得出結論，在我們建議的技術條件下，干擾現有用戶的風險極低。

技術共存分析

在進行中的 CEPT 研究的基礎上，我們進行了共存分析，以了解 6 GHz（5925-6425 MHz）頻段中未來 RLAN 設備對現有固定鏈路的可能影響。我們研究了一系列固定鏈路和 RLAN 部署方案，以評估在什麼條件下固定鏈路可能對干擾更敏感。根據與利益相關者討論中強調的用例和挑戰，我們包括了一系列 RLAN 功率級別，包括用於室外的 25mW（14 dBm）EIRP，用於室內的 250mW（24 dBm）EIRP 和用於室內的 1W（30 dBm）或戶外使用。我們的模型建立基於：

- 使用蒙特卡洛(Monte Carlo)分析的統計方法，在該方法中，我們隨機研究了固定鏈路周圍RLAN設備的分佈和位置。這種方法得出的實例（時間）所佔的百分比（總干擾）超過干擾保護標準(interference protection criteria)；
- 最小耦合損耗（Minimum Coupling Loss, MCL）分析，在該分析中，我們分析了固定鏈路周圍的可能排除區域(exclusion areas)；和靜態分析(快照模型, snapshot model)以查看干擾是由於單個設備（干擾者）還是固定鏈路附近的多個設備總效應引起的。

我們的分析顯示，對於 EIRP 高達 250mW 的僅室內 RLAN 使用和 EIRP 高達 25mW 的室外超低功耗使用，共享將是可行的。從我們的模型中發現，在某些情況下可能會超過固定鏈路干擾標準（由於單個大功率設備位於室內或室外，且靠近固定鏈路接收器），但是我們認為，由於多種原因，這些情況在實踐中極不可能出現：

- RLAN EIRP 級別可能會低於我們正在考慮的級別。例如，在 CEPT 研究中，室內使用 250mW 和室外使用 25mW 不到總預測分佈的 10%（即，我們希望 90%的設備以低於我們在分析中所假設的功率級別運行）。
- 在開放/鄉村地區的固定鏈路受到干擾的可能性很小，因為在鏈路接收器周圍將放置 RLAN 的場所較少。
- 除非RLAN位於固定鏈路接收器的幾公尺之內，否則在人口密集區域內的固定鏈路將具有較低的干擾機會（由於額外的背景干擾損耗）。

我們的技術分析結果與 CEPT 的結果大致一致：

- CEPT 研究顯示，如果 RLAN 部署僅限於室內使用，EIRP 最高為 200mW，室外低功率使用 EIRP，最高為 25mW，則在 RLAN 和固定鏈路之間共享是可行的。

我們認為，室內和低功率部署可以更好地替代產業利益相關者所要求的需求類型，如上所述，其中包括需要低功率戶外連接的室內 Wi-Fi 和可攜式智慧設備。

- CEPT 研究顯示，儘管在某些情況下考慮高功率 RLAN 時可能會超出長期固定鏈路保護門檻，但這些情況在實踐中的合理性被認為很小
  - 我們不建議在英國允許使用大功率室外 RLAN。（儘管超出保護標準的事件不會僅限於大功率戶外設備）。

我們的分析結果顯示，對於室內低功率和室外 VLP 使用，在免授權的基礎上為 Wi-Fi 開放 6 GHz 頻段是可能的。這可以減少其他 Wi-Fi 頻段的擁塞，並允許在具有較少傳統設備的頻段中進行創新。

因此，我們建議開放接取 6 GHz（5925-6425 MHz）的頻段，以用於 EIRP 高達 250mW 的免授權室內僅 Wi-Fi 使用，以及 EIRP 高達 25mW 的 VLP(Very Low Power)使用（室內和室外）。

第五節　有效利用 5725-5850 MHz 頻段

(一)、當前法規限制了 5 GHz 頻段上的 Wi-Fi

除了開放用於 Wi-Fi 的 6 GHz 頻段，以滿足創新用例和連接設備數量的預期增長需求，我們還建議審查我們現有的法規，以確保它們保持適用性。

當前允許在 2.4 GHz 和 5 GHz 頻段中使用 Wi-Fi，5 GHz 頻段中有 580 MHz 的未授權頻譜可用於 Wi-Fi。一些可用頻道具有動態頻率選擇（Dynamic Frequency Selection, DFS）要求，以在這些頻率下保護軍事和氣象雷達。僅有一個非 DFS 80 MHz 通道可用。

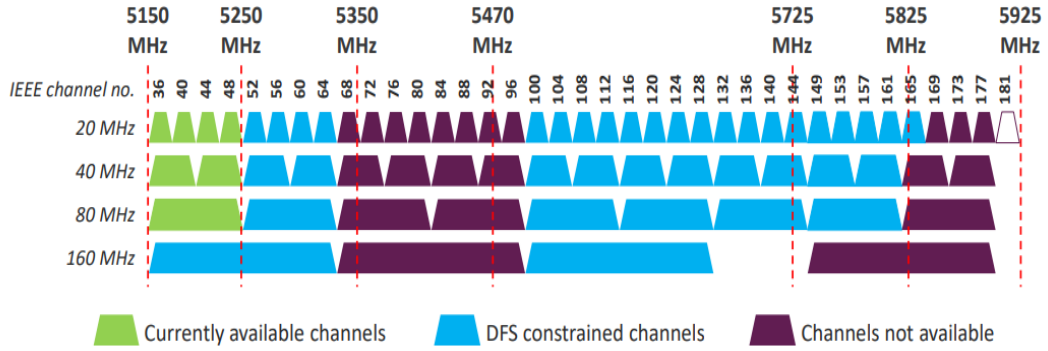


圖:5GHz 頻段上的 Wi-Fi 頻道

資料來源:Ofcom

一些利益相關者表達了對 DFS 要求可能會限制 5 GHz 頻段（尤其是 5725-5850 MHz）中 Wi-Fi 性能的擔憂，並因此抑制了該頻段的有效使用。一些人指出，他們將沒有 DFS 的唯一通道設置為路由器中的預設頻道。

DFS 要求旨在保護雷達免受有害干擾的風險。但是，我們的分析顯示，室內 Wi-Fi 使用對雷達造成的不必要干擾的風險非常低。

(二)、規劃方向

根據我們對該頻段的現有使用情況和低共存風險的分析，我們建議從 5725-5850 MHz 頻段中刪除 DFS 機制的要求，以用於室內 WLAN 使用高達 200mW EIRP 和 EIRP 功率頻譜密度高達 10mW / MHz。這將帶來可用於 Wi-Fi 的 5 GHz 頻段中頻譜的更廣泛和更有效的利用。

我們注意到，寬頻固定無線接取（Broadband Fixed Wireless Access, BFWA）服務還根據 DFS 要求以輕許可(light licensed)的方式使用 5725-5850 MHz 頻段。我們不建議更改或刪除 BFWA 服務的這些要求。

(三)、5725-5850 MHz 頻段中的 DFS 機制

2017 年，Ofcom 制定了法規，允許在免授權的基礎上在 5.8 GHz 頻段（5725-5850 MHz）中使用 Wi-Fi。我們決定基於以下條件進行此操作：

- 有證據顯示對 Wi-Fi 的需求不斷增加，以及頻譜在滿足需求方面的作用；
- 確認 Wi-Fi 產業有興趣並且缺乏迫不得已的理由不提供 5.8 GHz 頻段；
- 根據我們建議的技術參數，我們與該頻段的其他用戶對潛在共存問題的分析；
- 我們認為該頻段最適合在短期內顯著改變大眾的 Wi-Fi 體驗，尤其是對 5 GHz 附近的中頻頻譜的需求。

為了最大程度地降低對該頻段現有用戶（主要是雷達、衛星和道路收費系統）的干擾風險，我們採取了保守的方法並設置了各種

技術參數。其中包括每頻道 200mW 的功率限制以及保護軍用雷達的 DFS 機制要求。

DFS 是保護在 5 GHz 頻段內運行雷達的一種手段。該系統檢測來自雷達的傳輸，並且如果 Wi-Fi 設備檢測到同頻道雷達脈衝，則要求它們切換到其他頻道。DFS 機制的工作方式如下圖所示。

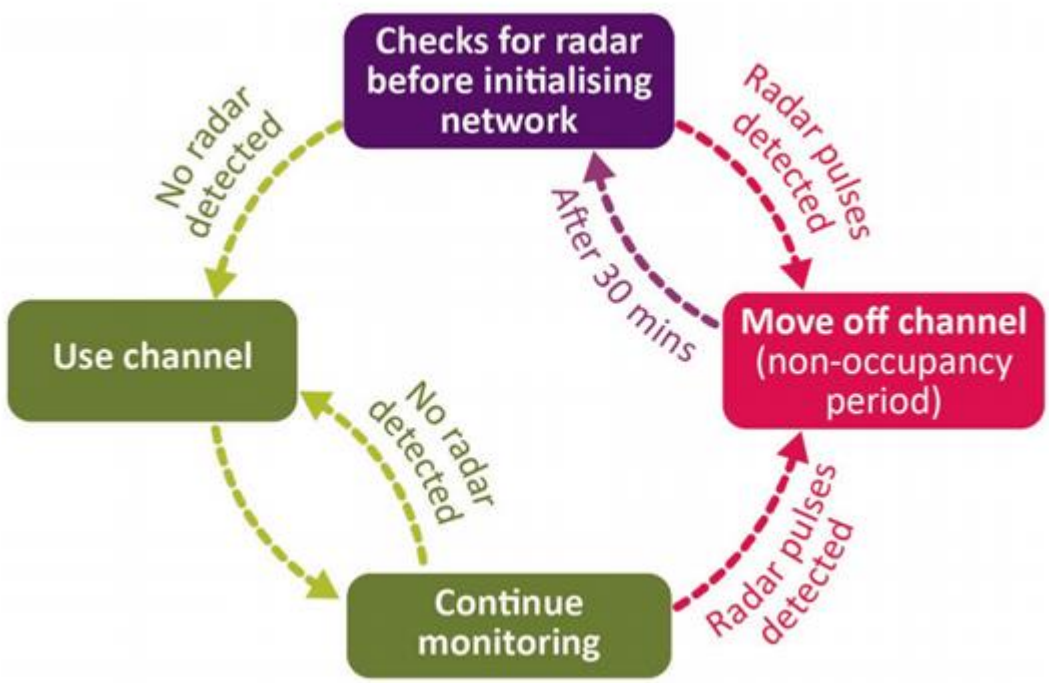


圖:DFS 運作機制

資料來源：Ofcom

當前在其他歐盟國家無法將 5725-5850 MHz 頻段用於 Wi-Fi。但是，在世界上大量使用它的國家（包括美國和加拿大），無需 DFS 機制要求即可將其提供給 Wi-Fi 使用。

在 2017 年的政策決策聲明中，我們指出，我們將繼續監控該頻段的中長期解決方案，包括重新評估 DFS 必要性或技術要求的選項。

1. 製造商強調了 DFS 機制的困難

許多利益相關者告訴我們，DFS 會限制良好的 Wi-Fi 性能。他們表示，這通常意味著需要 DFS 機制的 5 GHz 頻道中的 Wi-Fi 活動較少，而 5725- 5850 MHz 頻段目前在英國使用特別少。我們自己的分析證實，Wi-Fi 頻道的使用傾向於集中在 5150-5250 MHz 頻段，這對 DFS 機制沒有要求，而 5725-5850 MHz 頻段則很少用於 Wi-Fi 連接。

一些利益相關者表示，實施 DFS 機制會影響頻段的有效使用，其中一些路由器僅將沒有 DFS 要求的頻道設置為路由器的預設設置。

2. DFS 可能會限制 5725-5850 MHz 頻段中頻譜的有效使用

大眾一般很少使用 5725-5850 MHz 頻段，因為 Wi-Fi AP 大多設置為預設 Wi-Fi 頻道，該頻段向下降低，不受任何 DFS 要求。通常用戶不會從預設配置切換為使用 5725-5850 MHz 頻段中的頻道。這使頻段處於未使用狀態，同時增加了低頻頻道中的擁塞。

此外，如果 AP 確實選擇了 DFS 頻道並隨後檢測到雷達，則在重新選擇同一頻道之前，通常會存在很長的頻道非佔用時間（大約 30 分鐘）(non-occupancy period)，這可能會影響 Wi-Fi 性能。

DFS 可能難以實施並增加設備成本，因此製造商的投入也很低。但是，我們注意到英國有 5725-5850 MHz 的智慧手機。

大眾對 Wi-Fi 的體驗通常會受到 DFS 機制的負面影響。該系統可能需要花費一些時間來掃描雷達頻道，這會導致建立第一個連接時出現延遲，並且容易受到誤觸發(false triggers)的影響，從而可能不必要地中斷連接並導致掃描過程重新啟動。

最後更具體地講，對於 5725-5850 MHz，製造商指出，國際法規對 5725-5850 MHz 頻段不是統一的。這是一個尚未在全球範圍內獲得授權的新頻段，並且在獲得授權的地方，通常沒有 DFS 機制要求。這意味著製造商將不得不使用英國特定的產品為英國創建一個單獨的域(domain)，以將 5.8 GHz 的 DFS 機制整合到路由器中，這既不划算，也沒效率。

3. 英國在該頻段上的其他使用

除 Wi-Fi 外，5725-5850 MHz 頻段在英國還有幾種允許的用途：

- 在室內和室外使用的 EIRP 限制為 25mW 且無功率譜密度限制的短距離設備（Short Range Device, SRD）；
- EIRP 限制為 2W 的室外道路收費技術；
- 軍事用途，包括雷達用途；
- EIRP 限制最大為 4W 且要求具有 DFS 機制的 BFWA(broadband fixed wireless access)服務

此外，該頻段在《無線電規則, Radio Regulations》中被指定為 ISM 頻段(Industrial, Scientific and Medical band)，用於非通信設備的發射。 ISM 的功率可能比通信設備的功率高很多。

除了 BFWA 以外，沒有其他用途需要 DFS 機制。但是，當我們將 Wi-Fi 接取擴展到 5725-5850 MHz 頻段時，我們對該頻段實施了 DFS 機制要求以保護雷達。我我們在 2017 年的聲明中表示，這是降低干擾風險的謹慎方法，我們將對適用於該頻段的要求進行審核。

在自 2017 年推出使用 5725-5850 MHz 頻段用於 Wi-Fi 的現有證據來看，我們正在審查在此頻段內實施用於 Wi-Fi DFS 機制的要求。

我們最初的觀點是，僅在 5725-5850 MHz 頻段內取消室內使用的 DFS 機制要求不會對英國的軍用雷達使用產生任何重大影響。我們還注意到，與在沒有 DFS 機制要求的頻段內運行的室外 SRD(Shor Range Distance)使用或道路收費相比，此方法通常還具有較低的干擾風險。我們正在與國防部（Ministry of Defence, MOD）討論這一問

進行此更改還可以使此頻譜更廣泛地用於 Wi-Fi，從而為個人和企業帶來重大利益，因此，BFWA 業者的 DFS 機制要求將保留。

(四)、其他頻段的發展

2019 年世界無線電大會（WRC-19）的一項成果是修訂了 5150 - 5250 MHz 頻段 RLAN 使用的《無線電規則, Radio Regulations》，以允許在 200mW 的有限室外使用，並附帶規定，在受控使用的情況下擴展到 1W，並實施限制衛星方向功率的天線波罩(antenna masks)。現在，新法規還特別提及了針對車載(in-car)和火車(in-train)使用的 EIRP 限制。我們認為，這些變化將通過進一步擴展可攜式設備和戶外應用的用例來實現創新。

此外，我們的初步技術分析顯示，主要的干擾機制是高功率室內 RLAN 的總效應(aggregate effect)，而低功率可攜式室外使用不會過分的影響衛星系統看到的整體總干擾(overall aggregate interference)。

因此，我們正在考慮如何在英國實施允許在 5150-5250 MHz 頻段進行戶外低功率使用。如果利益相關者認為有必要使用這樣的服務，我們還將考慮允許使用固定功率不超過1W的固定室外站進行受控使用。

我們還將繼續監視 5 GHz 頻段內其他 RLAN 頻道的發展，並評估其他變化是否會進一步提高 Wi-Fi 效率。這同樣適用於 DFS 機制

的技術要求。我們要確保它們仍然適合目標，並且僅在保護現有雷達系統所需的範圍內具有限制性。

第六節　結論與建議

我們的諮詢於 2020 年 3 月 20 日結束，根據我們的初步分析和利害關係人的參與，我們提出以下建議：

- 允許免執照進入 6 GHz（5925-6425 MHz）頻段，室內 EIRP 最大值為 250mW，室外 EIRP 最大值為 25mW；
- 僅在未經授權的室內使用時才從 5.8 GHz（5725-5850 MHz）頻段中刪除 DFS 要求。

我們將繼續在國際上參與，包括在 6 GHz 和 5.1 GHz 頻段內對歐洲聯盟委員會(European Commission, EC)和歐洲郵電管理委員會(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT)共存進行研究。

正如我們在第 4 節中提到，我們看到為免授權頻譜建立簡單的監管制度會帶來好處，從而實現設備的規模經濟。我們的提案旨在滿足需求並造福英國的大眾和企業，同時支持能夠及時開發和採用該頻段的監管制度。

出於本諮詢文件中所述的原因，我們暫時評估 (provisional assessment) 認為這些建議是：

- 客觀上是合理的，因為我們發現對頻譜的需求不斷增加，包括擁塞少，遺留設備少和頻寬大的頻段，而且我們的提案不太可能增加不必要的干擾風險；
- 不會過分的歧視特定人員或特定人員描述，因為它們將適用於相關 Wi-Fi 設備的所有用戶（間接適用於所有製造商和通路商）；

- 與預期實現的目標成正比，因為建議的技術限制對於確保使用相關的 Wi-Fi 設備將不會造成過分的干擾或對相關無線電頻譜的當前用戶的技術品質產生不利影響；
- 關於它們要實現的目標是透明的，因為在本諮詢文件中對它們進行了明確的描述和說明，並且適用於擬議豁免制度(the proposed exemption regime)的任何技術限制都將在法規中明確規定。

附錄十二：英國 3.8-4.2GHz 頻段之鄰頻干擾風險評估

第一節　3.8 GHz 頻段以下

(一)、假設高於 3.8 GHz 的新基站將與低於 3.8 GHz 的基站不同步

作為 3.4-3.8 GHz 頻段內協調技術條件的一部分，ECC 考慮了在同步和非同步操作中在相鄰信道中操作的網路之間可能存在的干擾。因此，設置了所需的帶外發射級別，以避免從一個網路到另一個網路造成干擾。我們在關於 3.6-3.8 GHz 的諮詢中指出，我們認識到為了支援具有主動式天線系統（Adaptive Antenna System, AAS）以及使用更傳統的被動式天線（passive antenna,非 AAS）的基站，技術條件是需要的。

我們在 3.8-4.2 GHz 頻段中提出的訊框結構與我們目前為 3.6-3.8 GHz 提出的方案一致，然而我們在諮詢中注意到，在我們做出最終決定之前，CEPT 中提出了現有 3.4 GHz 執照持有人可能更喜歡的新的同步選項，我們將看看是否合適，從而對建議的 3.6-3.8 GHz 許可條件進行更改以使其與這些首選項(preferences)保持一致。

正如我們先前所述，在 3.8-4.2 GHz 頻譜中有多種潛在用途。這些將與 3.4-3.8 GHz 的用例不同，因此，我們無意更改針對 3.4-3.8 GHz 實施的任何訊框結構。我們在下面的分析中假設，在 3.8-4.2 GHz 頻段工作的基站將與在 3.8 GHz 以下工作的基站不同步。因在兩個頻段中時間對齊(time-aligning)訊框有好處，我們將鼓勵這種情況發生。

(二)、根據 ECC 分析，與 3.8 GHz 以下的未同步基站共存

ECC 報告 203 分析了基站之間使用不同步的訊框結構時基站之間的各種干擾情況。這是一份較早的報告，因此僅考慮非 AAS 基站到非 AAS 基站的情況。

ECC 報告 296 草案中有許多研究考慮了不同類型基站之間的干擾，儘管其中確實包括對非 AAS 基站的一些有限分析，但其中大多數針對 AAS 基站。

擬議的技術條件基於非 AAS 基站，我們注意到 3.8 GHz 以下的基站可能是 AAS 和非 AAS 的混合體，具體取決於被許可方的部署方案和業務案例。因此，兩個 ECC 報告都包含一些有用的信息，以幫助告知 3.8 GHz 以上和以下的系統之間的兼容性。但是，兩個報告都沒有完整的方案，因此我們還為系統提供了一些其他解釋。

1、非 AAS 與非 AAS 基站分析 (ECC 報告 203)

室外大型基站(outdoor macro)、室外微型基站(outdoor micro)、室內微微型基站(indoor pico)和室內毫微微型基站(indoor femto)。微型基站(micro)相當於我們的中功率基站，而微微型基站(pico)則等於我們的低功率基站，儘管該報告僅研究了室內場景。該報告假定了一些基站間的間隔距離和相關的耦合損耗(coupling loss)，並得出了保護各種基站類型所需的帶外發射級別，其中干擾對雜訊比值(I / N)為-6 dB，微基站(micro base station)的雜訊指數(noise figure, NF)為 8 dB，微微基站(pico base station)的雜訊指數為 13 dB。

ECC 報告 203 中的結果顯示，微基站的帶外發射級別必須低於-20 dBm / 5 MHz，以保護 30 公尺外的相鄰信號通道中的大型基站。但是由於兩者之間的天線耦合不同，因此對微基站的干擾可能會更加嚴重，並且需要較低的發射限值(emission limits)。

這些結果導致了該報告中一般區塊邊緣波罩（block edge mask, BEM）的推導，其中包括非同步基站的-34 dBm / 5 MHz 底線(baseline)。

該 BEM 被重新標記為非 AAS，並且在最近的 ECC 報告 281 中提供了進一步的分析，以考慮使用 AAS 的基站。 ECC 報告 281 指出，非 AAS 基站的帶外發射每個扇區(per sector)不得超過-34 dBm / 5 MHz EIRP，對於非同步基站，為了避免干擾，來自 AAS 的基站和來自 AAS 的基站的每個扇區不得超過總輻射功率 -43 dBm / 5 MHz (Total Radiated Power, TRP)。這些值稱為受限底線(restricted baseline)，基於大型基站到微基站的距離為 30 公尺和大型基站到大型基站的距離為 70 公尺。

2、AAS 與 AAS 及非 AAS 基站分析 (ECC 報告 296 草案)

ECC 草案 296 報告中的室內小細胞基站(small cell)的配置與我們的低功率室內場景相匹配，而微型基站(micro base stations)與我們的中功率基站場景相似 - 儘管 AAS 的 40 dBm TRP 可能比我們為中功率基站建議的 42 dBm EIRP 略高。

ECC 報告 296 草案提供了從 AAS 微型基站到大型基站的模擬結果。結果取決於研究以及微型基站是否在大型基站的直線視距範圍內。假設正如該報告所做的那樣，干擾主要由微型基站的帶外發射決定，則假設 30 公尺的間隔和 60 MHz 的信號通道，與 BEM 相比，可減少 10 至 15 dB 的額外發射，為了使微型基站不對大型基站造成不必要的干擾(undue interference)，隔離是需要的。

模擬結果還顯示，非 AAS 大型基站的靜態特性(static nature)意味著它們將需要 5 或 6 dB 的額外保護。當保護大型基站時，這與 ECC 報告 203 中的分析的發射水平相當吻合。

(三)、在我們的場景中解釋 ECC 報告

ECC 報告 296 草案指出，要實現非同步使用所需的受限底線級別，設備將需要額外的濾波，對於非 AAS 基站，這很可能會在外部應用，但對於整合天線的 AAS 基站，則可能根本不可行。我們注意到，這種額外的濾波還將導致某些內部保護帶(guard bands)，並導致產生非通用設備(non-generic equipment)。

報告還指出，在某些情況下，使用更寬容的過渡區域(permissive transition regions)和底線，而不是基站之間存在額外隔離的受限底線，仍然可以進行非同步操作（例如，增加物理隔離或室內低功率基站）。

為了避免額外濾波的要求和複雜性，我們已經針對這些過渡區域和基線水平針對中低功率基站的 BEM 提出了建議，因此我們認識到，對於非同步操作，我們需要滿足以下要求：實際上，發射級別會更低，或者可能會發生與增加的背景干擾(clutter)或間隔距離(separation distance)的進一步隔離(additional isolation)，以確保不會對(或被)3.8 GHz 以下的未同步大型基站或微型基站造成干擾。

考慮到保護低於 3.8 GHz 的非同步基站所需的發射級別或增加的隔離度，我們在後續討論也可以看到。並與 ECC 報告 24991 一致，因為這是一個法規限制，所以實際發射總是比波罩更好，並且共存研究(co-existence studies)應該考慮這些實際發射。但是，ECC 報告 203 和 281 中的分析基礎以及 ECC 報告 296 中的草案均基於 BEM。發射性能的提高將提供部分必要的隔離度提高，我們認為，當距離區塊邊緣(block edge)超過 5 MHz 時，發射性能會提高 10 dB。

1、低功率基站

從 ECC 報告 296 草案和 ECC 報告 203 分析得出的結果，我們注意到，我們針對室外低功率基站的建議的發射級別要求比在 ECC 報告 296 草案中模擬的微型基站低至少 16 dB。我們預計實際發射級別會降低。因此這些較低的發射級別足以滿足先前提到的 10 至 15 dB 的額外要求以及對大型基站(macro cells)的-20 dBm / 5 MHz 的要求。

因此我們預計室外低功率基站不會對 3.8 GHz 以下的非同步 AAS 或非 AAS 大型基站或 AAS 微型基站造成任何干擾。室內低功率將增加建築物的進入損耗，因此影響較小。

但是，如果兩個基站的天線方向圖(antenna patterns)對齊，則低於 3.8 GHz 的非 AAS 微型小基站(micro cell)可能更容易受到干擾。考慮到實際情況，發射限值將低於 BEM，因此模擬中使用約 60 公尺而不是 30 公尺的分隔距離(separation distance)將足以確保不會對那些非 AAS 微型基站造成干擾。

2、中功率基站

對於中功率基站，功率可能僅比 ECC 報告 296 草案中所建模型的微型基站低幾 dB。因此在我們保守地假設最多可額外減少 10 dB 發射的前提下，與非同步非 AAS 大型基站或微型基站的最小間隔距離將從模擬中的 30 公尺增加到大約 100 公尺。

通過比較，ECC 報告 203 的結果顯示，與未同步的大型基站相比，需要增加類似的距離。但是對於低於 3.8 GHz 的非同步微型基站，還需要 30 至 35 dB 的隔離，大約 1-1.8 公里的隔離距離。

如果我們不知道在 3.8 GHz 以下區塊分配執照中(block assigned licences)的基站位置，則無法達到 1.8 公里。具有區塊分配頻譜(block

assigned spectrum)的微型基站往往用於需要高容量的區域，因此主要用於城市區域。鄉村地區的基站密度較低，並且更有可能是大型基站。因此我們認為，在這些地區中，假設不太可能發生中功率到微型基站的干擾情況，並且以不協調的方式可以實現與大型基站的最大距離為 100 公尺的間隔距離。

因此，我們建議將中功率部署僅限於鄉村地區將有助於管理干擾風險。

3、增加的頻率分隔(frequency separation)

在我們假設來自基站的典型發射級別時，我們注意到實際上發射級別可能比相鄰 5 MHz 的波罩至少好 5 dB，而距區塊邊緣(block edge)更遠則好 10 dB。

在上面的分析中，我們假設發射級別可能會提高 10 dB，這會將分隔距離減小到更可控制的水平。在與區塊邊緣相鄰的 5 MHz 中這可能無法實現，因此我們還建議不要在 3800 和 3805 MHz 之間分配 5 MHz。實際上，這對頻譜可用性幾乎沒有影響，因為我們建議的信號通道計劃將更好地與固定鏈路和英國寬頻公司(UK Broadband)使用的現有頻譜保持一致。

(四)、其他干擾考量

1、3.8GHz 以下基站的干擾

ECC 報告 296 草案還顯示，從大型基站到微型基站的干擾比從微型基站到大型基站的干擾大 15 dB。因此我們認為，低於 3.8 GHz 的未同步大型基站的干擾風險將高於來自 3.8-4.2 GHz 的新中或低功率基站的干擾風險。

ECC 報告 281 中對 BEM 的要求也有所增加（已反映在 3.6-3.8 GHz 執照草案中），要求在 3840 MHz 以上的發射再降低 15 dB。我們還認識到，低於 3.8 GHz 的基站區塊外發射(out of block emissions)也將低於 BEM 級別。因此，如果存在任何增加的干擾風險，它將僅位於 3.8-4.2 GHz 頻段的較低信號通道中。

2、非同步終端設備(terminals)間之干擾

我們注意到，ECC 報告草案 296 指出，雖然基站與基站之間的干擾是非同步網路中最令人關注的問題，但在某些情況下仍存在終端與終端設備之間發生干擾的可能性。FWA 應用中終端的靜態性質(static nature)將是最受關注的應用。

使用我們建議的 23 dBm 終端設備功率，如果非同步網路的終端距離不少於 30 公尺的模型間隔，則我們認為固定終端不太可能對其他非同步終端造成嚴重的干擾風險。我們希望在 3.8-4.2 GHz 頻段和 3.8 GHz 以下頻段的執照持有者合作，以免萬一雙方由於固定的終端到終端設備訊號交互影響而遭受重大干擾，但這不太可能發生。

第二節　4.2 GHz 頻段以上

英國的無線電高度儀使用 4.2-4.4 GHz 頻段。幾乎所有飛機都使用無線電高度儀來確定其高度，因此具有一些相關的安全性。

ITU-R M.2059 建議書指出，無線電高度儀與來自其他發射機的干擾信號之間存在三種主要的電磁干擾耦合機制(electromagnetic interference coupling mechanisms)：

接收器過載(receiver overload)、接收感度惡化(desensitization)和錯誤的高度產生(false altitude generation)。它還指出，帶外干擾和帶

內干擾都可能影響無線電高度儀的性能，並且沒有明確的分界來確定將發生哪種類型的影響。因此進行共享研究時必須考慮所有因素。

ITU-R M.2059 建議書還列出了一系列不同高度儀類型的參數。從英國民航局(Civil Aviation Authority, CAA)和英國國防部(Ministry of Defence, MOD)中我們知道，在飛機上使用的無線電高度儀的範圍涵蓋了不同的類型，年齡和性能。他們擔心的是較舊的頻率調變連續波雷達型(Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW)高度儀可能最容易受到影響。在此基礎上，我們根據最壞情況的雷達類型考慮以下三項 ITU-R 保護要求。

(一)、ITU-R 保護需求

1、保護方法 1：接受器過載

當干擾訊號使無線電高度儀的前端元件飽和，導致放大器出現非線性行為時，就會發生接收器過載。當高度儀接收器輸入端的干擾訊號功率（I_{RF}）小於或等於前端過載的臨界值(P_{RF})水平(threshold level)時，無線電高度儀將受到保護。

在我們的分析中，我們考慮了一個射頻濾波器，它為高度儀提供了每次頻率倍增則濾波 24 dB (providing 24 dB per octave of filtering)，以及 ITU-R M.2059 中列出的針對 A3 型雷達的最低保護臨界值-56 dBm。對於 3.8-4.2 GHz 頻段中較高那一端頻率的基站，濾波器的好處很小。我們還注意到，許多其他列出的雷達類型具有較高的-40 dBm 臨界值水平，或者在某些情況下為-30 dBm 臨界值水平，因此將受到更多保護，免受接收器過載的干擾。

2、保護方法 2：中頻段接收感度惡化(IF Desensitisation)

接收器接收感度惡化與干擾訊號的強度有關，該訊號落入無線電高度儀的 IF 中頻段頻寬，即 3.8-4.2 GHz 基站的帶外發射。當干擾訊號在接收器的中頻段頻寬處導致雜訊底線(noise floor)增加 1 dB 時，無線電高度儀的性能會下降。

保護接收器接收感度惡化的標準意味著，在 IF 頻寬（I_{RF}）中的干擾訊號功率小於或等於 6 dB，低於熱雜訊底線(N)。

3、保護方法 3：錯誤的高度報告

無線電高度儀可以通過計算發射訊號和接收訊號之間的時間差來估算高度。在基於 FMCW 的高度儀中，當干擾訊號被檢測為 IF 頻寬內的頻率分量時，就會出現錯誤的高度報告。如果干擾訊號高於檢測臨界值，那麼這可能會被錯誤地解釋為有效測量值，從而導致錯誤的高度報告。ITU-R M.2059 建議書指出，保護高度儀免受錯誤的海拔高度測量的干擾臨界值為-143 dBm / 100 Hz。由於可以將 3.8-4.2 GHz 頻段內的帶外發射假定為加成性高斯雜訊（Additive White Gaussian Noise, AWGN），因此不宜考慮干擾訊號作為檢測器頻寬的時間量，因為它必須始終假定在那裡。常態化(Normalizing)到相同的 2 MHz IF 頻寬進行比較的意思是，無線電高度儀上的干擾不得超過-100 dBm / 2 MHz。

可以看出，中頻接收感度惡化是更嚴格的要求，對於錯誤的高度保護要求無需進一步分析。

(二)、頻率分隔(frequency separation)

飛機通常在其上安裝三個無線電高度儀，它們獨立工作，然後通過表決機制(voting mechanism)將結果合併。每個頻率偏移 5-10 MHz，以避免多個單元之間的干擾。

ITU-R M.2059 建議書指出，在參數未知的地方，應將 ITU-R M.1461 中的那些參數用作分析與其他業務兼容性的指南。ITUR M.1461 指出，在未提供雷達接收器中頻選擇性(IF selectivity)的情況下，從 3 dB 之頻寬邊緣頻率(bandwidth edge frequency)到最低選擇性臨界值(selectivity threshold)70 dB（即雜訊底線），頻率為原先十倍時，應使用 80 dB 衰減的選擇性 (selectivity falloff of 80dB per decade)。而選擇性是指無線電接收器僅響應其調諧到的無線電訊號（例如無線電台）並拒絕其他頻率附近訊號（例如相鄰頻道上的另一個廣播訊號）的性能的度量。選擇性通常以分貝（dB）為單位進行測量，將接收到的訊號強度與另一個頻率上的相似訊號進行比較。 如果訊號在所選訊號的相鄰通道上，則此測量也稱為相鄰通道抑制比（Adjacent-channel rejection ratio, ACRR）。選擇性還對覆蓋干擾(blanketing interference)具有一定的抵抗力。

無線電高度儀不能直接在頻段邊緣(edge of the band)工作。最壞的情況是 FMCW，在 ITU-R M.2059 中為 A3 雷達類型，具有 171 MHz 的 3 dB RF 頻寬和 2 MHz 的 IF 頻寬。因此，我們認為需要低於 4.2 GHz 的微小間隔，以確保高度儀的選擇性足以使干擾由帶外發射決定，而不是高度計接收器的性能決定。

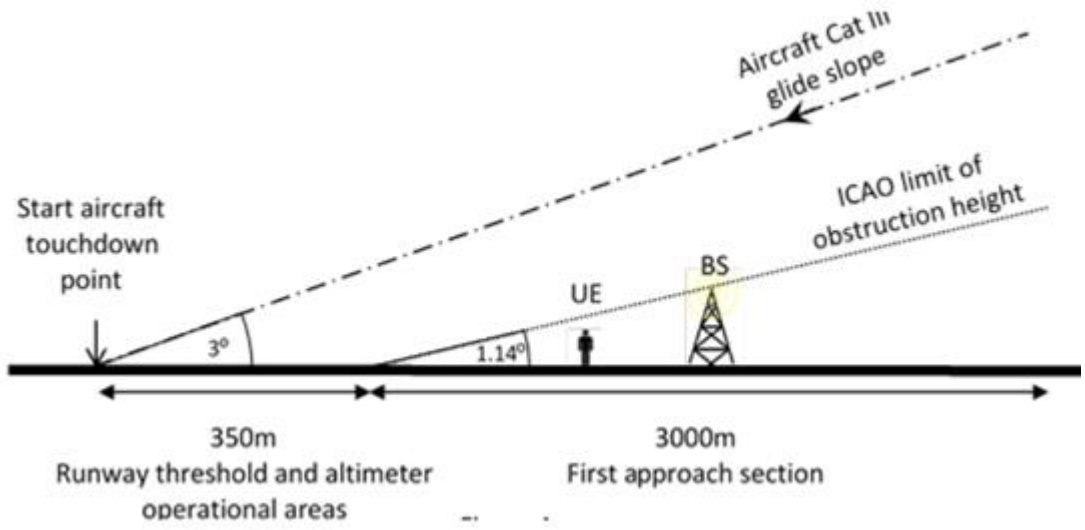
因此我們建議，鑑於沒有可用的測量數據，我們將採取謹慎的保護方法，並在 4195-4200 MHz 之間引入頻率間隔。

鑑於我們還建議在 3.8 GHz 的頻段下端隔離 5 MHz，因此在 4.2 GHz 的上端隔離 5 MHz 不會產生負面影響，因為它不會減少任何可用信道頻寬的數量。

(三)、共存分析(Coexistence anaylysis)

國際民航組織以前曾進行過無線電高度儀與相鄰頻段業務兼容性的研究。 我們將他們的某些分析作為我們共存分析的基礎。查看他們假設的最壞情況，即飛機在第三類(Cat III)降落中最終接近(final approach)時飛機直接越過基站，當無線電高度儀在著陸期間向自動駕駛(autopilot)提供高度資訊時，它會產生最小的分隔距離(separation distance)。

在下圖中提供了幾何形狀，包括沿著最終進場路徑允許佈署的限制。 這些限制允許將 25 公尺的基站沿接近路徑放置在距飛機著陸點(touchdown point)最近的位置 1,600.1 公尺。



附圖 17: 跑道終點的飛機幾何形狀

資料來源：ICAO

在我們的分析中，我們考慮了一個 25 公尺高的基站，該基站距飛機著陸點的距離為 1,600.1 公尺。對於無線電高度儀，我們假設天線增益為 13dBi，半功率波束寬(Half Power Beam Width, HPBW)為 60 度，主波束直接指向地面。

我們對基站類型的三種情況建立了模型：具有 2 dBi 天線增益的室外低功率基站和具有 8 dBi 和 16 dBi 天線增益的兩個中功率基站。基站天線的增益越高，向無線電高度儀輻射的功率越少，並且干擾風險越低。所有場景均使用 40 MHz 的信號通道頻寬，並且與我們針對 3.8 GHz 邊界的方法一致，我們還假設實際發射級別比執照中的 BEM 要求高 10 dB。

我們對按照 Cat III 滑行從大約 10 公里到著陸點的飛機建立了模型。模擬了沿滑行坡度的每個位置處的無線電高度儀處收到的干擾功率級別，並將其與取自 ITU-R .2059 的最差情況 A3 型無線電高度儀的相關臨界值進行了比較。圖 23 顯示了無線電高度儀上的總 RF 干擾，圖 24 顯示了落入 4.2-4.4 GHz 頻段內的帶外發射引起的中頻接收感度惡化。我們展示了具有 8 dBi 天線增益中功率基站的結果，因為它具有到臨界值的最小餘量(margin)。

可以看出，我們建立的悲觀模型假設均未超過任何臨界值，並且在最差的中等功率情況下仍存在一定餘量。因此我們的臨時結論是，我們提出的用於 3.8-4.2 GHz 頻段中共享訪問的技術條件不會對無線電高度儀造成任何不當干擾。

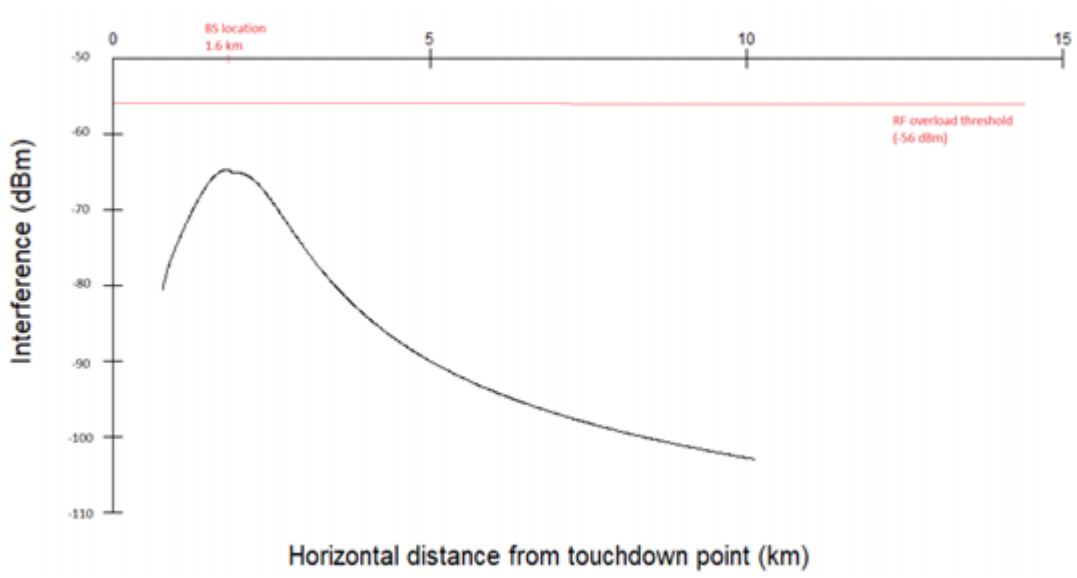


圖 1: 從基站到無線電高度儀知 RF 過載風險評估

資料來源：Ofcom

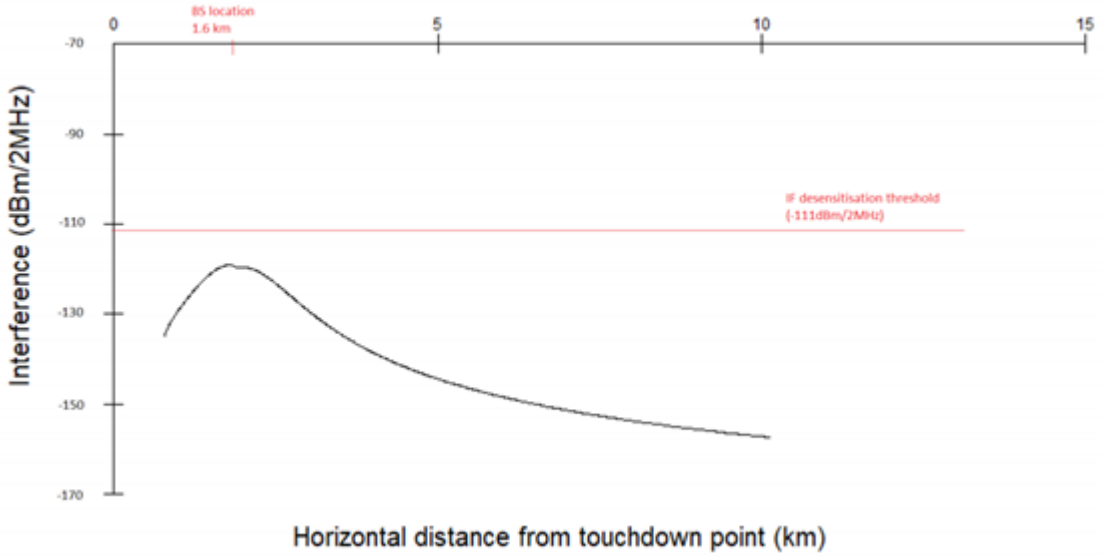


圖 2: 來自基站之無線電高度儀接收感度惡化風險評估

資料來源：Ofcom

附錄十三：美國 CBRS 頻段管理規則摘譯

原文	中文翻譯
Subpart C—Priority Access (PA)	C 部分—優先接取
§96.23 Authorization.	§96.23　授權
(a) An applicant must file an application for an initial PAL. Applications for PALs must:	(a) 首次申請優先接取執照 (PAL) 之申請人除填具申請書外，並應檢具下列文件：
(1) Demonstrate the applicant's qualifications to hold an authorization;	(1) 可展示申請人符合授權資格之佐證資料；
(2) State how a grant would serve the public interest, convenience, and necessity;	(2) 說明此項許可將如何促進公共利益、公共便利和公共需要；
(3) Contain all information required by FCC rules and application forms;	(3) 包含 FCC 規範和申請書表要求的所有資訊；

原文	中文翻譯
(4) Propose operation of a facility or facilities in compliance with all rules governing the Citizens Broadband Radio Service;	(4) 遵循公民無線寬頻服務 (CBRS) 的所有管理規範，提出單一或多項設施的營運細節；
(5) Be amended as necessary to remain substantially accurate and complete in all significant respects, in accordance with the provisions of §1.65 of this chapter.	(5) 依據 FCC 規章條文§1.65 之規定，全面確保申請書內容的正確性並在必要時進行修正。
(b) CBSDs used for Priority Access must register with an SAS and comply with its instructions consistent with §96.39 and subpart F of this part.	(b) 用於優先接取的共享頻率接取設備 (CBSD) 應向一個共享頻率管理資料庫 (SAS) 註冊，並遵守其與本規則條文§96.39 和 Subpart F 相關之指示。
(c) Records pertaining to PALs, including applications and licenses, shall be maintained by the Commission in a publicly accessible system.	(c) 委員會應在可公開接取的系統中保存與 PAL 有關的紀錄，包括申請相關文件和執照資訊。

原文	中文翻譯
(d) Paragraph (a) of this section contains information-collection and recordkeeping requirements. Compliance will not be required until after approval by the Office of Management and Budget. The Commission will publish a document in the Federal Register announcing that compliance date and revising this paragraph (d) accordingly.	(d)本條 (a) 項所涉資訊收集和記錄保存要求，將在預算管理局核可後生效。其後委員會將發布於《聯邦公報》，並據此修訂 (d) 項。
§96.25 Priority access licenses.	§96.25　優先接取執照
(a) Priority Access Licensees must operate CBSDs consistent with the technical rules and interference protection requirements set forth in this part.	(a) PAL 之持有人應按照本管理規則所定之技術規則和干擾保護要求來操作 CBSD。
(b) PALs have the following parameters:	(b) PAL 具以下參數：
(1) Geography Each PAL consists of a single License Area.	(1) 地理位置 每個 PAL 都包含一個執照區域。

原文	中文翻譯
(i) Contiguous geographic areas An SAS must assign geographically contiguous PALs held by the same Priority Access Licensee to the same channels in each geographic area, to the extent feasible. The SAS may temporarily reassign individual PALs held by the same Priority Access Licensee to different channels, so that geographical contiguity is temporarily not maintained, to the extent necessary to protect Incumbent Users or if necessary to perform its required functions under subpart F of this part.	(i) 連續的地理區域 SAS 必須在可行的範圍內，讓同一 PAL 持有人在地理相連的執照區域中，其持有之 PAL 均可獲分配相同頻道。惟在為了保護現有用戶或在必要時執行本規則 Subpart F 所要求的功能，SAS 得臨時重新分配不同頻道給同一持有人所持有的 PAL，暫時無須保持地理連續性。
(2) Channels Each PAL consists of a 10 megahertz channel within the frequency range set forth in §96.11. Channels must be assigned by the SAS. Priority Access Licensees may	(2) 頻道 每一個 PAL 都包含一個 10MHz 的頻道頻寬，位於條文 §96.11 規定的頻率範圍內。頻道必須由 SAS 分配，

原文	中文翻譯
request a particular channel or frequency range from the SAS but will not be guaranteed a particular assignment.	PAL 持有人得向 SAS 系統請求特定頻道或頻率範圍，但不保證結果。
(i) Contiguous channels An SAS must assign multiple channels held by the same Priority Access Licensee to contiguous channels in the same License Area, to the extent feasible. The SAS may temporarily reassign individual PALs to non-contiguous channels to the extent necessary to protect Incumbent Users or if necessary to perform its required functions under subpart F of this part.	(i) 連續頻道 在可行的範圍內，SAS 必須將同一 PAL 持有人擁有的多個頻道分配給同一執照區域中的連續頻道。SAS 可以在保護現有用戶的必要範圍內，臨時將各個 PAL 頻道重新分配給不連續的頻道或在必要時執行本規則 Subpart F 所要求的功能。
(3) License term Each PAL has a ten-year license term. Licensees must file a renewal application in accordance with the provisions of §1.949 of this chapter.	(3) 執照期限 有效十年。PAL 持有人必須按照 FCC 規章條文§1.949 的規定提出換照申請。

原文	中文翻譯
(4) Performance requirement Priority Access Licensees must provide substantial service in their license area by the end of the initial license term. "Substantial" service is defined as service which is sound, favorable, and substantially above the level of mediocre service which might minimally warrant renewal. Failure by any licensee to meet this requirement will result in forfeiture of the license without further Commission action, and the licensee will be ineligible to regain it. Licensees shall demonstrate compliance with the performance requirement by filing a construction notification with the Commission in accordance with the provisions set forth in § 1.946(d) of this chapter. The licensee must certify whether it has met the performance requirement, and file supporting	(4) 性能要求 PAL 持有人必須在初始執照期限結束之前在其執照區域內實質提供服務。實質服務的定義是合理、有利並且大大高於可能需要最低限度換照的中等服務級別。任何 PAL 持有人若未滿足此等要求，將由委員會逕行廢止其執照，且 PAL 持有人同時失去重獲許可之資格。PAL 持有人應按照 FCC 規章條文§1.946(d)的規定向委員會遞交施工通知，以證明其符合性能要求。PAL 持有人必須證明其是否滿足性能要求，並提供相關支持文件，包括對所提供的善意服務的描述和展示，準確描繪執照區域邊界的電子地圖以及 PAL 持有人在執照區域中提供滿足以下條件的服務性能要求、輔助技術文件、與人口有關的任何假設或用於確定服務所涵蓋人口的數據（在任何程度上都應依賴），以及無線電信局可以通過公開

原文	中文翻譯
documentation, including description and demonstration of the bona fide service provided, electronic maps accurately depicting the boundaries of the license area and where in the license area the licensee provides service that meets the performance requirement, supporting technical documentation, any population-related assumptions or data used in determining the population covered by a service to the extent any were relied upon, and any other information the Wireless Telecommunications Bureau may prescribe by public notice. A licensee's showing of substantial service may not rely on service coverage outside of the PAL Protection Areas of registered CBSDs or on deployments that are not reflected in SAS records of CBSD registrations.	通知規定的任何其他資訊。PAL 持有人展示的實質性服務可能不依賴於”已註冊 CBSD 的 PAL 保護區域之外”的服務範圍，也不會依賴於”未在 CBSD 註冊的 SAS 紀錄中反映”的部署。
(i) Safe harbor for mobile or point-to-multipoint service	(i) 行動或點對多點服務的「安全港原則」

原文	中文翻譯
A Priority Access Licensee providing a mobile service or point-to-multipoint service may demonstrate substantial service by showing that it provides signal coverage and offers service, either to customers or for internal use, over at least 50 percent of the population in the license area.	提供行動服務或點對多點服務的 PAL 持有人可以證明其提供了訊號涵蓋並向客戶或內部使用的用戶提供訊號涵蓋，並提供至少 50%的執照區域內的服務，以作為滿足實質提供服務之條件。
(ii) Safe harbor for fixed point-to-point service A Priority Access Licensee providing a fixed point-to-point service may demonstrate substantial service by showing that it has constructed and operates at least four links, either to customers or for internal use, in license areas with 134,000 population or less and in license areas with greater population, a minimum number of links equal to the population of the license area divided by 33,500 and rounded up to the nearest whole number. To satisfy this	(ii) 固定地點之點對點服務的「安全港原則」 提供固定點對點服務的 PAL 持有人可以通過證明其在 134,000 以下人口的執照區域以及在執照區域內已營運並至少建立了四條通向客戶或供內部使用的連接，來證明實質提供服務。如果人口更多，則連接的最小數量等於執照區域的人口除以 33,500，然後四捨五入到最接近的整數。為了滿足此規定，此類連接必須使用註冊的 B 類 CBSD 進行操作。

原文	中文翻譯
provision, such links must operate using registered Category B CBSDs.	
(5) Compliance date Paragraph (b)(4) of this section contains information-collection and recordkeeping requirements. Compliance will not be required until after approval by the Office of Management and Budget. The Commission will publish a document in the Federal Register announcing that compliance date and revising this paragraph (b)(5) accordingly.	(5) 規定應遵守的日期 本條文 (b)(4) 款包含資訊收集和文檔保存要求，將在預算管理局核可後生效。委員會將在《聯邦公報》發布一份文件，宣布該遵守法規日期，並據此修訂本條文 (b)(5) 款。
(c) PAL Protection Areas PAL channels shall be made available for assignment by the SAS for General Authorized Access use only in areas	(c) PAL 保護區 惟當在本節和條文§96.41(d)所規定的 PAL 保護區之外，SAS 才能指配 PAL 頻道供一般許可接取(GAA)使用。

原文	中文翻譯
outside of PAL Protection Areas consistent with this section and §96.41(d).	
(1) A CBSD will be considered to be in use for purposes of calculating a PAL Protection Area once it is registered and authorized for use on a Priority Access basis by an SAS consistent with §§96.39, 96.53, and 96.57.	(1) 基於條文§§96.39、96.53 和 96.57 的規定，唯有在 CBSD 以優先接取模式向 SAS 註冊並取得使用授權，其 PAL 保護區之計算始得生效。
(i) Priority Access Licensees must inform the SAS if a previously activated CBSD is no longer in use.	(i) 當已啟用之 CBSD 不再使用時，PAL 持有人應即通知 SAS 系統。
(ii) Any CBSD that does not make contact with the SAS for seven days shall not be considered in use and will be excluded from the calculation of the PAL Protection Area until such time as contact with the SAS is re-established.	(ii) 任何 CBSD 超過七天未與 SAS 系統通訊即會被視為停止使用，且在重新建立與 SAS 系統的通訊之前，其將被排除於 PAL 保護區之計算。
(2) The default protection contour will be determined by the SAS as a −96 dBm/10 MHz contour around each CBSD.	(2) SAS 將依照每個 CBSD 周圍-96 dBm / 10 MHz 之條件來決定預設的保護輪廓。預設保護輪廓將根據 CBSD

原文	中文翻譯
The default protection contour will be calculated based on information included in the CBSD registration and shall be determined and enforced consistently across all SASs.	註冊中包含的資訊進行計算，並在所有 SAS 系統中確定並強制執行。
(i) The default protection contour is the outer limit of the PAL Protection Area for any CBSD but a Priority Access Licensee may choose to self-report protection contours smaller than the default protection contour to the SAS.	(i) 預設保護輪廓是任何 CBSD 的 PAL 保護區域的外部限制，PAL 持有人得自行選擇較小之保護輪廓，並報告給 SAS 系統。
(ii) If the PAL Protection Areas for multiple CBSDs operated by the same Priority Access Licensees overlap, the SAS shall combine the PAL Protection Areas for such CBSDs into a single protection area.	(ii) 當同一 PAL 持有人營運多個 CBSD 之 PAL 保護區彼此重疊，則 SAS 應將此類 CBSD 的 PAL 保護區合併為一個保護區。
(3) The PAL Protection Area may not extend beyond the boundaries of the Priority Access Licensee's Service Area.	(3) PAL 保護區域不得超出 PAL 持有人服務區域的範圍。
§96.29 Competitive bidding procedures.	§96.29　競爭性招標程序

原文	中文翻譯
Mutually exclusive initial applications for PALs are subject to competitive bidding. The general competitive bidding procedures set forth in part 1, subpart Q, of this chapter will apply unless otherwise provided in this subpart.	PAL 的互斥初始申請須經過競爭性招標。除非本部分另有規定，否則將適用 FCC 規章第 1 部分 Subpart Q 中所規定的一般競爭性招標程序。
§96.30 Designated entities in the Citizens Broadband Radio Service.	§96.30　公民無線寬頻服務中的指定實體
(a) Small business	(a) 小型企業
(1) A small business is an entity that, together with its affiliates, its controlling interests, and the affiliates of its controlling interests, has average gross revenues not exceeding $55 million for the preceding three (3) years.	(1) 小型企業意指單一實體，連同其附屬公司，其控股權益和其控股權益的附屬公司，在過去三年中的平均總收入不超過 5,500 萬美元。
(2) A very small business is an entity that, together with its affiliates, its controlling interests, and the affiliates of its	(2) 極小型企業意指單一實體，連同其附屬公司，其控股權益和其控股權益的附屬公司，在前三年中的平均總收入不超過 2,000 萬美元。

原文	中文翻譯
controlling interests, has average gross revenues not exceeding $20 million for the preceding three (3) years.	
(b) Eligible rural service provider For purposes of this section, an eligible rural service provider is an entity that meets the criteria specified in § 1.2110(f)(4) of this chapter.	(b) 合格的鄉村服務提供商 就本節而言，合格的鄉村服務提供者是指符合 FCC 規章條文§1.2110(f)(4)所定標準的實體。
(c) Bidding credits	(c) 標金折讓
(1) A winning bidder that qualifies as a small business as defined in this section or a consortium of small businesses may use a bidding credit of 15 percent, as specified in § 1.2110(f)(2)(i)(C) of this chapter. A winning bidder that qualifies as a very small business as defined in this section or a consortium of very small businesses may use a bidding	(1) 符合本節定義的小型企業或小型企業聯盟的得標者得使用 FCC 規章條文§1.2110(f)(2)(i)(c)所定的 15%標金折讓額度。符合本節定義的極小型企業或極小型企業聯盟的得標者得使用 FCC 規章條文§1.2110(f)(2)(i)(b)所定的 25%標金折讓額度。

原文	中文翻譯
credit of 25 percent, as specified in § 1.2110(f)(2)(i)(B) of this chapter.	
(2) An entity that qualifies as eligible rural service provider or a consortium of rural service providers who has not claimed a small business bidding credit may use a bidding credit of 15 percent, as specified in § 1.2110(f)(4) of this chapter.	(2) 符合資格的鄉村服務提供者或其聯盟之實體，如未要求小型企業標金折讓，則可使用 FCC 規章條文§ 1.2110(f)(4)所定的 15%標金折讓額度。
§96.31 Aggregation of priority access licenses.	§96.31　優先接取執照的聚合
(a) Priority Access Licensees may aggregate up to four PAL channels in any License Area at any given time.	(a) 可以在任何給定時間及在任何執照區域中聚合至多四個 PAL 頻道。
(b) The criteria in § 20.22(b) of this chapter will apply in order to attribute partial ownership and other interests for the purpose of applying the aggregation limit in paragraph (a) of this section.	(b) 為了將部分所有權和其他權益歸屬於本節 (a) 段中的聚合限制，FCC 規章條文§20.22(b)所定標準亦將適用。

原文	中文翻譯
§96.32 Priority access assignments of authorization, transfers of control, and leasing arrangements.	§96.32　授權的優先接取指配，控制權轉移和租賃協議
(a) Priority Access Licensees may transfer or assign their licenses and enter into de facto leasing arrangements in accordance with part 1 of this chapter.	(a) PAL 持有人可以根據 FCC 規章第 1 部分轉讓或分配其執照，並訂立實質性的租賃協議。
(b) Priority Access Licensees may partition or disaggregate their licenses and partially assign or transfer their licenses pursuant to § 1.950 of this chapter and may enter into de facto transfer leasing arrangements for a portion of their licensed spectrum pursuant to part 1 of this chapter.	(b) PAL 持有人可以根據 FCC 規章條文§1.950 的規定，對他們的許可進行分區或分解，並部分分配或轉讓其許可，並可以根據本章第 1 部分就其許可頻譜的一部分訂立實質性的轉讓租賃協議。
(c) Priority Access Licensees may enter into spectrum manager leasing arrangements with approved entities as prescribed in § 1.9046 of this chapter. Priority Access Licensees may only enter into leasing arrangements for	(c) PAL 持有人可以根據 FCC 規章條文§1.9046 的規定與核可的實體訂立頻譜管理租賃協議。PAL 持有人只能對其服務範圍內和其 PAL 保護範圍之外的區域進行租賃協議。

原文	中文翻譯
areas that are within their Service Area and outside of their PAL Protection Areas.	
(d) Paragraph (b) of this section contains information-collection and recordkeeping requirements. Compliance will not be required until after approval by the Office of Management and Budget. The Commission will publish a document in the Federal Register announcing that compliance date and revising this paragraph (d) accordingly.	(d) 本條 (b) 項包含資訊收集和文檔保存要求，將在預算管理局批准後生效。委員會將在《聯邦公報》發布一份文件，宣布該遵守法規日期，並據此修訂 (d) 項。
Subpart D—General Authorized Access(GAA)	D 部分—一般許可接取
§96.33 Authorization.	§96.33　授權
(a) Any party meeting the requirements set forth in §96.5 is eligible to operate a CBSD on a General Authorized Access basis.	(a) 符合條文§96.5 規定的任何一方都有資格在一般許可接取的基礎上操作 CBSD。

原文	中文翻譯
(b) CBSDs used for General Authorized Access must register with the SAS and comply with its instructions.	(b) 用於一般許可接取的 CBSD 必須在 SAS 中註冊並遵守其指示。
§96.35 General authorized access use.	§96.35　一般許可接取 (GAA) 之使用
(a) General Authorized Access Users shall be permitted to use frequencies assigned to PALs when such frequencies are not in use, as determined by the SAS, consistent with §96.25(c).	(a) 根據條文§96.25(c) 之規定，當 PAL 持有人未使用時，應允許 GAA 用戶使用分配給 PAL 的頻率。
(b) Frequencies that are available for General Authorized Access Use shall be made available on a shared basis.	(b) 可供 GAA 使用的頻率應在共享的基礎上提供。
(c) General Authorized Access Users shall have no expectation of interference protection from other General Authorized Access Users operating in accordance with this part.	(c) GAA 用戶不應期望能受到干擾保護，尤其是受到根據本條文運行的其他同類用戶干擾。

原文	中文翻譯
(d) General Authorized Access Users must not cause harmful interference to and must accept interference from Priority Access Licensees and Incumbent Users in accordance with this part.	(d) 根據本條文規定，GAA 用戶不得對 PAL 持有人和既有用戶造成有害干擾，並且能夠耐受來自該等用戶的任何干擾。
(e) General Authorized Access Users operating Category B CBSDs must make every effort to cooperate in the selection and use of available frequencies provided by an SAS to minimize the potential for interference and make the most effective use of the authorized facilities. Such users shall coordinate with an SAS before seeking station authorization, and make every effort to ensure that their CBSDs operate at a location, and with technical parameters, that will minimize the potential to cause and receive interference among CBSDs. Operators of CBSDs suffering	(e) 操作 B 類 CBSD 的 GAA 用戶必須盡一切努力合作選擇和使用 SAS 系統提供的可用頻率，以最大程度地減少干擾的可能性並最有效地利用授權設施。此類用戶應在尋求站點授權之前與 SAS 系統協調，並盡一切努力確保其 CBSD 在某個位置運行並具有技術參數，以最大程度地減少在 CBSD 之間引起和接收到干擾的可能性。遭受或造成有害干擾的 CBSD 營運商應通過技術解決方案或其他相互滿意的安排合作並解決干擾問題。

原文	中文翻譯
from or causing harmful interference are expected to cooperate and resolve interference problems through technological solutions or by other mutually satisfactory arrangements.	
Subpart E—Technical Rules	E 部分—技術規範
§96.39 Citizens Broadband Radio Service Device (CBSD) general requirements. This section applies to all CBSDs. Additional rules applicable only to Category A or Category B CBSDs are set forth in §§96.43 and 96.45.	§96.39　公民無線寬頻服務設備(CBSD)一般需求 此節適用於所有 CBSD，條文§§96.43 及 96.45 中僅列出適用於 A 類或 B 類 CBSD 之其他規範。
(a) Geo-location and reporting capability.	(a) 地理位置檢查及回報能力

原文	中文翻譯
(1) All CBSDs must be able to determine their geographic coordinates (referenced to the North American Datum of 1983 (NAD83)) to an accuracy of ±50 meters horizontal and ±3 meters of elevation. Such geographic coordinates shall be reported to an SAS at the time of first activation from a power-off condition.	(1) CBSD 應具偵測其地理座標資訊(如美國參考 1983 年北美基準(NAD83))，其中精度為水平±50 公尺及海拔±3 公尺。從關機狀態至初始開機運作時，應向 SAS 系統報告其地理座標。
(2) For professionally installed CBSDs, geographic coordinates to the same accuracy specified in paragraph (a)(1) of this section may be determined and reported to the SAS as part of the installation and registration process. Geographic coordinates must be determined and reported each time the CBSD is moved to a new location.	(2) 經由專業安裝之 CBSD，於安裝及註冊過程中，應將上述精度之地理座標資訊回報給 SAS 系統。每當將 CBSD 移至新位置時，皆應向該系統更新其地理座標。

原文	中文翻譯
(3) A non-professionally installed CBSD must check its location and report to the SAS any location changes exceeding 50 meters horizontal and ±3 meters elevation from its last reported location within 60 seconds of such location change.	(3) 非由專業安裝之 CBSD，應具備位置檢查功能，若發生距離差距大於先前報告位置水平 50 公尺、海拔±3 公尺之變更情形，應於 60 秒內向 SAS 系統回報。
(b) Operability. All CBSDs must be capable of two-way operation on any authorized frequency assigned by an SAS. Equipment deployed by Grandfathered Wireless Broadband Licensees during their license term will be exempt from this requirement.	(b) 可操作性 CBSD 應能在 SAS 分配之任何授權頻率上雙向運行。傳統式無線寬頻執照持有人 (Grandfathered Wireless Broadband Licensees) 所建置之設備於執照效期內，可不受此項約束。
(c) Registration with SAS. A CBSD must register with and be authorized by an SAS prior to its initial service transmission. The CBSD must	(c) SAS 登記註冊 在初始服務傳送之前，CBSD 應向 SAS 登記註冊並取得其授權。CBSD 在註冊時應提供其地理座標、自地面算

原文	中文翻譯
provide the SAS upon its registration with its geographic location, antenna height above ground level (in meters), CBSD class (Category A/Category B), requested authorization status (Priority Access or General Authorized Access), FCC identification number, call sign, user contact information, air interface technology, unique manufacturer's serial number, sensing capabilities (if supported), and additional information on its deployment profile required by §§96.43 and 96.45. If any of this information changes, the CBSD shall update the SAS within 60 seconds of such change, except as otherwise set forth in this section. All information provided by the CBSD to the SAS must be true, complete, correct, and made in good faith.	起的天線高度（以公尺為單位）、CBSD 類別（A 類/ B 類）、請求之授權狀態（優先接取或一般許可接取）、FCC ID 號碼、呼叫編碼（call sign）、用戶資訊、空中介面技術（air interface technology）、製造商序列號，感應功能（如果有支援），以及條文§§96.43 及 96.45 要求關於配置文件之其他相關資訊。若上述資訊變更，則 CBSD 應於變更後 60 秒內向該系統回報並更新其資訊。CBSD 提供於該系統之所有資訊皆須正確及完整。

原文	中文翻譯
(1) A CBSD must operate at or below the maximum power level authorized by an SAS, consistent with its FCC equipment authorization, and within geographic areas permitted by an SAS on the channels or frequencies authorized by an SAS.	(1) CBSD 應由 FCC 設備授權，其發射功率應低於 SAS 系統許可之最大功率級別，且於該系統許可之頻道、頻率及區域內運行。
(2) A CBSD must receive and comply with any incoming commands from its associated SAS about any changes to power limits and frequency assignments. A CBSD must cease transmission, move to another frequency range, or change its power level within 60 seconds as instructed by an SAS.	(2) CBSD 應依據 SAS 系統指示，限縮發射功率及調整其操作頻率。CBSD 應依其指示於 60 秒內停止傳送，並移至另一個操作頻率範圍或變更其功率級別。
(d) Signal Level Reporting. A CBSD must report to an SAS regarding received signal strength in its occupied frequencies and adjacent	(d) 訊號水平(signal level)回報 CBSD 應向 SAS 系統回報其占用頻率及相鄰頻率之接收訊號強度、封包誤碼率(packet error rate)或依 SAS 系統

原文	中文翻譯
frequencies, received packet error rates or other common standard metrics of interference for itself and associated End User Devices as directed by an SAS.	指示之關聯終端用戶設備(EUD)干擾衡量標準(stand metrics of interference)。
(e) Frequency reporting. If directed by the SAS, a CBSD that receives a range of available frequencies or channels from an SAS must promptly report to the SAS which of the available channels or frequencies it will utilize.	(e) 頻率回報 CBSD 接收 SAS 系統指示之可用頻道或頻率後，應立即向其回報將使用之頻道或操作頻率範圍。
(f) Security. CBSDs shall incorporate security measures sufficient to ensure that they are capable of communicating only with SASs operated by approved SAS Administrators, and that communications between CBSDs and SASs, between individual CBSDs, and between CBSDs and End User	(f) 安全 CBSD 與 SAS 系統間通訊僅能由許可之 SAS 管理者操作，以確保 CBSD 與該系統間，各個 CBSD 間以及 CBSD 與終端用戶設備(EUD)間之通訊安全，並防止資料損壞或未經授權之數據攔截。

原文	中文翻譯
Devices are secure to prevent corruption or unauthorized interception of data.	
(1) For purposes of obtaining operational limits and frequency availabilities and their updates, CBSDs shall only contact SASs operated by SAS Administrators approved by the Commission in accordance with subpart F of this part.	(1) 為取得操作限制及頻率可用性之更新，CBSD 僅能聯繫由委員會依據本規則 Subpart F 核可 SAS 管理者所操作之 SAS 系統。
(2) All communications between CBSDs and SASs must be transmitted using secure methods that protect the systems from corruption or unauthorized modification of the data.	(2) 在 CBSD 及 SAS 系統間通訊，應使用安全之方法，以保護系統免受資料損壞或未經授權之數據修改。
(3) Communications between a CBSD and its associated End User Devices for purposes of obtaining operational power, location, and frequency assignments shall employ	(3) 為取得操作功率、位置及可用頻率範圍，CBSD 及其關聯之終端用戶設備(EUD)間通訊應採用安全之方

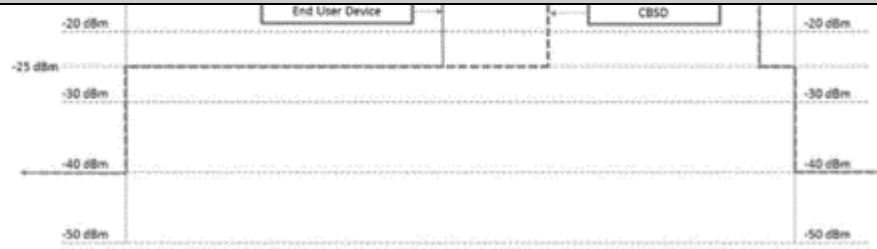
原文	中文翻譯
secure methods that protect the system from corruption or unauthorized modification of the data.	法，避免 SAS 系統因資料損壞或未經授權之數據修改導致該系統故障。
(g) Device security. All CBSDs and End User Devices must contain security features sufficient to protect against modification of software and firmware by unauthorized parties. Applications for certification of CBSDs and End User Devices must include an operational description of the technologies and measures that are incorporated in the device to comply with the security requirements of this section. In addition, applications for certification of CBSDs and End User Devices must identify at least one of the SAS databases operated by an approved SAS Administrator that	(g) 設備安全性 CBSD 及終端用戶設備(EUD)應具備預防未經授權第三方竄改軟體及韌體之安全功能。CBSD 及終端用戶設備(EUD)之認證申請應包括設備技術方法及操作說明，以符合本節安全需求。CBSD 及終端用戶設備(EUD)認證申請應能識別 SAS 管理者操作之 SAS 系統資料庫，CBSD 為取得可用頻道及頻率範圍而向該系統資料庫請求，該系統並確認 CBSD 符合規定之通訊安全方法。

原文	中文翻譯
the device will access for channel/frequency availability and affirm that the device will conform to the communications security methods used by such databases.	
(h) Airborne operations. Airborne operations by CBSDs and End User Devices are prohibited.	(h) 空中操作 (Airborne Operation): 禁止 CBSD 及終端用戶設備(EUD)進行空中（非地面性）操作。
§96.41 General radio requirements. The requirements in this section apply to CBSDs and their associated End User Devices, unless otherwise specified.	§96.41 一般無線電需求 除非另有規定，本節要求適用於 CBSD 及其關聯之終端用戶設備(EUD)。
(a) Digital modulation. Systems operating in the Citizens Broadband Radio Service must use digital modulation techniques.	(a) 數位調變 在 CBRS 服務中運行之系統應使用數位調變技術。
(b) Power limits.	(b) 發射功率限制

<table>
<tr><th>原文</th><th>中文翻譯</th></tr>
<tr><td>Unless otherwise specified in this section, the maximum effective isotropic radiated power (EIRP) and maximum Power Spectral Density (PSD) of any CBSD and End User Device must comply with the limits shown in the table in this paragraph (b):
<table>
<tr><th>Device</th><th>MaximumEIRP (dBm/10MHz)</th><th>Maximum PSD (dBm/MHz)</th></tr>
<tr><td>End User Device</td><td>23</td><td>n/a</td></tr>
<tr><td>Category A CBSD</td><td>30</td><td>20</td></tr>
<tr><td>Category B CBSD1</td><td>47</td><td>37</td></tr>
</table></td><td>除非另有規定，CBSD 及終端用戶設備(EUD)之最大等效全向輻射功率（EIRP）及最大功率頻譜密度（PSD）應符合下列限制：
<table>
<tr><th>設備</th><th>最大 EIRP (dBm/10MHz)</th><th>最大 PSD (dBm/MHz)</th></tr>
<tr><td>終端用戶設備</td><td>23</td><td>n/a</td></tr>
<tr><td>A 類 CBSD</td><td>30</td><td>20</td></tr>
<tr><td>B 類 CBSD1</td><td>47</td><td>37</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

原文	中文翻譯
1Category B CBSDs will only be authorized for use after an ESC is approved and commercially deployed consistent with §§96.15 and 96.67.	註 1:依據條文§§96.15(Protection of federal incumbent users)及 96.67(Environmental Sensing Capability)規定，ESC 許可且商業佈署後，得授權 B 類 CBSD 使用。
(c) Power management. CBSDs and End User Devices shall limit their operating power to the minimum necessary for successful operations.	(c) 發射功率管理 CBSD 及終端用戶設備(EUD)應最低限度縮小其操作功率。
(1) CBSDs must support transmit power control capability and the capability to limit their maximum EIRP and the maximum EIRP of associated End User Devices in response to instructions from an SAS.	(1) CBSD 應具控制發射功率能力，回應 SAS 指示時，應具限縮其最大 EIRP 及其關聯終端用戶設備(EUD)最大 EIRP 之能力。
(2) End User Devices shall include transmit power control capability and the capability to limit their maximum EIRP in response to instructions from their associated CBSDs.	(2) 終端用戶設備(EUD)應包括控制發送功率能力，於回應其關聯 CBSD 指示時，限縮其最大 EIRP 能力。
(d) Received Signal Strength Limits.	(d) 訊號強度之限制

原文	中文翻譯
(1) For both Priority Access and GAA users, CBSD transmissions must be managed such that the aggregate received signal strength for all locations within the PAL Protection Area of any co-channel PAL, shall not exceed an average (RMS) power level of −80 dBm in any direction when integrated over a 10 megahertz reference bandwidth, with the measurement antenna placed at a height of 1.5 meters above ground level, unless the affected PAL licensees agree to an alternative limit and communicate that to the SAS.	(1) SAS 系統於 CBSD 傳送時，應進行 PAL 持有人及 GAA 用戶之用戶管理，除非受影響之 PAL 持有人同意縮小發射功率並回報於該系統，否則當與位於地面 1.5 公尺以上高度且參考頻寬為 10MHz 之測量天線整合時，任何方向及任何同頻 PAL 頻道於 PAL 保護區(PAL Protection Area, PPA)內各點之訊號強度(Received Signal Strength, RSS)不得超過-80dBm 平均功率（RMS 均方根值）。
(2) These limits shall not apply for co-channel operations at the boundary between geographically adjacent PALs held by the same Priority Access Licensee.	(2) 這些限制不適用於同一 PAL 持有人擁有之地理上相鄰 PAL 頻道(PALs)間邊界處之同頻(co-channel)操作。

原文	中文翻譯
	(e) 3.5 GHz 發射及干擾限制(Emissions and Interference Limits)— (1) 一般保護等級：
(i) Except as otherwise specified in paragraph (e)(2) of this section, for channel and frequency assignments made by the SAS to CBSDs, the conducted power of any CBSD emission outside the fundamental emission bandwidth as specified in paragraph (e)(3) of this section (whether the emission is inside or outside of the authorized band) shall not exceed −13 dBm/MHz within 0-10 megahertz above the upper SAS-assigned channel edge and within 0-10 megahertz below the lower SAS-assigned channel edge. At	(i) 除本項 (e) (2) 規定外，SAS 系統要求 CBSD 進行頻道及頻率指配時，如本項 (e)(3)（無論是授權頻段內或授權頻段外），於該系統分配之較高頻道邊緣(channel edge)上方 0-10MHz 內及分配之較低頻道邊緣下方 0-10MHz 內，超出第(e)段基本發射頻寬之 CBSD 發射傳導功率不得超過-13dBm/MHz。於該系統分配較高頻道邊緣上方高於 10MHz 且分配較低頻道邊緣下方低於 10 MHz 之所有頻率中，CBSD 發射傳導功率不得超過-25 dBm/MHz。SAS 系統分配之上下頻道邊緣為該系統分

原文	中文翻譯
all frequencies greater than 10 megahertz above the upper SAS assigned channel edge and less than 10 MHz below the lower SAS assigned channel edge, the conducted power of any CBSD emission shall not exceed −25 dBm/MHz. The upper and lower SAS assigned channel edges are the upper and lower limits of any channel assigned to a CBSD by an SAS, or in the case of multiple contiguous channels, the upper and lower limits of the combined contiguous channels.	配於 CBSD 任何頻道之上下限，或有多個相鄰頻道(contiguous channels)情況下，為組合相鄰頻道(combined contiguous channels)上下限(upper and lower limits)。
(ii) Except as otherwise specified in paragraph (e)(2) of this section, for channel and frequency assignments made by a CBSD to End User Devices, the conducted power of any End User Device emission outside the fundamental emission (whether in or outside of the authorized band)	(ii) 除本項 (e) (2) 規定外，CBSD 對終端用戶設備(EUD)進行之頻道及頻率指配，在基本發射範圍之外（無論於授權頻段內或授權頻段外），終端用戶設備(EUD)發射傳導功率於較高 CBSD 分配之頻道邊緣 0 至 BMHz 內及較低 CBSD 分配之頻道邊緣 0 至 BMHz 內（其中

原文	中文翻譯
shall not exceed −13 dBm/MHz within 0 to B megahertz (where B is the bandwidth in megahertz of the assigned channel or multiple contiguous channels of the End User Device) above the upper CBSD-assigned channel edge and within 0 to B megahertz below the lower CBSD-assigned channel edge. At all frequencies greater than B megahertz above the upper CBSD assigned channel edge and less than B megahertz below the lower CBSD-assigned channel edge, the conducted power of any End User Device emission shall not exceed −25 dBm/MHz. Notwithstanding the emission limits in this paragraph, the Adjacent Channel Leakage Ratio for End User Devices shall be at least 30 dB.	BMHz 是終端用戶設備 EUD 分配頻道或多個相鄰頻道之頻寬），不得超過-13dBm/MHz。 於 CBSD 分配較高頻道邊緣 B MHz 以上及 CBSD 分配較低通道邊緣 B MHz 以下之所有頻率中，終端用戶設備(EUD)之發射傳導功率不得超過-25dBm/MHz。儘管有第(e)段之發射限制，終端用戶設備之相鄰頻道洩漏功率比(Adjacent Channel Leakage Ratio, ACLR)仍應至少為 30 dB。

原文	中文翻譯
(2) Additional protection levels. Notwithstanding paragraph (e)(1) of this section, for CBSDs and End User Devices, the conducted power of emissions below 3540 MHz or above 3710 MHz shall not exceed −25 dBm/MHz, and the conducted power of emissions below 3530 MHz or above 3720 MHz shall not exceed −40dBm/MHz.	(2) 附加保護等級 儘管本項 (e)(1) 的規定，對於 CBSD 及終端用戶設備，低於 3540MHz 或高於 3710MHz 之發射傳導功率不得超過-25dBm/MHz，低於 3530MHz 或高於 3720MHz 之發射傳導功率不得超過−40dBm/MHz。
(3) Measurement procedure.	(3) 測量程序(Measurement Procedure)
(i) Compliance with this provision is based on the use of measurement instrumentation employing a resolution bandwidth of 1 megahertz or greater. However, in the 1 megahertz bands immediately outside and adjacent to the licensee's authorized frequency channel, a resolution bandwidth of no less than one percent of the fundamental emission bandwidth may be employed. A narrower	(i) 與本規定相符之依據為:使用解析頻寬(Resolution Bandwidth,RBW)大於 1MHz 之測量儀器。惟緊鄰 PAL 持有人之授權頻道外附近之 1MHz 頻段中，得使用不小於基本發射頻寬 1%之解析頻寬。於所有情況下，當測得之功率在全參考頻寬（即 1MHz 或規定發射頻寬之 1%）上整合時，應允許使用較窄之解析頻寬，以提高測量精確度。基本發射頻寬定義為訊號於兩點間之寬

原文	中文翻譯
resolution bandwidth is permitted in all cases to improve measurement accuracy provided the measured power is integrated over the full reference bandwidth (i.e., 1 MHz or 1 percent of emission bandwidth, as specified). The fundamental emission bandwidth is defined as the width of the signal between two points, one below the carrier center frequency and one above the carrier center frequency, outside of which all emissions are attenuated at least 26 dB below the transmitter power.	度，一點低於載波中心頻率，另一點高於載波中心頻率，於此兩點之外，所有發射皆應衰減至比發射功率低於至少 26 dB。
(ii) When measuring unwanted emissions to demonstrate compliance with the limits, the CBSD and End User Device nominal carrier frequency/channel shall be adjusted as close to the licensee's authorized frequency block edges, both upper and lower, as the design permits.	(ii) 在測量不必要發射以證明其符合限值時，應在設計允許範圍內，將 CBSD 及終端用戶設備名義上之載波頻率/頻道，調整為接近 PAL 持有人之授權頻率範圍附近（上下限）。

原文	中文翻譯
(iii) Compliance with emission limits shall be demonstrated using either average (RMS)-detected or peak-detected power measurement techniques.	(iii) 應使用平均檢測（RMS 均方根值）或峰值檢測(Peak)之功率量測技術，以證明是否符合發射限值。
(4) When an emission outside of the authorized bandwidth causes harmful interference, the Commission may, at its discretion, require greater attenuation than specified in this section.	(4) 當發射超出授權頻寬且造成有害干擾時，聯邦通訊委員會(FCC)可要求將發射功率作出比本節規定更大之衰減。
(f) Reception limits. Priority Access Licensees must accept adjacent channel and in-band blocking interference (emissions from other authorized Priority Access or GAA CBSDs transmitting between 3550 and 3700 MHz) up to a power spectral density level not to exceed −40 dBm in any direction with greater than 99% probability when integrated over a 10	(f) 接收限制 PAL 持有人應接受相鄰頻道及頻道內阻塞干擾（干擾來自於 3550 及 3700 MHz 間傳輸之其他授權優先接取 PA 或 GAA 之 CBSD 設備），除非受影響之 PAL 持有人同意其縮小功率並回報於 SAS 系統，且與地面高度 1.5 公尺以上且參考頻寬為 10MHz 之之測量天線整合時，否

原文	中文翻譯
megahertz reference bandwidth, with the measurement antenna placed at a height of 1.5 meters above ground level, unless the affected Priority Access Licensees agree to an alternative limit and communicates that to the SAS. Note to paragraph (f): Citizens Broadband Radio Service users should be aware that there are Federal Government radar systems in the band and adjacent bands that could adversely affect their operations.	則於任何方向上功率頻譜密度 99%以上不得超過-40dBm。 注意: CBRS 用戶應注意該頻段及相鄰頻段中皆有聯邦政府雷達系統使用，可能對其操作產生不利影響。
(g) Power measurement. The peak-to-average power ratio (PAPR) of any CBSD transmitter output power must not exceed 13 dB. PAPR measurements should be made using either an instrument with complementary cumulative distribution function (CCDF) capabilities or another Commission approved	(g) 功率量測 任何 CBSD 發射輸出功率之峰值對均值功率比（PAPR）不得超過 13dB。應使用具有互補累積分佈函數（CCDF）統計功能之儀器或聯邦通訊委員會(FCC)許可之其他程序進行 PAPR 量測。必須使用與連續傳送期間預期最高 PAPR 相對應之訊號進行量測。

原文	中文翻譯
procedure. The measurement must be performed using a signal corresponding to the highest PAPR expected during periods of continuous transmission.	
§96.43 Additional requirements for category A CBSDs.	§96.43 A 類 CBSD 設備之其他需求
(a) Category A CBSDs shall not be deployed or operated outdoors with antennas exceeding 6 meters height above average terrain. CBSDs deployed or operated outdoors with antennas exceeding 6 meters height above average terrain will be classified as, and subject to, the operational requirements of Category B CBSDs.	(a) 不得將天線高度高於平均地形(HAAT)6 公尺之 A 類 CBSD 設置於室外使用。設置於室外使用且天線高度高於平均地形 6 公尺之 CBSD 應分類為 B 類 CBSD，並限制之。
(b) When registering with an SAS, Category A CBSDs must transmit all information required under §96.39. This transmission shall also indicate whether the device will be operated indoors or outdoors.	(b) 向 SAS 註冊時，A 類 CBSD 必須傳送條文§96.39 要求之所有資訊。該資訊應包括該 CBSD 設備室內或室外運行。

原文	中文翻譯
(c) Any CBSD operated at higher power than specified for Category A CBSDs in §96.41 will be classified as, and subject to, the operational requirements of a Category B CBSD.	(c) 任何比條文§96.41 所訂 A 類 CBSD 功率更高之 CBSD 應分類為 B 類 CBSD，並限制之。
§96.45 Additional requirements for category B CBSDs	§96.45 B 類 CBSD 設備之其他需求
(a) Category B CBSDs must be professionally installed.	(a) B 類 CBSD 之設備應交由專業安裝。
(b) In the 3550-3650 MHz band, Category B CBSDs must be authorized consistent with information received from an ESC, as described in §96.15.	(b) 於 3550-3650MHz 頻段中，應依據條文§96.15 所述，對 B 類 CBSD 進行授權，使其與從 ESC 接收到之資訊一致。
(c) Category B CBSDs are limited to outdoor operations	(c) B 類 CBSD 僅限於戶外使用。
(d) When registering with an SAS, Category B CBSDs must transmit all information required under §96.39 plus the following additional information: antenna gain,	(d) 當向 SAS 系統註冊時，除了傳送條文§96.39 所列資訊外，B 類 CBSD 還必須額外提供包括：天線增益、波

原文	中文翻譯
beamwidth, azimuth, downtilt angle, and antenna height above ground level.	束寬度、方位角、下傾角，以及自地面算起的天線高度。
§96.47 End user device additional requirements.	§96.47 終端用戶設備(EUD)其他需求
(a) End User Devices may operate only if they can positively receive and decode an authorization signal transmitted by a CBSD, including the frequencies and power limits for their operation.	(a) 終端用戶設備(EUD)僅於能正確接收及解碼 CBSD 發送之授權訊號（包括其操作頻率之功率限制）時，始能運行。
(1) An End User Device must discontinue operations, change frequencies, or change its operational power level within 10 seconds of receiving instructions from its associated CBSD.	(1) 終端用戶設備(EUD)應從其關聯之 CBSD 收到指令後 10 秒內中止操作、變更頻率或其操作功率級別。
(2) [Reserved]	(2) 保留

原文	中文翻譯
(b) Any device operated at higher power than specified for End User Devices in §96.41 will be classified as, and subject to, the operational requirements of a CBSD.	(b) 任何設備以高於條文§96.41 所訂終端用戶設備(EUD)指定功率運行時，皆應視為單一 CBSD 之操作需求，並受其限制。
§96.49 Equipment authorization.	§96.49 設備授權
(a) Each transmitter used for operation under this part and each transmitter marketed as set forth in §2.803 of this chapter must be of a type which has been certificated for use under this part.	(a) 本條文中用於操作之發射機及 FCC 規章條文§2.803 所規定之市售發射機，都應具本部分中經認證許可使用之類型。
(b) Any manufacturer of radio transmitting equipment to be used in these services must request equipment authorization following the procedures set forth in subpart J of part 2 of this chapter.	(b) 用於這些服務之無線射頻發射設備製造商都必須按照 FCC 規章第 2 部分 Subpart J 規定之程序要求設備授權。
§96.51 RF safety.	§96.51 RF 安全規定

原文	中文翻譯
Licensees and manufacturers are subject to the radio frequency radiation exposure requirements specified in §§1.1307(b), 1.1310, 2.1091, and 2.1093 of this chapter, as appropriate. Applications for equipment authorization of Mobile or Portable devices operating under this section must contain a statement confirming compliance with these requirements for both fundamental emissions and unwanted emissions and technical information showing the basis for this statement must be submitted to the Commission upon request.	PAL 持有人及製造商應遵守 FCC 規章條文§§ 1.1307(b)、1.1310、2.1091 及 2.1093 中指定之無線射頻輻射曝露(RF radiation exposure)要求。依據本節操作之行動或攜帶式設備之設備授權申請中應包含一份聲明，該聲明確認符合基本發射及不必要發射之要求，且應依據要求向委員會提交表明該聲明依據之技術資訊。
Subpart F—Spectrum Access System	F 部分—頻譜接取系統 (SAS)
§96.53 Spectrum access system purposes and functionality. The purposes of the SAS include:	§96.53 設置頻譜接取系統(SAS)之目的及其功能 設置 SAS 系統之目的如下：

原文	中文翻譯
(a) To enact and enforce all policies and procedures developed by the SAS Administrator pursuant to §96.63.	(a) 依據條文§96.63 實施由 SAS 管理者制定之所有政策及程序。
(b) To determine and provide to CBSDs the permissible channels or frequencies at their location.	(b) 提供 CBSD 位置上可用之頻道或頻率。
(c) To determine and provide to CBSDs the maximum permissible transmission power level at their location.	(c) 提供 CBSD 位置上可用之最大發射功率級別。
(d) To register and authenticate the identification information and location of CBSDs.	(d) 註冊及認證 CBSD 之身分資訊及位置。
(e) To retain information on, and enforce, Exclusion Zones and Protection Zones in accordance with §§96.15 and 96.17.	(e) 依據條文§§96.15 和 96.17 保留及執行有關禁區及保護區之資訊。
(f) To communicate with the ESC to obtain information about federal Incumbent User transmissions and instruct	(f) 與 ESC 通訊取得有關聯邦現有用戶(Federal Incumbent User)傳送之資訊，並指示 CBSD 移至另一個頻率範圍或停止傳輸。

原文	中文翻譯
CBSDs to move to another frequency range or cease transmissions.	
(g) To ensure that CBSDs operate in geographic areas and within the maximum power levels required to protect federal Incumbent Users from harmful interference, consistent with the requirements of §§96.15 and 96.21.	(g) 確保 CBSD 在地理區域內運行，並於聯邦現有用戶免受有害干擾下，使用所需之最大功率運行，與條文§§96.15 及 96.21 之要求一致。
(h) To ensure that CBSDs protect non-federal Incumbent Users from harmful interference, consistent with the requirements of §§96.17 and 96.21.	(h) 確保 CBSD 非聯邦現有用戶免受有害干擾，與條文§§96.17 及 96.21 條之要求一致。
(i) To protect Priority Access Licensees from interference caused by other PALs and from General Authorized Access Users, including the calculation and enforcement of PAL Protection Areas, consistent with §96.25.	(i) 避免 PAL 持有人受到來自其他 PAL 或 GAA 用戶之干擾，包括與條文§96.25 一致之 PAL 保護區域範圍計算及執行。

原文	中文翻譯
(j) To facilitate coordination between GAA users operating Category B CBSDs, consistent with §96.35.	(j) 促進 B 類 CBSD 下 GAA 用戶間之協調，與條文§96.35 之要求一致。
(k) To resolve conflicting uses of the band while maintaining, as much as possible, a stable radio frequency environment.	(k) 在盡可能保持穩定之無線射頻環境並同時解決頻段使用上之干擾。
(l) To ensure secure and reliable transmission of information between the SAS and CBSDs.	(l) 確保 SAS 系統與 CBSD 間安全可靠地傳送資訊。
(m) To protect Grandfathered Wireless Broadband Licensees consistent with §§90.1307 and 90.1338 of this chapter, and §96.21.	(m) 為了保護符合條文§§90.1307、90.1338 及§96.21 之傳統式無線寬頻執照持有人。
(n) To implement the terms of current and future international agreements as they relate to the Citizens Broadband Radio Service.	(n) 執行與公民無線寬頻服務(CBRS)有關之現有及未來國際協議之條款。

原文	中文翻譯
(o) To receive reports of interference and requests for additional protection from Incumbent Access users and promptly address interference issues.	(o) 接收干擾報告並要求向現有用戶提供額外保護，並迅速解決干擾問題。
§96.55 Information gathering and retention.	§96.55 資訊蒐集及保留
(a) The SAS shall maintain current information on registered CBSDs, the geographic locations and configuration of protected FSS locations as set forth in §96.17, and the federal Incumbent User Exclusion Zones and Protection Zones.	(a) SAS 必須維護有關已註冊 CBSD 之最新資訊，§96.17 中規定受保護固定衛星業務(FSS)之地理位置及配置，以及聯邦現有用戶之禁區及其他保護區相關配置。
(1) For registered CBSDs, such information shall include all information required by §§96.39 and 96.45.	(1) 對於已註冊之 CBSD，此類資訊應包括條文§§96.39 和 96.45 要求之所有資訊。
(2) SAS Administrators must make all information necessary to effectively coordinate operations between and among CBSDs available to other SAS Administrators.	(2) SAS 管理者應提供所有必要之資訊，以有效聯繫其他 SAS 管理者協調 CBSD 間之操作。

原文	中文翻譯
(3) Upon request, SAS Administrators must make available to the general public aggregated spectrum usage data for any geographic area. Such information must include the total available spectrum and the maximum available contiguous spectrum in the requested area. SAS Administrators shall not disclose specific CBSD registration information to the general public except where such disclosure is authorized by the registrant.	(3) 依據要求，SAS 管理者應向公眾提供任何地理區域彙整之頻譜使用資訊。此類資訊應包括請求區域中所有可用頻譜以及最大可用連續頻譜。SAS 管理者不得向公眾揭露特定 CBSD 之註冊資訊，除非該資訊得到註冊者之授權。
(4) For non-federal Incumbent Users, the SAS shall maintain a record of the location of protected earth stations as well as the all registration information required by §96.17.	(4) 對於非聯邦現有用戶，SAS 系統應保留受保護地面站位置及條文§96.17 要求之所有註冊資訊之紀錄。
(b) The SAS shall maintain records not pertaining to federal Incumbent User transmissions for at least 60 months.	(b) SAS 系統至少應保留 60 個月與聯邦現有用戶傳送無關之記錄。

原文	中文翻譯
(c) The SAS shall only retain records of information or instructions received regarding federal Incumbent User transmissions from the ESC in accordance with information retention policies established as part of the ESC approval process.	(c) 依據 ESC 設備許可流程中建立之資訊保留政策，SAS 系統僅應保留從 ESC 設備接收有關聯邦現有用戶之傳送資訊或指令記錄。
(d) The SAS shall be technically capable of directly interfacing with any necessary FCC database containing information required for the proper operation of an SAS.	(d) SAS 系統技術上應能直接與任何必要之 FCC 資料庫連接，其中包含該系統正常運行所需之資訊。
(e) The SAS shall process and retain acknowledgements by all entities registering CBSDs that they understand the risk of possible interference from federal Incumbent User radar operations in the band.	(e) SAS 系統應處理並保留所有註冊 CBSD 上終端用戶設備之確認訊息，即它們了解該頻段中聯邦現有用戶雷達操作可能造成干擾之風險。
§96.57 Registration, authentication, and authorization of Citizens Broadband Radio Service Devices.	§96.57 公民無線寬頻服務設備(CBSD)之註冊、認證及授權

原文	中文翻譯
(a) An SAS must register, authenticate, and authorize operations of CBSDs consistent with this part.	(a) SAS 系統應註冊、認證及授權與本條文一致之 CBSD 操作。
(b) CBSDs composed of a network of base and fixed stations may employ a subsystem for aggregating and communicating all required information exchanges between the SAS and CBSDs.	(b) 由基地台及固定電台網路組成之 CBSD 可以使用一個子系統來彙整及傳送 SAS 系統與 CBSD 之間所有必要之資訊交換。
(c) An SAS must also verify that the FCC identifier (FCC ID) of any CBSD seeking access to its services is valid prior to authorizing it to begin providing service. A list of devices with valid FCC IDs and the FCC IDs of those devices is to be obtained from the Commission's Equipment Authorization System.	(c) SAS 系統於授權開始提供服務之前，應驗證 CBSD 之 FCC 身分符號（FCC ID）是否有效。具有有效 FCC ID 之設備列表及設備之 FCC ID 可從聯邦通訊委員會(FCC)之設備授權系統中取得。
(d) An SAS must not authorize operation of CBSDs within Protection Zones except as set forth in §96.15.	(d) 除條文§96.15 之規定，SAS 系統不得授權 CBSD 於保護區內運行。

原文	中文翻譯
(e) An SAS must calculate and enforce PAL Protection Areas consistent with §96.25 and such calculation and enforcement shall be consistent across all SASs.	(e) SAS 系統應計算及執行與條文§96.25 一致之 PAL 保護區，並且此類計算及執行在所有該系統中應保持一致。
§96.59 Frequency assignment.	§96.59 頻率指配
(a) An SAS must determine the available and appropriate channels/frequencies for CBSDs at any given location using the information supplied by CBSDs, including location, the authorization status and operating parameters of other CBSDs in the surrounding area, information communicated by the ESC, other SASs, and such other information necessary to ensure effective operations of CBSDs consistent with this part. All such determinations and assignments shall be made in a non-discriminatory manner, consistent with this part.	(a) SAS 系統應使用 CBSD 提供之資訊（包括位置座標，周圍區域其他 CBSD 之授權狀態及操作參數、ESC 設備及其他 SAS 系統傳送之資訊），並決定於任何特定位置 CBSD 可用及適當之頻道/頻率。以及確保 CBSD 有效運行所需之其他資訊與本條文一致。所有此類決定及指配，皆應以非歧視性方式進行。

原文	中文翻譯
(1) Upon request from the Commission or a CBSD, an SAS must confirm whether frequencies are available in a given geographic area.	(1) 依據委員會或 CBSD 之要求，SAS 系統應確認在特定地理區域內是否有可用之頻率。
(2) Upon request from the Commission, an SAS must confirm that CBSDs in a given geographic area and frequency band have been shut down or moved to another available frequency range in response to information received from the ESC.	(2) 依據委員會之要求，SAS 系統應回應從 ESC 設備收到之資訊，確認特定地理區域及頻段內 CBSD 已關閉或移至另一個可用之頻率範圍。
(3) If an SAS provides a range of available frequencies or channels to a CBSD, it may require that CBSD to confirm which channel or range of frequencies it will utilize.	(3) 若 SAS 系統提供 CBSD 一系列可用頻率或頻道，則可能需要 CBSD 確認其將使用之頻道或頻率範圍。
(b) Consistent with the requirements of §96.25, an SAS shall assign geographically contiguous PALs held by the same Priority Access Licensee to the same channels in each	(b) 依據條文§96.25 之需求，在可行之情況下，SAS 系統應將每一地理區域中之同一頻道分配給由同一 PAL 持有人持有之地理上連續 PAL 頻道(PALs)。在可行之

原文	中文翻譯
geographic area, where feasible. The SAS shall also assign multiple channels held by the same Priority Access Licensee to contiguous frequencies within the same License Area, where feasible.	情況下，SAS 系統應將同一執照區域內之連續頻率指配給 PAL 持有人持有之多通道。(multiple channels, i.e. PALs)
(c) An SAS may temporarily assign PALs to different channels (within the frequency range authorized for Priority Access use) to protect Incumbent Access Users or if necessary to perform its required functions.	(c) SAS 系統得臨時將 PAL 頻道(PALs)指配給不同通道（於授權優先接取使用之頻率範圍內），以保護聯邦現有用戶或在必要時執行其所需功能。
§96.61 Security.	§96.61 安全
(a) An SAS must employ protocols and procedures to ensure that all communications and interactions between the SAS and CBSDs are accurate and secure and that unauthorized parties cannot access or alter the SAS or the information it sends to a CBSD.	(a) SAS 系統應採用通訊協定及程序，以確保該系統與 CBSD 間之所有通訊皆精確及安全，且未授權方不能接取或更改該系統或發送給 CBSD 的資訊。

原文	中文翻譯
(b) Communications between CBSDs and an SAS, between an ESC and an SAS, between individual CBSDs, and between different SASs, must be secure to prevent corruption or unauthorized interception of data. An SAS must be protected from unauthorized data input or alteration of stored data.	(b) CBSD 及 SAS 系統間，ESC 設備及 SAS 系統間，單一 CBSD 與 CBSD 間以及不同 SAS 系統間之通訊必須安全，以防止資料損壞或未經授權之資料攔截。應保護該系統，防止未經授權之資料輸入或竄改已儲存資料。
(c) An SAS must verify that the FCC identification number supplied by a CBSD is for a certified device and must not provide service to an uncertified device.	(c) SAS 系統應驗證 CBSD 提供之 FCC ID 是否為已認證之設備，且不得向未經認證之設備提供服務。
§96.63 Spectrum access system administrators.	§96.63 SAS 管理者
The Commission will designate one or more SAS Administrators to provide nationwide service. The Commission may, at its discretion, permit the functions of an SAS, such as a data repository, registration, and query	委員會將指定一名或多名 SAS 管理者來提供全國性服務。委員會可以自行決定允許將該系統功能（例如資料儲存庫、註冊及查詢服務）分成多個實體單元；但應指定一個或多個特定實體單元作為 SAS 管理者，負責協

原文	中文翻譯
services, to be divided among multiple entities; however, it shall designate one or more specific entities to be an SAS Administrator responsible for coordinating the overall functioning of an SAS and providing services to operators in the Citizens Broadband Radio Service. Each SAS Administrator designated by the Commission must:	調該系統之整體功能並向 CBRS 運營商提供服務。委員會指定之 SAS 管理者必須：
(a) Maintain a regularly updated database that contains the information described in §96.55.	(a) 維護定期更新之資料庫，其中包含條文§96.55 中描述的資訊。
(b) Establish a process for acquiring and storing in the database necessary and appropriate information from the Commission's databases, including PAL assignments, and synchronizing the database with the current Commission databases at least once a day to include newly licensed facilities or any changes to licensed facilities.	(b) 建立一種流程，以從委員會資料庫中取得必要之適當資訊並將其儲存於資料庫中，包括 PAL 頻道指配，並每天至少一次將資料庫與委員會之資料庫進行同步，以包括新許可之設施或對許可設施進行任何變更。

原文	中文翻譯
(c) Establish and follow protocols and procedures to ensure compliance with the rules set forth in this part, including the SAS functions set forth in subpart F of this part.	(c) 建立並遵循通訊協定及程序以確保符合本部分之規定，包括本規則 Subpart F 中規定之 SAS 系統功能。
(d) Establish and follow protocols and procedures sufficient to ensure that all communications and interactions between the SAS, ESC, and CBSDs are accurate and secure and that unauthorized parties cannot access or alter the SAS or the information transmitted from the SAS to CBSDs.	(d) 建立並遵循足以確保 SAS 系統、ESC 設備及 CBSD 間通訊精確及安全之協定與程序，並確保未授權方無法接取或更改該系統或從該系統傳送至 CBSD 的資訊。
(e) Provide service for a five-year term. This term may be renewed at the Commission's discretion.	(e) 提供為期五年之服務。到期後，可由委員會酌情決定是否換發新照。
(f) Respond in a timely manner to verify, correct or remove, as appropriate, data in the event that the Commission or a party brings a claim of inaccuracies in the SAS to its	(f) 如果委員會或當事方提請其注意 SAS 系統中不正確之處，則應及時採取措施以驗證、更正或酌情刪除資料。該要求僅適用於委員會要求儲存於該系統中之資訊。

原文	中文翻譯
attention. This requirement applies only to information that the Commission requires to be stored in the SAS.	
(g) Securely transfer the information in the SAS, along with the IP addresses and URLs used to access the system, and a list of registered CBSDs, to another approved entity in the event it does not continue as the SAS Administrator at the end of its term. It may charge a reasonable price for such conveyance.	(g) 如果 SAS 管理者在期限結束後不再繼續擔任該管理員，則將該系統中資訊及用於接取系統之 IP 地址及 URL 位址及已註冊 CBSD 列表等資訊，安全轉移至另一已許可之實體單元。這種資料移轉可能會有合理之費用產生。
(h) Cooperate to develop a standardized process for coordinating operations with other SASs, avoiding any conflicting assignments, maximizing shared use of available frequencies, ensuring continuity of service to all	(h) 與其他 SAS 系統協調操作並合作開發標準化流程，避免任何相衝突之分配，最大化共享可用頻率，確保對所有已註冊 CBSD 服務之連續性，並依據條文§96.55 提供收集之資料。

原文	中文翻譯
registered CBSDs, and providing the data collected pursuant to §96.55.	
(i) Coordinate with other SAS Administrators including, to the extent possible, sharing information, facilitating non-interfering use by CBSDs connected to other SASs, maximizing available General Authorized Access frequencies by assigning PALs to similar channels in the same geographic regions, and other functions necessary to ensure that available spectrum is used efficiently consistent with this part.	(i) 與其他 SAS 管理者進行協調，包括在可能範圍內共享資訊，促進其他該系統下 CBSD 使用時不相互干擾，通過將同一地理區域中之相似通道分配至 PAL 頻道，以最大化有效利用原先 GAA 用戶使用之頻率，及確保有效利用該可用頻譜之其他必要功能。
(j) Provide a means to make non-federal non-proprietary information available to the public in a reasonably accessible fashion in conformity with the rules in this part.	(j) 提供一種依照本條文規範之方法，以提供公眾能合理接取關於非聯邦及非專有之資訊。

原文	中文翻譯
(k) Ensure that the SAS shall be available at all times to immediately respond to requests from authorized Commission personnel for any and all information stored or retained by the SAS.	(k) 確保 SAS 系統隨時可立即回應委員會授權人員對該系統儲存或保留所有資訊之請求。
(l) Establish and follow protocols to respond to instructions from the President of the United States, or another designated Federal government entity, issued pursuant to 47 U.S.C. 606.	(l) 依據 47 U.S.C.§606 發布(關於戰時總統權力)之規定，建立並遵循可立即回應美國總統或其他指定聯邦政府實體單位之通訊協定。
(m) Establish and follow protocols to comply with enforcement instructions from the Commission.	(m) 建立並遵循可遵守委員會強制執行指令之通訊協定。
(n) Ensure that the SAS:	(n) 確保 SAS 系統:
(1) Operates without any connectivity to any military or other sensitive federal database or system, except as otherwise required by this part;	(1) 除非本條文另有規定，否則應於無任何軍事或其他敏感聯邦資料庫或系統連接之情況下進行操作；

原文	中文翻譯
(2) Does not store, retain, transmit, or disclose operational information on the movement or position of any federal system or any information that reveals other operational information of any federal system that is not required by this part to effectively operate the SAS.	(2) 不儲存、保留、傳送或揭露任何有關聯邦系統之移動或位置之操作資訊，亦不揭露關於本條文有效操作 SAS 系統所不需要之聯邦系統其他操作資訊等資訊。
§96.65 Spectrum access system administrator fees	§96.65 SAS 管理者之收費
(a) An SAS Administrator may charge Citizens Broadband Radio Service users a reasonable fee for provision of the services set forth in subpart F of this part.	(a) SAS 管理者可向公民寬頻無線服務(CBRS)用戶收取合理之費用，以提供本規則 Subpart F 所述之服務。
(b) The Commission, upon request, will review the fees and can require changes to those fees if they are found to be unreasonable.	(b) 委員會應依要求即審查這些費用，若發現費用不合理，可要求更改費用。
§96.66 Spectrum access system responsibilities related to priority access spectrum manager leases.	§96.66 與 PAL 租賃管理有關之 SAS 系統職責

原文	中文翻譯
(a) An SAS Administrator that chooses to accept and support leasing notifications shall:	(a) 選擇接受並支持租約通知之 SAS 管理者應：
(1) Verify that the lessee is on the certification list, as established in §1.9046 of this chapter.	(1) 確認承租人是否於認證列表內，如 FCC 規章條文§ 1.9046 中所述。
(2) Establish a process for acquiring and storing the lease notification information and synchronizing this information, including information about the expiration, extension, or termination of leasing arrangements, with the Commission databases at least once a day;	(2) 建立至少每天一次與委員會資料庫同步之程序，以取得並儲存有關租約期間之通知資訊（包括租約到期、延期或租約終止等資訊）；
(3) Verify that the lease will not result in the lessee holding more than the 40 megahertz of Priority Access spectrum in a given License Area;	(3) 確認租約不會導致承租人於執照區域內擁有超過 40MHz 之 PAL 頻譜；

原文	中文翻譯
(4) Verify that the area to be leased is within the Priority Access Licensee's Service Area and outside of the Priority Access Licensee's PAL Protection Area;	(4) 確認租約執照區域位於其 PAL 用戶之服務區域內，且不在其他 PAL 用戶之 PAL 保護區內；
(5) Provide confirmation to licensee and lessee whether the notification has been received and verified.	(5) 向被許可之 PAL 用戶及承租人確認是否已收到通知。
(b) During the period of the lease and within the geographic area of a lease, SASs shall treat any CBSD operated by the lessee the same as a similarly situated CBSDs operated by the lessor for frequency assignment and interference mitigation purposes.	(b) 租約期內，於租約許可之地理區域內，所有 SAS 系統應將承租人經營之任何 CBSD 及出租人經營之類似位置 CBSD 作為頻率指配及減輕干擾之用。